ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

RAPPORT DE L'ASN

sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2024

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection présente le rapport de l'Autorité de sûreté nucléaire sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2024.

Ce rapport est prévu par l'article L. 592-31 du code de l'environnement.

Il a été remis au président de la République, au Premier ministre et aux présidents du Sénat et de l'Assemblée nationale, et transmis à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques en application de l'article précité.

Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2024

Le présent rapport, qui fait état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2024, a été élaboré par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), elle-même née de la réunion au 1er janvier 2025 de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Le collège et les directions s'expriment au nom de l'ASN concernant l'activité 2024, et au nom de l'ASNR lorsqu'il s'agit de considérations plus générales ou de projections.

Sommaire

Éditorial du collège p. 2 • Éditorial du directeur général p. 8 • Faits marquants 2024 p. 12 • Les appréciations de l'ASN p. 22 • Actualités réglementaires p. 32 • Le panorama régional de la sûreté nucléaire et de la radioprotection p. 36

01 p. 100 — Les activités nucléaires : rayonnements ionisants et risques pour la santé et l'environnement

02 p. 122 — Les principes de la sûreté nucléaire et de la radioprotection et les acteurs du contrôle

03 p. 148 — Le contrôle des activités nucléaires et des expositions aux rayonnements ionisants

04 p. 172 — Les situations d'urgence radiologique et post-accidentelles

05 p. 184 — L'information et l'association des publics

06 p. 196 — Les relations internationales

07 p. 210 — Les utilisations médicales des rayonnements ionisants

08 p. 250 — Les sources de rayonnements ionisants et les utilisations industrielles, vétérinaires et en recherche de ces sources

09 p. 282 — Le transport de substances radioactives

10 p. 300 — Les centrales nucléaires d'EDF

11 p. 332 — L'émergence des projets de petits réacteurs modulaires

12 p. 340 — Les installations du « cycle du combustible nucléaire »

13 p. 350 — Les installations nucléaires de recherche et industrielles diverses

14 p. 358 — Le démantèlement des installations nucléaires de base

15 p. 380 — Les déchets radioactifs et les sites et sols pollués

ANNEXE p. 400 — Panorama des installations nucléaires de base au 31 décembre 2024

AVIS AU LECTEUR

Le contrôle des activités nucléaires de proximité (médical, recherche et industrie, transport) est présenté dans les **chapitres 7, 8, 9**.

Seules les actualités réglementaires de l'année 2024 sont présentes dans cet ouvrage. L'ensemble de la réglementation est consultable sur ***asnr.fr***, rubrique « La réglementation ».

ÉDITORIAL DU COLLÈGE

Maintenir un haut niveau d'exigence en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection dans un contexte ambitieux



De gauche à droite :
Pierre-Marie ABADIE, Président
Stéphanie GUÉNOT BRESSON, Commissaire
Olivier DUBOIS, Commissaire
Géraldine PINA, Commissaire
Jean-Luc LACHAUME, Commissaire

Montrouge, le 1er mars 2025

Le niveau de sûreté des installations nucléaires a été satisfaisant en 2024 avec une forte mobilisation sur la réalisation des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe), un niveau de production de l'usine Melox stabilisé et des efforts de la filière industrielle pour améliorer la qualité des fabrications. Dans le domaine médical, le niveau de radioprotection est également jugé satisfaisant malgré des points de vigilance.

Dans un contexte où le nucléaire est appelé à conserver durablement un caractère structurant pour le système énergétique français, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) rappelle que :

- l'anticipation est nécessaire pour construire des décisions éclairées par les meilleures connaissances et nourries par une attitude interrogative à l'écoute des signaux faibles ;
- la pérennisation des installations doit viser les meilleurs standards de sûreté, y compris en comparaison aux projets d'installations plus modernes appelées à les remplacer ;
- des marges physiques et temporelles doivent être conservées pour être en mesure de faire face aux aléas sans remettre en cause la sûreté.

Une stratégie d'instruction de la poursuite d'exploitation des réacteurs est déployée à l'occasion des quatrièmes et cinquièmes réexamens périodiques et en anticipation d'une éventuelle poursuite d'exploitation au-delà. Cette stratégie a permis d'industrialiser ces instructions. L'engagement d'études sur la pérennisation et le renouvellement des usines du combustible est un point positif dans le souci de l'équilibre du « cycle ».

Avec la reprise de la construction de nouveaux réacteurs et de nouvelles usines du combustible, une innovation très active dans le médical ou les petits réacteurs modulaires (PRM), ainsi que des perspectives nouvelles de durée d'exploitation, les acteurs de la sûreté nucléaire et de la radioprotection doivent répondre à de nouveaux défis : acquisition de nouvelles connaissances, diffusion de la culture de sûreté et de radioprotection auprès de tous les acteurs, y compris dans la chaîne de sous-traitance, mobilisation de moyens et de compétences au service de la sûreté et de la radioprotection, dans un contexte de ressources contraint et concurrentiel.

L'ASN et désormais l'ASNR s'adaptent à ce nouveau contexte. Après le vote de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 décidant la fusion de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), le travail collectif de préparation a permis à l'ASNR d'être opérationnelle dès le 1er janvier 2025, dans toutes ses missions. Regroupant la recherche, l'expertise, l'instruction et le contrôle, l'ASNR est forte d'un éventail de métiers et de compétences qui vont de l'acquisition de la connaissance à la décision et au contrôle. Elle est plus indépendante, plus robuste et plus visible en France et à l'international. Les prochains mois permettront de consolider son organisation, d'installer l'ASNR dans son écosystème, et de construire progressivement une stratégie intégrée de recherche, d'expertise, de contrôle et de transparence et de dialogue avec la société.

La poursuite du fonctionnement du parc électronucléaire reste un sujet majeur

Les dispositions de l'article L. 593-18 du code de l'environnement prévoient que l'ASNR prenne position, tous les dix ans, à l'issue de leur réexamen périodique, sur les conditions de la poursuite du fonctionnement des installations nucléaires.

Le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4 900), qui permet d'améliorer sensiblement le niveau de sûreté, se poursuit réacteur par réacteur. En 2024, l'ASN a pris position sur les orientations à retenir pour le cinquième réexamen périodique de ces réacteurs, qui permettra de définir les conditions de la poursuite de leur fonctionnement au-delà 50 ans, en maintenant les mêmes objectifs de sûreté. EDF prévoit d'axer le cinquième réexamen, d'une part, sur la vérification de la conformité des installations, le maintien de la qualification des matériels et la maîtrise du vieillissement ; d'autre part, sur la réévaluation de la maîtrise des risques et inconvénients, en prenant en compte les effets du changement climatique. L'ASN a considéré que les orientations générales retenues par EDF sont pertinentes et cohérentes avec l'état actuel des connaissances.

Concernant le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe (RP4 1300), l'instruction des principaux enjeux génériques de sûreté a été poursuivie en 2024 par l'ASN avec l'appui de l'IRSN. Parallèlement, la concertation publique sur les conditions d'amélioration de la sûreté des réacteurs de 1 300 MWe dans le cadre de leur quatrième réexamen, menée sous l'égide du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) avec la participation d'EDF, de l'IRSN, de l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli) et de l'ASN, a, comme l'ont conclu les garants de la concertation désignés par le HCTISN, permis « *d'aborder publiquement avec succès des questions essentielles concernant toute la société, au-delà de la procédure réglementaire d'autorisation en cours* ».

Au final, l'instruction a été menée efficacement grâce à la reconduction des processus de gouvernance mis en place pour l'instruction du quatrième réexamen des réacteurs de 900 MWe avec EDF et l'IRSN, et également en tirant parti de son retour d'expérience. Ce résultat, ainsi que le lotissement de la future réalisation des modifications, et la continuité des objectifs avec le quatrième réexamen des réacteurs de 900 MWe, visent à permettre à partir de 2026 un déploiement standardisé des améliorations de sûreté sur les réacteurs de 1 300 MWe dès les premiers réacteurs concernés, tout en réalisant les modifications à fort enjeu de sûreté en priorité.

En ce qui concerne un éventuel fonctionnement de réacteurs du parc actuel au-delà de 60 ans, et sur la base des travaux engagés par EDF, l'année 2023 avait permis d'identifier les principaux sujets techniques qui doivent faire l'objet d'analyses particulières, voire de recherches et de développements, en amont des réexamens périodiques.

Les conclusions des analyses anticipées d'EDF feront l'objet d'une instruction en vue d'une prise de position de l'ASNR en 2026.

Enfin, depuis le début de leur fonctionnement, les référentiels d'exploitation des réacteurs, et en particulier leurs règles générales d'exploitation (RGE), se sont complexifiés, notamment pour tenir compte du retour d'expérience et de la réévaluation des risques d'agressions externes. Cette complexification peut induire des difficultés d'application des RGE, voire une perte de sens pour les opérateurs, ayant des effets sur la maîtrise des risques. EDF a initié un processus de simplification à court, moyen et long terme, qui a déjà donné lieu à des échanges avec l'ASN et l'IRSN. En parallèle, l'ASN a réuni la profession en 2024 au cours d'un cycle de réflexion du Comité d'orientation sur les facteurs sociaux, organisationnels et humains. Une synthèse de ces travaux sera publiée en 2025.

Des enseignements de la corrosion sous contrainte à consolider

Découverte fin 2021, l'existence de phénomène de corrosion sous contrainte affectant certaines tuyauteries auxiliaires a fait l'objet d'une stratégie de remplacement systématique des tuyauteries considérées comme sensibles en 2023 et de contrôles de plus en plus étendus qui se poursuivront sur l'ensemble du parc jusqu'en 2025.

À l'occasion des prochains réexamens périodiques, les enseignements devront être pris en compte par EDF dans ses programmes de maintenance. En particulier, l'ASN estime nécessaire que les hypothèses d'absence de sensibilité à des mécanismes de dégradation, retenues pour certaines zones qui ne sont pas surveillées dans le cadre d'un programme de maintenance préventive, soient étayées par un programme d'investigations complémentaires.

Le suivi de la mise en service de l'EPR de Flamanville et le programme EPR 2

À l'issue de l'instruction menée par l'ASN avec l'appui de l'IRSN, et après avoir consulté le public sur le dossier d'EDF, l'ASN a autorisé par décision du 7 mai 2024 la mise en service du réacteur EPR de Flamanville, permettant ainsi à EDF de charger le combustible nucléaire et de procéder aux essais de démarrage. Cette autorisation est assortie de prescriptions techniques encadrant le déroulement des essais, définissant l'échéance de remplacement de certains composants et prévoyant des dispositions relatives à la prise en compte du retour d'expérience.

Depuis cette autorisation, l'ASN échange quotidiennement avec le site et a mené, en 2024, une dizaine d'inspections de suivi de la mise en service, notamment aux étapes les plus importantes. L'exploitant a rencontré différents aléas matériels, qui ont retardé la montée en puissance du réacteur, mais l'ASN n'a pas identifié à ce stade d'anomalie dans les résultats des essais de démarrage. Une cinquantaine d'événements significatifs pour la sûreté ont toutefois été déclarés par l'exploitant entre la mise en service et la fin de l'année 2024, soit un taux significativement plus élevé qu'attendu, même pour un nouveau réacteur. L'ASN a été particulièrement vigilante sur le sujet, notamment lors des inspections, et estime pertinentes, à ce stade, les mesures engagées par l'exploitant.

EDF a engagé un programme de construction de réacteurs EPR 2 en France. Les premières paires seront construites à Penly, à Gravelines et au Bugey. La demande d'autorisation de création d'installation nucléaire de base (INB) relative au site de Penly, déposée en 2023 par EDF, est en cours d'instruction et devrait aboutir en 2027. Compte tenu du retour d'expérience du projet EPR de Flamanville, l'ASN a engagé une démarche de contrôle portant sur l'organisation et la conduite de projet par EDF, ainsi que la maîtrise de la chaîne d'approvisionnement des matériels importants pour la sûreté.

La réception des premiers dossiers d'instruction de projets de petits réacteurs modulaires conforte les positions antérieures de l'ASN sur la nécessité d'une approche systémique

En 2024, l'intérêt pour les PRM, porteurs d'innovations plus ou moins ambitieuses, ne s'est pas démenti, dans le cadre de la recherche de solutions de production d'énergie décarbonée. Ce contexte a permis de conforter la pertinence de l'organisation et du cadre d'échanges préparatoires mis en place au sein de l'ASN en 2023 pour accompagner les nouveaux acteurs, en particulier les start-ups, conduire les réflexions nationales et internationales sur les objectifs de sûreté à appliquer à ces objets et appréhender la diversité des conceptions et des innovations. En 2024, les premiers dossiers de demande d'autorisation de création ou de demande d'avis sur les options de sûreté ont été déposés pour des projets soutenus par le programme « France 2030 ».

Dans ce cadre, certains enjeux deviennent essentiels. Tout d'abord, la plupart de ces réacteurs devraient être implantés sur les sites non nucléaires de leurs clients. Or, de tels sites peuvent se trouver dans des zones à risques industriels ou naturels importants ou à proximité immédiate de zones densément habitées, ce qui compliquerait la mise en œuvre de mesures de protection des populations et

de l'environnement en situation accidentelle. Les objectifs de sûreté à atteindre doivent être adaptés, en cohérence avec les modalités de prise en compte des agressions malveillantes, pour envisager une implantation de réacteurs sur de tels sites. L'ASN a mis en place un cadre pluraliste d'échanges associant des parties prenantes pour éclairer sa réflexion et pouvoir ainsi se positionner sur les objectifs de sûreté de ces réacteurs.

Par ailleurs, les réacteurs les plus innovants ont besoin de combustibles spécifiques pour lesquels les chaînes industrielles de production et de retraitement n'existent pas encore et nécessiteraient des investissements conséquents. L'ASN rappelle l'importance de développer une approche systémique intégrant la chaîne industrielle, la fourniture du combustible nucléaire, la gestion des combustibles usés et autres déchets générés, ainsi que la gestion des risques de malveillance et de prolifération des matières nucléaires.

Confrontée à un défi de qualité et de culture de sûreté dans la chaîne de sous-traitance, la filière industrielle a lancé de nombreuses initiatives

La relance de l'industrie nucléaire représente un défi pour la filière pour répondre, outre les enjeux de recrutement, à une croissance inégalée depuis plusieurs décennies et garantir la qualité attendue de tous les composants participant à la sûreté. La rigueur industrielle et la culture de sûreté sont impératives et la filière, en particulier au sein du Groupement des industries françaises de l'énergie nucléaire (GIFEN), en a pleinement conscience.

Néanmoins, l'année 2024 a encore été l'occasion de découvertes d'écarts voire d'irrégularités significatifs, qui ont fait l'objet d'un traitement par les exploitants concernés et d'une instruction des services de l'ASN. Face à cette persistance d'écarts, le collège a auditionné le président-directeur général d'EDF pour s'assurer d'une réelle mobilisation collective pour éviter la reproduction, notamment sur les chantiers du nouveau nucléaire, des défauts de fabrication et de construction qui ont émaillé le chantier de l'EPR de Flamanville. L'ASN estime que les plans proposés par EDF et le GIFEN vont dans le bon sens mais constate que la mobilisation des acteurs du tissu industriel reste encore fragile. L'ASN a produit en 2024 un guide pratique dédié à la qualité des matériels destinés aux installations nucléaires, qui rappelle notamment l'importance de l'identification, au juste besoin, des exigences et la nécessité de mettre en place une surveillance appropriée au bon moment de la chaîne de production.

Réflexions sur l'évolution de long terme des usines du « cycle du combustible »

Depuis plusieurs années, l'ASN alerte sur les tensions qui pèsent sur le « cycle du combustible » en France. Les installations du « cycle » présentent des fragilités et chaque atelier est un maillon unique dans une chaîne de traitement. Une saturation des entreposages de combustibles usés à La Hague aurait également des conséquences sur le fonctionnement des centrales nucléaires. La baisse importante de la production de l'usine Melox et la corrosion plus rapide que prévu des évaporateurs de La Hague, utilisés pour la concentration des solutions nitriques de produits de fission et transuraniens, ont illustré, ces dernières années, cette fragilité.

Cette situation est, toutefois, en voie d'amélioration avec la hausse progressive de la production de Melox depuis deux ans et le remplacement des évaporateurs à La Hague achevé cette année.

En ce qui concerne la tension sur le « cycle », la décision de poursuivre le fonctionnement des réacteurs consommateurs de combustible MOX, ceux de 900 MWe, éloigne la perspective de saturation des entreposages de combustibles usés. À la suite du Conseil de politique nucléaire de février 2024, une réflexion active a été engagée sur la pérennisation et le renouvellement des usines du « cycle », dans la perspective de la poursuite de la politique de retraitement jusqu'à la fin de ce siècle.

Dans ce contexte, EDF a renoncé à son projet de piscine centralisée au profit d'une installation intégrée au programme industriel d'Orano sur le site de La Hague. Les nouvelles installations devront être conçues en tenant compte des standards de sûreté les plus récents, au moins équivalents à ceux du projet de piscine centralisée d'EDF. Dans l'attente de ces futures installations et compte tenu du fait qu'elles ne prendront pas instantanément le relais des installations actuelles, il est indispensable de poursuivre la mise en place des parades au risque de saturation.

Au-delà des annonces, il est indispensable que des décisions soient prises dès à présent afin que les projets passent à une phase de réalisation et aboutissent dans les délais les plus brefs possibles, à commencer par la mise en service des nouvelles piscines en 2040. Ainsi, les étapes importantes à venir sont la remise par Orano de dossiers d'options de sûreté (DOS) pour les installations nouvelles puis la saisine de la Commission nationale du débat public (CNDP) sur un dossier de présentation des projets de nouveaux bassins d'entreposage de combustibles usés. Il est souhaitable que le projet Aval du futur fasse également l'objet, à l'issue de la phase actuelle d'études, d'un débat et de concertations.

Poursuite de l'instruction du dossier Cigéo

À la suite du dépôt par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) en janvier 2023 du dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo, projet de stockage géologique pour les déchets de haute et moyenne activité à vie longue (HA- et MA-VL), l'ASN a engagé, avec le soutien de l'IRSN, une phase d'instruction technique du dossier qui se conclura par un avis de l'ASNR en 2025 pour une enquête publique en 2026.

Cette instruction technique s'est poursuivie en 2024, avec notamment la tenue de deux réunions du Groupe permanent d'experts pour les déchets consacrées aux données de base et hypothèses retenues pour établir la démonstration de sûreté, puis à la sûreté en phase d'exploitation. Ces travaux ont permis d'évaluer, dans ces deux champs thématiques, dans quelle mesure le dossier présenté par l'Andra répondait aux exigences nécessaires pour la délivrance éventuelle du décret d'autorisation, mais également d'identifier des compléments qui devront être apportés en vue du franchissement des jalons futurs de la vie de l'installation. L'Andra devra ainsi apporter des compléments avant le début des creusements actuellement prévu en 2035, notamment sur la démonstration de la sûreté en exploitation du stockage des déchets bitumés, de la fermeture des alvéoles MA-VL et de l'exploitation des alvéoles de haute activité.

Les enjeux de la sûreté à long terme du stockage, après sa fermeture, sont étudiés en 2025 dans le cadre de la troisième et dernière phase d'instruction technique du dossier. L'ASNR considère qu'à ce stade il n'y a pas d'obstacle à la poursuite de la procédure d'instruction conformément au calendrier envisagé, qui planifie son déroulement sur cinq ans.

Dans la perspective, décrite plus haut, de la poursuite de fonctionnement des réacteurs de 50 à 60 ans et de la création de six réacteurs EPR 2, l'adaptabilité de Cigéo a été évaluée, sans qu'apparaisse à ce stade d'élément rédhibitoire. En revanche, l'adaptation de l'installation à des évolutions telles que la poursuite de fonctionnement des réacteurs au-delà de 60 ans, la construction de huit EPR 2 supplémentaires, ou d'un parc de PRM et/ou de réacteurs à neutrons rapides, serait à évaluer postérieurement à la publication du décret d'autorisation de création sur la base de futures études d'adaptabilité, lorsque les scénarios associés seront définis.

Une situation contrastée dans le domaine médical

En 2024, le niveau de radioprotection s'est maintenu à un niveau satisfaisant dans le domaine médical, malgré une situation contrastée et des points de vigilance persistants depuis plusieurs années.

Le contexte reste marqué par des tensions, notamment sur le plan des ressources humaines, et un niveau d'activité croissant. Les organisations de travail se complexifient, avec des mutualisations de moyens, du travail multi-sites, un recours plus fréquent à des intervenants extérieurs ainsi qu'une externalisation croissante des compétences en radioprotection, y compris parmi les établissements les plus en pointe. Cette situation engendre des contraintes techniques, opérationnelles et organisationnelles nouvelles. L'ASN alerte l'ensemble des acteurs sur le risque d'une moindre appropriation, dans ce contexte, des enjeux de radioprotection et rappelle la nécessité d'évaluer l'impact, en matière de radioprotection, de tout changement d'organisation. Certains événements significatifs et des constats faits au cours d'inspections en 2024 confirment les signaux faibles d'un contexte défavorable à la radioprotection, déjà évoqués en 2023. L'ASN rappelle que le principal garant d'un haut niveau de radioprotection réside dans une culture de radioprotection solide, portée par des professionnels formés. Cette culture nécessite d'être régulièrement entretenue afin d'adapter les bonnes pratiques aux nouveaux risques, de maintenir une dynamique performante d'optimisation et de prévenir la répétition des incidents antérieurs.

L'ASN constate toujours une situation insatisfaisante pour les pratiques interventionnelles radioguidées réalisées au bloc opératoire. Dans ce domaine, où les indications et le nombre de patients concernés augmentent et se diversifient, les actions d'optimisation et la conformité des installations aux règles d'aménagement sont essentielles à la maîtrise des enjeux de radioprotection. Des démarches de coercition ont été engagées ces deux dernières années en raison d'un défaut notable d'enregistrement d'équipement radiogène, ainsi que d'écarts persistants concernant la conformité des locaux et la formation à la radioprotection des patients et des personnels. En radiothérapie, des erreurs de cibles, notamment des erreurs de latéralité, ont encore été relevées en 2024. Un retour d'expérience a été entrepris au niveau national, en collaboration avec les sociétés savantes, et partagé avec les professionnels afin d'éviter que ces erreurs, bien que rares, ne se reproduisent. En 2024, un accident de radiothérapie ayant entraîné des séquelles graves a affecté un patient dont l'antécédent de radiothérapie n'avait pas été pris en compte. Compte tenu des progrès dans la prise en charge des cancers, l'ASN appelle l'attention des professionnels sur l'augmentation des cas de patients pouvant bénéficier d'un second traitement par radiothérapie et sur les risques de surexposition associés à ces situations.

En médecine nucléaire, deux situations particulières peuvent poser des difficultés et sont rendues plus fréquentes par le développement de la radiothérapie interne vectorisée (RIV). Il s'agit, d'une part, de la prise en charge du patient en cas d'extravasation lors de l'administration du traitement ; d'autre part, de la filière de gestion des déchets lorsque des déchets radiocontaminés, produits au domicile des patients après un traitement ambulatoire, déclenchent l'activation des alarmes des portiques de détection à l'entrée des centres de collecte. Ces événements mobilisent, du fait de leur caractère radiologique, des moyens d'intervention importants et des modalités opérationnelles et d'accompagnement spécifiques, même si l'enjeu sanitaire reste limité. La hausse de leur fréquence en 2024 est préoccupante compte tenu de l'augmentation attendue du nombre de patients éligibles à ces traitements. L'ASN appelle les professionnels à être extrêmement attentifs à la prévention de telles situations.

Anticiper et accompagner les innovations dans le domaine médical

Le déploiement des nouvelles techniques et pratiques en thérapie est porteur d'espoir pour les patients, mais constitue un sujet de vigilance afin d'assurer leur intégration rapide et sûre dans le système de soins. Cela nécessite de prendre la mesure des enjeux de radioprotection associés, tant pour le patient, son entourage, les travailleurs que pour l'environnement, et d'identifier puis mettre en œuvre les moyens nécessaires à leur maîtrise. Cette vigilance est particulièrement importante avec l'essor de la RIV, l'arrivée de la plateforme ZAP-X® ou encore le développement de la radiothérapie flash, des champs pulsés et de la radiothérapie adaptative. L'ASN rappelle que les enjeux de radioprotection ne se limitent pas à la réalisation de l'acte mais débutent dès la phase de conception et s'étendent, le cas échéant, à la gestion des déchets et des effluents. Ces enjeux de radioprotection doivent être intégrés au cœur des réflexions à chaque étape ; cela nécessite que les données pertinentes pour la radioprotection soient renseignées et le cas échéant recherchées ou étudiées par les concepteurs et les promoteurs.

En 2025, l'ASNR poursuivra ses travaux de recherche, d'expertise et de régulation en s'appuyant sur ses groupes permanents d'experts, comme le Comité d'analyse des nouvelles techniques et pratiques médicales utilisant des rayonnements ionisants ou le Groupe permanent d'experts pour la radioprotection, en lien avec les différents acteurs institutionnels du domaine de la santé et les sociétés savantes. Elle valorisera les enseignements tirés des projets européens pour mobiliser l'ensemble des acteurs et faire évoluer le système de contrôle, à l'échelle nationale comme européenne, pour que les enjeux de radioprotection restent au cœur des décisions dans un système de santé innovant et en constante évolution.

Une activité internationale toujours soutenue

L'activité internationale s'est maintenue à un rythme soutenu. De nombreuses réunions avec ses homologues ont permis à l'ASN d'échanger sur ses pratiques et de partager sur les enjeux liés notamment au contexte de relance de nouveaux projets et à l'utilisation de technologies innovantes, comme l'intelligence artificielle, dans le secteur nucléaire.

Les travaux relatifs au deuxième examen thématique par les pairs (TPR ENSREG), présidés par une représentante de l'ASN, concernant la protection des installations nucléaires contre le risque lié à l'incendie, se sont conclus et permettront à chaque pays d'élaborer en 2025 son plan d'action national. Deux séminaires, organisés au Luxembourg, ont permis d'échanger sur les bonnes pratiques et d'identifier les axes d'amélioration de chaque pays.

En matière de radioprotection, l'ASN, qui assure la présidence de l'association HERCA (*Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities*), dont l'objectif est de promouvoir un niveau élevé de radioprotection en Europe, s'est activement impliquée pour favoriser le partage d'expérience entre les autorités européennes sur la mise en œuvre pratique des normes internationales et pour contribuer à une évolution équilibrée de celles-ci.

Enfin, la création de l'ASNR permettra de renforcer la représentation de la France à l'international en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection. Dans cet esprit, les équipes internationales de l'ASN et de l'IRSN ont préparé ensemble la création d'une direction internationale unifiée et opérationnelle dès le 1er janvier 2025. ■

Une mobilisation sans précédent pour être prêts au 1er janvier 2025



Olivier GUPTA

Montrouge, le 1er mars 2025

La réforme de la gouvernance du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, objet de la loi du 21 mai 2024, marque une étape historique avec la création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Indépendante des exploitants et du Gouvernement, celle-ci est non seulement dotée d'importants pouvoirs de contrôle mais aussi de fortes capacités d'expertise et de recherche. Ainsi, chaque décision qu'elle prend, contrôle qu'elle effectue, autorisation qu'elle délivre, s'appuiera sur des instructions et expertises à l'état de l'art car alimentées par les résultats de la recherche.

La préparation de la création de l'ASNR a nécessité une mobilisation sans précédent des personnels de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et des administrations partenaires pour être prêts au 1er janvier 2025. Désormais, l'ASNR est opérationnelle. Les actes fondateurs ont été adoptés, sa gouvernance est installée et l'organisation interne est en place. L'organisation de crise fonctionne avec un centre unique. Pour autant, le travail de mise en place de l'ASNR est loin d'être achevé : si les éléments fondamentaux sont en place, de nombreux aspects restent à traiter jour après jour pour permettre un fonctionnement harmonieux au quotidien. En outre, la réflexion sur une organisation plus aboutie, tirant partie des synergies, doit se poursuivre.

Ces travaux n'ont pas pour autant éloigné les personnels de leur mission première de protection des personnes et de l'environnement.

Une mobilisation sans précédent des services pour que l'ASNR puisse fonctionner dès le 1er janvier 2025

Un travail législatif et réglementaire

Il était indispensable que plusieurs décrets nécessaires à l'application de la loi du 21 mai 2024 soient publiés avant le 1er janvier. C'est par exemple le cas du décret portant transfert des biens, droits et obligations de l'ex-IRSN au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), au ministère des Armées et à l'ASNR, ou encore du décret créant les instances sociales provisoires de l'ASNR. Au total, sept décrets ont été publiés après consultation obligatoire de plusieurs instances et un passage en Conseil d'État. Cela a nécessité un travail d'ampleur et dans des délais très contraints des administrations partenaires ainsi que des personnels de l'ASN et de l'IRSN, que je remercie de leur mobilisation.

Un travail sur le fonctionnement et l'organisation

Tout en contribuant aux travaux préparatoires conduits par le Gouvernement sur le projet de loi dédié à cette réforme, les directions de l'ASN et de l'IRSN ont souhaité que soit entrepris dès l'automne 2023 un travail de définition des principes d'organisation et de fonctionnement de la future entité. Des groupes de travail conjoints ont ainsi été créés, par domaine d'activités, avec pour objectif de proposer des grandes lignes d'organisation et de fonctionnement du secteur d'activités correspondant dans la future ASNR. Ils ont mobilisé les équipes tout au long de l'année 2024. Une liste des actions « incontournables » pour préparer la création de l'ASNR, principalement dans les activités transverses et supports (ressources humaines, budget et finances, informatique, affaires juridiques, etc.), a été établie. Le travail s'est élargi aux services de l'État dont le soutien était nécessaire, afin notamment d'établir l'architecture budgétaire et financière et de mettre en place un nouveau programme budgétaire dédié au financement de l'ASNR.

Il a fallu préparer le positionnement des personnels dans la nouvelle structure. A cette fin, le collège de l'ASN, en sa qualité de futur collège de l'ASNR, a soumis dès juillet 2024 à la consultation des instances sociales de l'ASN et de l'IRSN un projet d'organisation des services. Un comité exécutif a été constitué, puis des directeurs préfigurateurs des futures entités de l'ASNR ont été nommés en novembre 2024, et les personnels des deux organismes ont pu être affectés sur un poste courant décembre.

Parmi les actions incontournables identifiées figurait la capacité de l'ASNR à répondre de façon unifiée à sa mission en cas d'accident nucléaire ou plus généralement de situation d'urgence radiologique. Les travaux conjoints sur cette question ont abouti à l'été 2024 à la mise en place d'un centre de crise unique, gréé par des personnels issus des deux entités, avec un fonctionnement intégré. L'organisation définie a été testée à l'occasion de plusieurs exercices à l'automne 2024, confirmant son bien-fondé.

Enfin, comme le Parlement l'a souhaité, le règlement intérieur de l'ASNR auquel plusieurs articles de la loi font référence notamment pour préciser l'articulation entre « expertise » et « décision », a été mis en consultation auprès des instances sociales, puis présenté à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), avant d'être adopté par le collège de l'ASNR courant janvier 2025.

Tous ces travaux ont permis d'assurer la continuité d'exercice des missions avant et après le 1er janvier 2025.

Le dialogue avec les personnels et leur accompagnement

Fin 2023, les directions de l'ASN et de l'IRSN, les organisations syndicales représentatives des personnels de l'IRSN et les organisations syndicales représentatives des personnels de l'ASN ont conclu un accord de concertation relatif à la mise en œuvre du projet de réforme.

Cet accord prévoyait la création d'une commission de concertation relative au projet de fusion, complémentaire des instances représentatives du personnel de chaque entité, permettant jusqu'à la fin de l'année 2024 l'organisation de discussions communes entre les deux directions et les représentants du personnel des deux organismes.

Les représentants des personnels ont participé aux groupes de travail mis en place pour préparer la création de l'ASNR.

Enfin, compte tenu de l'ampleur de la réforme, le dispositif de prévention et de traitement des risques psychosociaux a été renforcé tant à l'IRSN qu'à l'ASN. Les personnels ont été questionnés pour nourrir un « baromètre » qui, malgré des inquiétudes sur la réforme, n'a pas révélé de dégradation particulière. Une cellule d'écoute composée de psychologues du travail a également été mise en place.

Demain, poursuivre la mise en place de l'ASNR et l'adapter au contexte nouveau, tout en assurant pleinement ses missions

Malgré l'ampleur des travaux préparatoires, il reste encore beaucoup à faire. Deux axes structureront les travaux à venir.

Poursuivre l'installation de l'ASNR

Installer l'ASNR implique d'abord de mettre en place le fonctionnement au quotidien. Le début de l'année 2025 est largement consacré à la résorption de différences de modes de fonctionnement et de gestion au sein des deux organismes fusionnés.

Le bon fonctionnement au quotidien passe, comme dans toute fusion d'organismes, par la création d'un système d'information unifié et d'outils numériques identiques pour tous les personnels : c'est un chantier colossal et coûteux dans l'immédiat, même s'il doit conduire à des gains à terme.

La refondation du système de management (cartographie des processus, cycles de réunions de pilotage, contrôle interne, etc.) a débuté, mais elle est loin d'être achevée. Le Conseil scientifique et la commission d'éthique et de déontologie, tous deux appelés par la loi, doivent être installés dans les premiers mois de 2025.

En matière d'affaires budgétaires et financières, la mise en place de processus budgétaires et d'achats nouveaux est en cours : ces processus n'étaient pas les mêmes à l'ASN, autorité administrative indépendante, et à l'IRSN, établissement public industriel et commercial. La construction d'un plan budgétaire à moyen terme est bien engagée, même si la période des « services votés » a représenté une contrainte supplémentaire dans le lancement des travaux. L'ASNR présentera mi-2025 au Parlement son évaluation des moyens prévisionnels humains, techniques et financiers qui lui sont nécessaires dans les cinq années pour exercer ses missions dans le nouveau contexte nucléaire, ainsi que les mesures indispensables pour assurer l'attractivité des conditions d'emploi de ses personnels sur le marché du travail dans le domaine du nucléaire.

En matière de ressources humaines, un chantier d'harmonisation des conditions d'emploi, respectueuse toutefois des statuts public ou privé des personnels, est à conduire. La réussite dans le temps de l'ASNR nécessite de bâtir un cadre attractif de l'emploi et des compétences. Cela passe par la mise en place d'un processus de recrutement lisible, le développement d'une « marque employeur » qui participe à la création d'une identité « ASNR » et la dynamisation des recrutements par une politique ambitieuse d'accueil de jeunes en stage et en apprentissage.

Forte de l'expérience de l'IRSN, l'ASNR pourra s'appuyer sur un outil interne, avec « l'Université de la sûreté nucléaire et de la radioprotection », chargée non seulement de développer et de transmettre les connaissances et compétences internes à l'ASNR, mais aussi d'en faire bénéficier tous les acteurs de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, tant en France qu'à l'étranger.

Installer l'ASNR, c'est également construire un collectif. La direction générale a décidé de mettre en place des journées d'intégration communes des nouveaux arrivants de l'ASNR. Un travail participatif a été engagé autour des valeurs de l'ASNR : il devra être approfondi et élargi pour impliquer plus de personnels. Les managers, associés à la réflexion sur la construction de ce collectif, y contribueront de façon déterminante. Le collectif passe également par un dialogue social de qualité, rassemblant les représentants du personnel quel que soit leur statut.

Enfin, il s'agit de conforter l'ASNR dans son écosystème en France et à l'international, en réaffirmant la légitimité de l'ASNR, héritière de l'ASN et de l'IRSN, dans les instances où ces deux organismes étaient présents. Cela passe également par la définition d'une feuille de route

intégrée à l'échelle de l'ASNR, en matière de dialogue avec les parties prenantes, avec notamment l'appui du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN).

Faire évoluer les modes de fonctionnement et les organisations pour les adapter au contexte nouveau

À l'évidence, le contexte actuel du nucléaire français et mondial n'est plus du tout celui qu'il était au lendemain de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon). Au plan technique, les enjeux sont nombreux : la perspective d'une durée d'exploitation des réacteurs nucléaires jusqu'à 60 ans et au-delà pose des défis techniques nécessitant l'acquisition de connaissances nouvelles permettant de se projeter sur des horizons lointains. La construction de plusieurs EPR 2 et le renouvellement des usines du « cycle du combustible » nécessitent de bâtir une stratégie de contrôle de chantiers en grand nombre.

Le développement de l'innovation et l'intégration de nouvelles technologies, qu'ils concernent les projets de petits réacteurs modulaires ou le nucléaire médical, amènent l'ASNR à revoir ses modes de dialogue avec les acteurs qu'elle contrôle, dans un souci d'anticipation. Le développement de l'intelligence artificielle va également modifier les interactions entre l'ASNR et les responsables d'activités nucléaires, mais aussi offrir de nouvelles perspectives aux chercheurs, experts et inspecteurs. La guerre aux portes de l'Europe soulève la question du contrôle des installations nucléaires dans des zones de conflit armé.

Plus largement, au-delà du seul domaine nucléaire, les organismes en charge de régulation ou de contrôle font l'objet d'interpellations sur leur rôle et les modalités d'exercice de leurs missions. Enfin, le contexte budgétaire de plus en plus contraint pour les organismes publics est à prendre en compte.

Ces évolutions du contexte dans lequel l'ASNR exerce ses missions et les enjeux actuels en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection devront être pris en compte dans les évolutions de l'ASNR.

Il ne s'agit pas de faire de ces évolutions un but en soi, mais de tenir compte du fait que les modes de fonctionnement et les organisations actuels, largement hérités de ce qui existait jusqu'alors, ont été pensés pour faire coexister deux organismes distincts, alors que les missions correspondantes sont désormais exercées par un organisme unique.

Comme cela vient d'être fait sur la gestion des situations de crise, il conviendra d'examiner dans quelle mesure ces missions peuvent être exercées différemment, en donnant un nouveau sens au travail des personnels pour tenir compte de leur intégration dans l'ASNR, et au bénéfice de la protection des personnes et de l'environnement, tout en assurant la robustesse des processus, notamment d'expertise et de décision.

Les personnels concernés seront associés à ces réflexions.

Donner la priorité absolue à notre mission première de protection des personnes et de l'environnement

Malgré l'ampleur de ces travaux, qui reposent en large partie sur les fonctions support ou transverses, les équipes techniques de l'ASNR resteront pleinement mobilisées pour accomplir leur mission de protection des personnes et de l'environnement.

***

2025 sera une année décisive pour l'ASNR, qui devra tout à la fois poursuivre sa transformation et assurer ses missions essentielles à la protection des personnes et de l'environnement. Je sais pouvoir compter pour cela sur l'engagement de l'ensemble du personnel, animé par une même ambition : l'intérêt général. ■

Faits marquants 2024

01 | Réacteur EPR de Flamanville
Les premiers mois de fonctionnement du réacteur p. 14

02 | **Le défi de la préparation aux instructions à venir des nombreux projets de petits réacteurs modulaires** p. 16

03 | **La radioprotection au défi des techniques médicales innovantes** p. 18

04 | **Les orientations du cinquième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe** p. 20

Réacteur EPR de Flamanville

Les premiers mois de fonctionnement du réacteur

Le 7 mai 2024, l'ASN a autorisé la mise en service du réacteur EPR de Flamanville. Il s'agit de la première mise en service d'un réacteur électronucléaire en France depuis celle du réacteur 2 de la centrale nucléaire de Civaux en 1999. L'EPR est le premier réacteur de troisième génération en France. Sa conception permet une réduction significative de la probabilité de fusion du cœur et des rejets radioactifs en cas d'accident par rapport aux réacteurs de la génération précédente. Malgré les importantes difficultés rencontrées lors du chantier, le réacteur a été mis en service dans de bonnes conditions de sûreté. Toutefois les premiers mois de fonctionnement ont montré qu'EDF doit renforcer la maîtrise des activités d'exploitation.

La réalisation de la fin des essais de démarrage

L'ASN a encadré, dans l'autorisation de mise en service, les différentes phases de la montée en puissance du réacteur, afin de s'assurer, tout au long du processus, de la bonne réalisation des essais de démarrage jusqu'à l'atteinte de la puissance nominale.

Dès l'autorisation de mise en service, EDF a engagé les opérations de chargement du combustible dans la cuve du réacteur. La première divergence, c'est-à-dire le démarrage de la réaction nucléaire en chaîne dans le réacteur, est intervenue le 3 septembre 2024. EDF a ensuite procédé



à des montées en puissance progressives. Elle a couplé pour la première fois le réacteur au réseau électrique le 21 décembre 2024.

Lors du premier démarrage du réacteur, EDF doit réaliser un nombre important d'essais spécifiques destinés à vérifier le bon fonctionnement des systèmes qui ne pouvaient pas être testés avant le chargement du combustible. Ces essais sont destinés à vérifier que :

• le cœur, son instrumentation et ses systèmes de protection se comportent comme attendu aux différents niveaux de puissance ;

• les régulations de la chaudière et de la turbine sont correctement réglées ;

• le circuit secondaire, la turbine et l'alternateur fonctionnent convenablement, ces essais ne pouvant être réalisés que lorsque suffisamment de vapeur est produite ;

• certaines situations, comme par exemple l'arrêt automatique du réacteur ou l'arrêt de la turbine, sont correctement gérées.

Ces essais font l'objet d'un suivi particulier de l'ASN, qui est informée de façon rapprochée de leur déroulement, des résultats et des éventuels incidents rencontrés. Elle mène également des inspections, majoritairement inopinées. À la fin de l'année 2024, les essais déjà réalisés sur des systèmes importants pour la sûreté du réacteur s'étaient déroulés de façon satisfaisante.

Les divers événements survenus depuis la mise en service du réacteur

Depuis la mise en service du réacteur, EDF a déclaré un nombre d'événements significatifs pour la sûreté plus important que ce qui était attendu, même pour le démarrage d'un nouveau réacteur.

Ces événements sont notamment liés à la montée progressive en compétence des équipes lors de la mise en œuvre des premiers gestes d'exploitation du réacteur et à la transition entre la gestion d'un chantier et l'exploitation d'une installation. La grande majorité des événements ont ainsi des causes organisationnelles et humaines et peu sont liés à des défaillances matérielles. La plupart des erreurs humaines sont rapidement détectées et aboutissent à une remise en conformité quasi-immédiate de l'installation.



Face à ce constat, et même si ces événements n'ont pas eu de conséquence sur les installations, les personnes et l'environnement, EDF a mis en place plusieurs mesures destinées à renforcer la maîtrise de ses activités. Ces mesures consistent notamment à stabiliser les plannings d'activité et à mieux identifier et gérer les risques préalablement au lancement d'une opération. Par ailleurs, EDF a renforcé l'appui apporté par ses équipes nationales.

L'ASN considère que ces mesures sont pertinentes et adaptées aux difficultés rencontrées durant cette phase de vie particulière de l'installation.

Les prochaines étapes

L'ASN a soumis à son accord la première montée du réacteur à une puissance supérieure à 25 % de sa puissance nominale. Au-delà de ce niveau de puissance, les dispositifs auxquels fait appel la protection du cœur changent et l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) contrôlera en particulier qu'ils sont aptes à remplir leur fonction.

L'accord de l'ASNR sera à nouveau requis avant la première montée à une puissance supérieure à 80 % de la puissance nominale. La majeure partie des essais de démarrage aura alors été réalisée.

À l'issue de la phase d'essais de démarrage, EDF poursuivra l'exploitation du réacteur jusqu'au premier arrêt pour rechargement du combustible. Lors de cet arrêt, EDF procèdera à des contrôles spécifiques, notamment à une requalification complète du circuit primaire principal. L'exploitant sera également amené à intégrer des modifications de l'installation et procèdera en particulier au remplacement du couvercle de la cuve. L'ASNR instruira ces modifications et contrôlera les opérations réalisées lors de cet arrêt, comme elle le fait pour tout réacteur nucléaire. Elle portera une attention particulière à la valorisation du retour d'expérience acquis pendant cette phase.

Enfin, six mois après la fin de cet arrêt, EDF devra adresser à l'ASNR un dossier de fin de démarrage présentant un bilan des essais de démarrage et du retour d'expérience du premier cycle d'exploitation, et mettre à jour le rapport de sûreté et les règles générales d'exploitation du réacteur. ♦

Le défi de la préparation aux instructions à venir des nombreux projets de petits réacteurs modulaires

L'ASN a été confrontée en 2024 à une forte accélération des sollicitations des porteurs de projet de petits réacteurs modulaires[1] (PRM). Les actions engagées dès 2023 de mise en place de nouveaux cadres d'échanges techniques ont permis de faire face à cette situation inédite et de se préparer à engager efficacement l'instruction des premiers dossiers. L'un des principaux constats dressés par l'ASN à l'issue de ces échanges concerne le caractère souvent peu réaliste des calendriers de déploiement affichés par de nombreux porteurs de projet.

Une accélération des échanges techniques en 2024 avec les sociétés porteuses de projet de petits réacteurs modulaires

En 2024, l'ASN et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) ont dû faire face à de très nombreuses sollicitations de la part de l'ensemble des sociétés porteuses de projet de PRM souhaitant engager au plus vite des échanges techniques et pour d'autres poursuivre ceux déjà démarrés en 2023.

Le fait de devoir faire face simultanément à une dizaine de projets de PRM, en outre portés par autant de porteurs de projet différents, constitue une situation inédite dans le contexte français, et représente un réel défi en matière de capacité d'instruction pour l'ASN et l'IRSN.

Au regard de ce défi, l'ASN a considéré essentiel de pouvoir engager rapidement des échanges techniques avec les porteurs de projet, en amont des demandes à venir dans le cadre des procédures réglementaires applicables. En effet, de tels échanges anticipés présentent l'intérêt de permettre d'appréhender dès à présent les innovations et les nouveaux enjeux de sûreté de ces projets et ainsi d'être le mieux préparé possible pour instruire efficacement les futurs dossiers qui seront déposés.

À cet effet, l'ASN avait, dès 2023, engagé d'une part une réorganisation de ses services en créant une nouvelle entité dédiée à ces projets de réacteurs innovants, d'autre part une adaptation de ses modalités d'échanges techniques avec les porteurs de projet (*voir détails au chapitre 11*) afin de proportionner l'engagement de ses ressources et celles de l'IRSN au niveau de développement de ces différents projets.

Ces nouveaux cadres d'échanges techniques progressivement mis en place en 2023 avec les premiers lauréats du dispositif « Réacteurs innovants » de France 2030 ont ainsi permis de faire face à une première montée en puissance significative des sollicitations de la part des porteurs de projet en 2024. Comme représenté sur le schéma ci-contre, si ces sollicitations ont essentiellement concerné en 2024 des échanges techniques préparatoires (suivis prospectifs et revues préparatoires), il est à noter que les porteurs de deux projets ont décidé cette année de franchir le pas d'une demande d'instruction dans un cadre réglementaire :

- le 3 mai 2024, une demande d'autorisation de création a été déposée par la société Jimmy Energy auprès du ministre chargé de la sûreté nucléaire pour son projet de PRM conçu pour fournir de la chaleur à haute température pour un site industriel ;
- le 31 octobre 2024, une demande d'avis sur les principales options de sûreté de son projet de PRM conçu pour fournir de la vapeur à un réseau de chaleur urbain a été déposée par la société Calogena auprès de l'ASN.

Création d'un groupe d'experts dédié aux PRM innovants

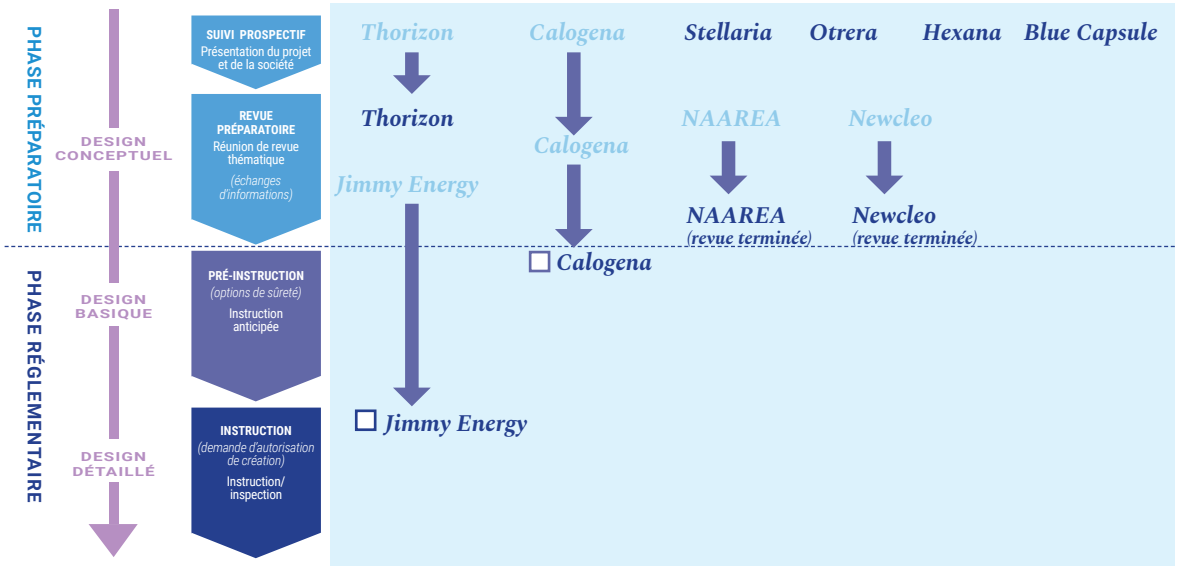
Pour préparer ses décisions les plus importantes relatives aux enjeux de sûreté nucléaire ou de radioprotection, l'ASN peut solliciter les avis et les recommandations de groupes permanents d'experts (GPE) placés auprès d'elle.

Dans le cadre de sa préparation aux instructions à venir des projets de PRM innovants, l'ASN a constitué[2] en 2024 un groupe transverse d'experts issus des différents GPE existants qui a vocation à être consulté sur des sujets

1. *Plusieurs projets de PRM (*Small Modular Reactors *– SMR) sont en cours de développement dans le monde. Il s'agit de réacteurs d'une puissance inférieure à 300 MWe, principalement fabriqués en usine. Ils utilisent des technologies variées : celle des réacteurs à eau sous pression ou des technologies avancées (réacteurs à haute température, à sels fondus, à neutrons rapides, etc.).*
2. *asn.fr/reglementation/bulletin-officiel-de-l-asnr/fonctionnement-de-l-asnr/decisions-nominatives/decision-n-codep-mea-2024-019956-du-directeur-general-de-l-asn*

Cadre des échanges techniques avec l'ASN et l'IRSN

Évolution au cours de l'année 2024 de la situation des neuf porteurs de projet de PRM (hors Nuward, projet porté par EDF)



techniques ayant trait aux nouveaux projets de PRM innovants.

Les experts nommés au sein de ce « GT-RI » (groupe transverse – réacteurs innovants) ont ainsi pu être associés aux séminaires de synthèse et de clôture des revues préparatoires mises en place par l'ASN sur les projets de Jimmy Energy, de NAAREA et de Newcleo. Cette participation leur a ainsi permis d'ores et déjà de se familiariser avec la conception et les démarches de sûreté de ces projets de PRM innovants et ainsi mieux se préparer à être sollicités sur ces projets par l'ASNR dans le cadre des instructions à venir.

Des calendriers industriels affichés souvent peu réalistes

Le développement de ces nouvelles sociétés induit une forte pression temporelle sur les projets au regard :

• de la compétition entre les différents projets pour mettre en service un démonstrateur industriel et ainsi pouvoir se lancer parmi les premiers dans la commercialisation à plus grande échelle de leur modèle de PRM aux niveaux national et international ;

• des enjeux financiers de leur développement, en particulier l'équilibre entre leurs levées et leur consommation de capital en attendant la mise en service de leur premier réacteur industriel.

Dans ce contexte de pression sur la temporalité de ces projets, l'un des principaux constats dressés par l'ASN à l'issue des échanges tenus en 2024 concerne de fait le caractère souvent peu réaliste des calendriers de déploiement affichés par de nombreux porteurs de projet.

L'ASN identifie en particulier plusieurs délais en lien avec ses préoccupations en matière de sûreté qui ont trop souvent tendance à être sous-évalués par les porteurs de projet :

• le délai nécessaire à un projet de réacteur innovant pour disposer d'un socle de connaissances et de validation de ses choix technologiques qui soit suffisamment étayé pour s'assurer de la faisabilité et de la viabilité industrielle de leur projet, aussi bien en phase de construction que d'exploitation, et pour établir avec toute la rigueur requise la démonstration de sûreté attendue à l'appui d'une demande d'autorisation de création ;

• la durée considérée pour l'instruction de la demande d'autorisation de création de leur premier réacteur ; en effet les porteurs de projet prévoient généralement des délais d'instruction de leur réacteur expérimental ou de leur démonstrateur industriel plus courts que ceux prévus par le cadre réglementaire actuel. Alors qu'une telle réduction des délais peut s'envisager pour l'instruction des réacteurs suivants qui pourraient bénéficier de l'effet série, elle est difficilement envisageable pour des réacteurs particulièrement innovants. L'ASN rappelle donc que les dossiers de ces PRM seront examinés avec la même rigueur que toute autre installation nucléaire de manière proportionnée aux enjeux de sûreté, et que les délais pour les instruire dépendront avant tout de la qualité et de la complexité des démonstrations de sûreté qui lui seront présentées.

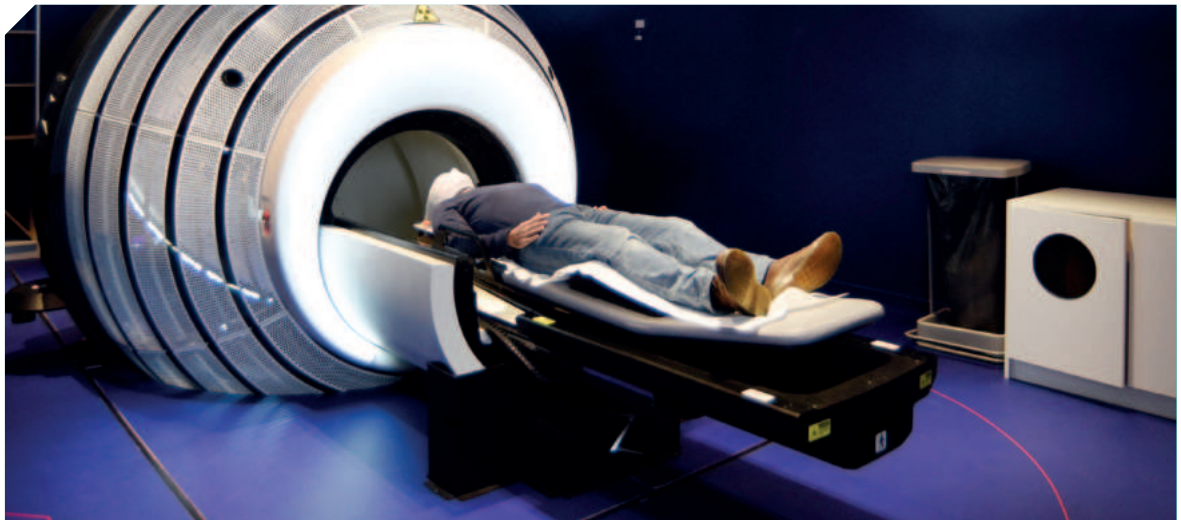
L'ASN relève en outre qu'au-delà du projet même du réacteur, les calendriers de déploiement industriel affichés sous-estiment parfois les chemins critiques potentiels liés en particulier :

• aux délais de développement et de mise en service des installations nucléaires de base nécessaires pour produire leur combustible nucléaire spécifique,

• aux délais de développement et d'agrément, lorsque cela sera nécessaire, d'un éventuel nouvel emballage de transport de leur combustible sur la voie publique. ♦

La radioprotection au défi des techniques médicales innovantes

Dans un secteur médical en perpétuelle innovation, l'année 2024 aura été marquée par une accélération inédite du développement de techniques médicales innovantes recourant aux rayonnements ionisants.



Des innovations dans tous les domaines médicaux

Cette accélération est particulièrement notable dans le domaine de la radiothérapie interne vectorisée (RIV) où, à la suite de la généralisation des thérapies recourant au lutétium-177, les essais cliniques se multiplient autour de nouveaux radionucléides d'intérêt tels que l'actinium-225 ou le plomb-212. Dans le domaine de la radiothérapie, les recherches pré-cliniques se développent sur l'effet flash, qui consiste à délivrer un très haut débit de dose en un temps très court, laissant imaginer des temps considérablement réduits pour certains traitements. Dans le domaine des pratiques interventionnelles radioguidées, la multiplication des indications et la complexité croissante des actes rendent compte de la variété des pratiques et de leurs conditions de réalisation.

Parfois, l'innovation réside dans la conception de la plateforme technique de dispensation, comme c'est le cas avec le dispositif de radiothérapie externe auto-blindé ZAP-X®, qui permet d'envisager le déploiement de l'offre de soins avec des contraintes réduites d'aménagement des locaux.

Ces innovations sont porteuses d'espoirs nouveaux pour les patients, et la pression est forte pour les intégrer rapidement dans le système de soin. Leur développement rapide, loin du temps long du nucléaire, constitue cependant un défi pour la radioprotection. En effet, la mesure des enjeux de radioprotection, et plus encore l'identification puis la mise en œuvre des moyens nécessaires pour leur maîtrise, reposent sur le développement des connaissances et des compétences des professionnels, sur l'acquisition et le partage de données dont certaines ne sont disponibles que sur le moyen terme, sur la mise à disposition d'infrastructures adaptées et sur la mobilisation d'un large réseau d'intervenants et d'acteurs.

Le cas particulier de la radiothérapie interne vectorisée

Dans le domaine de la RIV, l'acte médical comporte des enjeux particuliers de radioprotection pour les patients et leur entourage, les travailleurs ainsi que l'environnement. Ces enjeux sont parfois incomplètement évalués, notamment lors de l'utilisation de nouveaux radionucléides ou de nouveaux vecteurs. Les connaissances en dosimétrie et en métrologie doivent impérativement être développées pour les émetteurs alpha et bêta utilisés en RIV, et les données détenues par les promoteurs ou collectées au sein des équipes de recherche, dans le cadre des essais cliniques, doivent être mieux partagées avec l'ensemble des acteurs. Enfin le système de soins doit s'organiser pour que les données complémentaires nécessaires soient collectées, notamment celles relatives au suivi des patients à moyen et long terme, à la surveillance radiologique du personnel soignant, et au retour d'expérience des événements indésirables et des événements significatifs pour la radioprotection (ESR), et cela dès la mise en place des premiers soins au titre de l'accès précoce. Le recueil et l'exploitation de ces données sont nécessaires pour que les

mesures à prendre pour la sécurité des soins et la protection des travailleurs puissent être définies, le cas échéant réglementées, et partagées avec les autres services qui mettront en œuvre ces mêmes traitements. Ceux-ci doivent en effet pouvoir planifier ou adapter l'aménagement de leurs locaux, former leur personnel, et réaliser les évaluations des risques requises pour leur système de gestion de la qualité et pour la prévention des risques professionnels.

En amont de la délivrance du radiopharmaceutique, les enjeux peuvent, pour certains radionucléides d'intérêt, relever du domaine de la sûreté nucléaire, notamment lorsque leur production implique le recours à des réacteurs de recherche ou des cyclotrons spécifiques, et des installations de purification puis de préparation des médicaments radiopharmaceutiques. Ces processus nécessitent de plus de nombreux transports intermédiaires soumis à de fortes contraintes de temps en raison de la durée de vie courte des radionucléides. Malgré les efforts de coordination au niveau européen pour sécuriser l'approvisionnement des services de médecine nucléaire en radionucléides essentiels, les voies de synthèse offrent souvent peu d'alternatives, ce qui rend la continuité de l'offre de traitements vulnérable aux aléas pouvant affecter ces installations.

Une fois l'acte médical effectué, la gestion des effluents et déchets marqués par les radionucléides soulève quant à elle des problématiques nouvelles. Le cas particulier des déchets radiomarqués produits au domicile des patients et détectés à leur arrivée dans les centres de collecte lorsqu'ils sont éliminés dans les ordures ménagères sans avoir respecté la durée de gestion par décroissance, provoque des situations bloquantes voire de crise pour la filière de gestion des déchets et pour ses travailleurs. La hausse de la fréquence de tels événements observée en 2024 est de ce fait préoccupante compte tenu de l'augmentation attendue du nombre de patients éligibles. La préférence pour des traitements dispensés en ambulatoire a pour effet de transférer la responsabilité de gestion de ces déchets des services hospitaliers, généralement organisés pour cela, vers les patients retournés à leur domicile et les collectivités en charge de la gestion des déchets ménagers, pour lesquels les modalités opérationnelles et l'accompagnement restent difficiles à mettre en œuvre, voire n'existent pas.

Ces enjeux, à l'instar du cas particulier du lutétium-177 qui a fait l'objet d'une circulaire de l'ASN du 12 juin 2020, doivent désormais être appréhendés, en tenant compte d'un large éventail de radionucléides et de vecteurs, de manière multidisciplinaire. Cela implique une collaboration étroite entre les sociétés savantes, les autorités (ministère en charge de la santé, Haute Autorité de santé – HAS, Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé – ANSM, Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – ASNR), les fabricants et promoteurs d'essais cliniques, et les services de soins, pour assurer une approche complète et cohérente.

Anticiper pour mieux réglementer et décider

Il est essentiel dans ce contexte que les décisions de l'ensemble des acteurs du système de soins soient éclairées par la juste prise en compte, dès l'amont, des enjeux de radioprotection.

Pour les services médicaux, il s'agit d'anticiper ce que sera leur futur afin de s'adapter aux besoins (capacité d'accueil, dimensionnement, technologies, conformité réglementaire, etc.) et préparer les investissements correspondants, y compris en compétences. Pour les fabricants de médicaments radiopharmaceutiques, cela implique par exemple de limiter les impuretés et la présence de radionucléides à longue période, de conditionner les radiopharmaceutiques sous une forme adaptée permettant de limiter les expositions professionnelles ou de sécuriser leur dispensation. Pour les promoteurs d'essais cliniques, le dossier de demande d'autorisation doit inclure les données pertinentes pour que les utilisateurs puissent répondre à leurs obligations réglementaires de radioprotection des patients et de leur entourage, des professionnels et de l'environnement, et réaliser leur analyse des risques. Pour les fabricants de machines nouvelles, il est essentiel que les données nécessaires soient livrées avec les appareils.

Pour identifier les nouvelles techniques et pratiques émergentes utilisant des rayonnements ionisants et analyser leurs enjeux en termes de radioprotection, l'ASN s'appuie sur ses groupes permanents d'experts (GPE) et le Comité d'analyse des nouvelles techniques et pratiques médicales utilisant des rayonnements ionisants (Canpri), avec le soutien de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). En 2024, l'ASN a pris position sur le ZAP-X®[1], sur la base de l'avis du Canpri, ainsi que sur les champs pulsés[2], sur la base d'un avis du Groupe permanent d'experts pour la radioprotection (GPRP). L'avis du Canpri sur la thérapie flash est attendu pour 2025. Enfin, l'ASNR rendra un avis en 2025 sur la base des travaux de l'IRSN et du GPRP pour dresser des recommandations à destination des promoteurs et des centres investigateurs pour promouvoir l'accès aux soins innovants. Les avis des GPE ont été présentés au sein du réseau HERCA *(Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities)* pour un portage vers l'Union européenne, et le projet Simplerad a également permis d'identifier des pistes d'amélioration pour mieux interfacer la législation pharmaceutique et les normes de sécurité radiologique.

De nombreux échanges ont lieu avec les sociétés savantes pour pallier le manque d'information sur les données importantes sur la radioprotection et faciliter le recueil de ces informations pour la délivrance des autorisations. Pour la RIV, l'ASN échange avec l'ANSM pour optimiser et simplifier les démarches administratives.

En 2025, l'ASNR poursuivra ses efforts pour mobiliser l'ensemble des acteurs et pour faire évoluer le système de contrôle, en veillant à ce chaque partie prenante assume ses responsabilités et en s'assurant que les enjeux de radioprotection soient au cœur des décisions dans un système de santé innovant et en constante évolution. ♦

1. *asn.fr/information/archives-des-actualites/premier-avis-du-canpri-et-position-sur-l-installation-et-l-utilisation-de-la-plateforme-zap-x-R*
2. *asn.fr/reglementation/bulletin-officiel-de-l-asnr/activites-medicales/avis/avis-n-2024-av-0445-de-l-asn-du-3-septembre-2024*

Les orientations du cinquième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe

Le 10 décembre 2024, l'ASN a pris position[1] sur les orientations de la phase générique du cinquième réexamen périodique des 32 réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe) exploités par EDF. L'ASN considère que ce réexamen doit porter prioritairement sur la maîtrise de la conformité et du vieillissement des installations et sur le renforcement de la prise en compte des effets du changement climatique. Il devra permettre de consolider les améliorations importantes apportées aux réacteurs en matière de sûreté lors de leur quatrième réexamen périodique.

Les réacteurs de 900 MWe sont actuellement les plus anciens en France. Ils ont été mis en service entre 1978 et 1987. Ce cinquième réexamen périodique permettra de définir les conditions de la poursuite de leur fonctionnement au-delà de 50 ans.

Le quatrième réexamen périodique, qui est en cours de déclinaison sur chaque réacteur, est particulièrement approfondi. Il a pour objectif de tendre vers le niveau de sûreté des réacteurs de troisième génération et d'achever le déploiement du « noyau dur » défini après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon). Ce réexamen se poursuivra jusqu'en 2036 pour le dernier réacteur.

Compte tenu des modifications importantes mises en œuvre dans le cadre du quatrième réexamen périodique, l'ensemble des risques et des impacts sur l'environnement ne sera pas réévalué lors du cinquième réexamen. Celui-ci sera principalement concentré sur :

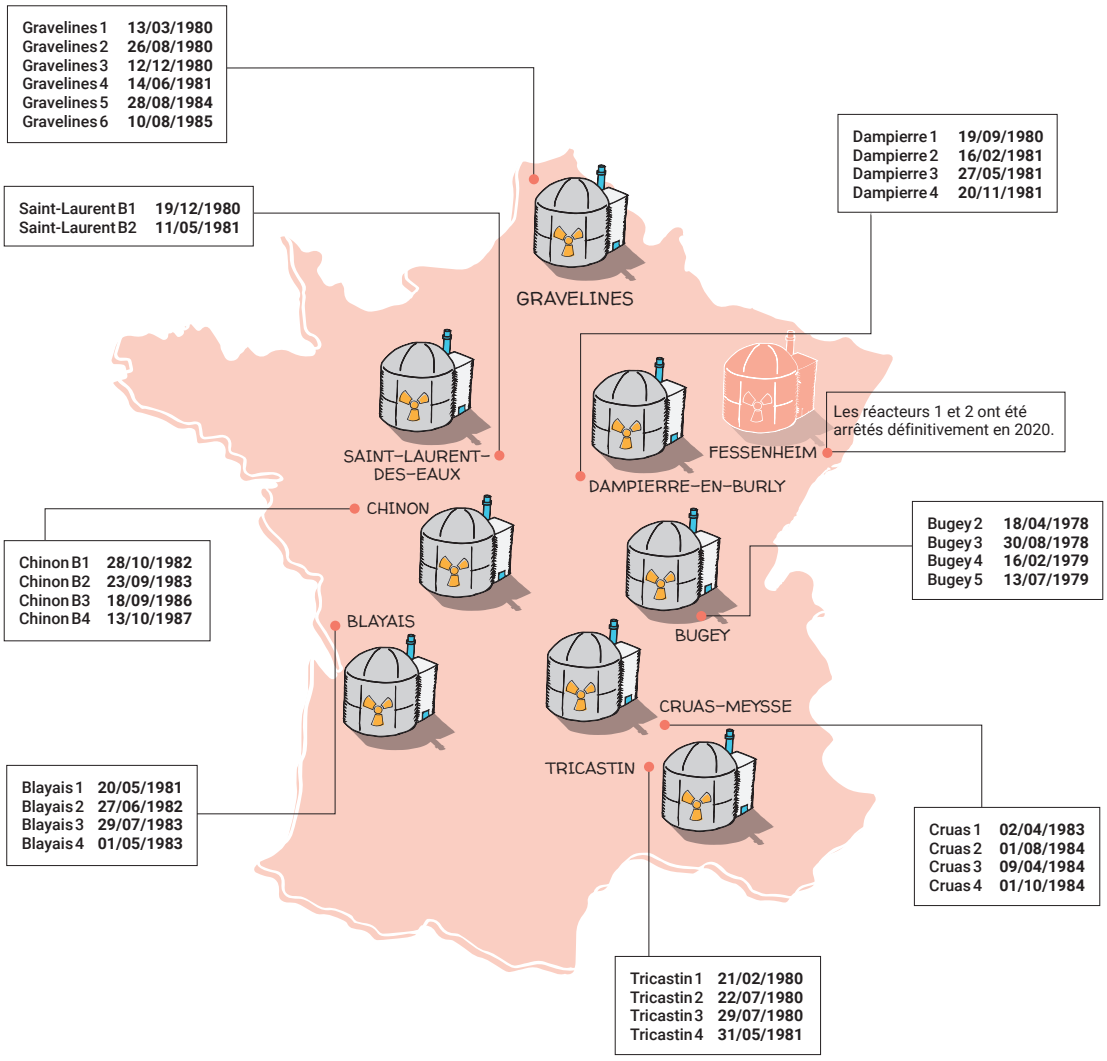
- la vérification de la conformité des installations à leurs exigences applicables, le maintien de la qualification des matériels et la maîtrise du vieillissement pour un fonctionnement jusqu'à 60 ans ;
- les effets du changement climatique, que ce soit vis-à-vis de la maîtrise des risques d'accident (hausse du niveau marin, canicules, etc.), que de l'impact sur l'environnement (prélèvement et consommation d'eau).



1. *asn.fr/information/archives-des-actualites/l-asn-prend-position-sur-les-orientations-du-5e-reexamen-periodique-des-reacteurs-de-900-mwe*

DATE DE DÉMARRAGE DES RÉACTEURS DE 900 MWE

32 réacteurs concernés



Dans sa position, l'ASN a attiré l'attention d'EDF sur les particularités des réacteurs de la centrale nucléaire du Bugey, de conception antérieure à celle des autres réacteurs de 900 MWe, qui doivent faire l'objet d'une démarche spécifique de réexamen. Elle a également souligné, au regard des enseignements des fissures de corrosion sous contrainte découvertes depuis 2021, qu'EDF doit améliorer ses démarches de vérification dans les zones où aucun mode de dégradation n'est redouté.

Comme pour les réexamens périodiques précédents, afin de tirer parti du caractère standardisé de ses 32 réacteurs de 900 MWe, EDF prévoit d'effectuer ce cinquième réexamen périodique en deux temps :

• une phase de réexamen périodique dite « générique », qui porte sur les sujets communs à l'ensemble des réacteurs de 900 MWe, tant pour la maîtrise des risques que pour la maîtrise des inconvénients présentés par les installations. Cette approche générique permet de mutualiser les études de la maîtrise du vieillissement, de l'obsolescence et de la conformité des installations, ainsi que celles portant sur la réévaluation de sûreté et sur la conception des éventuelles modifications des installations ;

• une phase de réexamen périodique dite « spécifique », qui porte sur chaque réacteur individuellement, et qui s'échelonnera entre 2030 et 2041. Cette phase permettra d'intégrer les caractéristiques particulières de l'installation et de son environnement, telles que, par exemple, le niveau des agressions naturelles à considérer, les spécificités du territoire, les autres usages de la ressource en eau et l'état de chaque installation.

Avant de prendre position, l'ASN a recueilli l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) sur le dossier d'orientation d'EDF.

L'ASN a également consulté le public, du 15 octobre au 11 novembre 2024, sur son projet de position. En amont, elle a organisé, en partenariat avec l'IRSN et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli), deux webinaires à destination des membres des commissions locales d'information (CLI) et du public afin de leur permettre de s'approprier les orientations proposées par EDF, l'expertise réalisée par l'IRSN, ainsi que le projet de position de l'ASN mis en consultation. ♦

Les appréciations de l'ASN

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) exerce sa mission de contrôle en utilisant, de façon complémentaire et adaptée à chaque situation, l'encadrement réglementaire, les décisions individuelles, l'inspection et, si nécessaire, des actions de coercition et de sanction, afin que soient maîtrisés au mieux les risques des activités nucléaires pour les personnes et l'environnement. L'ASN rend compte de sa mission et porte une appréciation sur les actions de chaque exploitant et par domaine d'activité.

Les appréciations de l'ASN par exploitant

EDF

Les centrales nucléaires en fonctionnement

La qualité d'exploitation des centrales nucléaires s'est maintenue à un niveau satisfaisant en 2024.

L'année 2024 a été marquée par l'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville délivrée par l'ASN le 7 mai 2024. Cette autorisation a permis à EDF de charger le combustible nucléaire dans la cuve du réacteur et d'engager les essais de démarrage. L'appréciation présentée ci-dessous porte sur les autres réacteurs en fonctionnement d'EDF. Le réacteur EPR de Flamanville est traité dans le Panorama régional de ce rapport.

Les améliorations apportées aux réacteurs et leur poursuite de fonctionnement

Les modifications des installations et des modalités d'exploitation mises en œuvre par EDF dans le cadre des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe) conduisent à des améliorations significatives de la sûreté des installations et permettent de viser les mêmes objectifs de sûreté que les réacteurs de troisième génération. EDF mobilise des moyens importants pour ces réexamens. L'ASN constate que le déploiement des améliorations de sûreté se déroule dans de bonnes conditions.

Alors qu'EDF va engager le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe, l'ASN considère qu'EDF doit poursuivre ses efforts afin de préparer et de mettre en œuvre dans de bonnes conditions les modifications des installations, malgré la charge de travail importante des équipes d'ingénierie. Une attention particulière doit également être portée sur l'appropriation de ces modifications par les opérateurs et sur leur formation.

La conformité des installations

Les dispositions prises depuis plusieurs années par EDF pour améliorer la détection et la résorption des écarts et l'information de l'ASN sont satisfaisantes. En particulier, les contrôles spécifiques mis en œuvre lors des quatrièmes visites décennales portent leurs fruits et permettent de renforcer la conformité des installations.

EDF a également lancé en 2024 des programmes pluriannuels qui se concrétiseront par des actions de contrôle ciblées. L'ASN considère que ces nouvelles dispositions sont de nature à renforcer la maîtrise de la conformité des installations tout au long de leur vie.

La maintenance

La campagne d'arrêt des réacteurs a été bien maîtrisée par EDF, ce qui traduit globalement un bon déroulement des opérations de maintenance réalisées en 2024.

En outre, l'ASN constate que le nombre d'événements significatifs ayant pour origine une anomalie lors d'une opération de maintenance est en diminution depuis 2022.

EDF doit poursuivre ses démarches de fond sur la compétence des intervenants et pour améliorer la préparation des activités de maintenance, la prise en compte du retour d'expérience et la qualité des analyses de risques, dans un contexte de forte charge industrielle liée à la poursuite du fonctionnement des réacteurs et au programme « Grand carénage ».

Par ailleurs, comme en 2023, l'ASN considère que la surveillance exercée par EDF lors des opérations de fabrication d'équipements importants pour la sûreté au sein des usines de ses fournisseurs n'est pas satisfaisante. EDF a mis en place un plan d'action pour y remédier.

L'exploitation

La qualité de l'exploitation et de la conduite des réacteurs s'est maintenue en 2024 à un niveau satisfaisant, mais certaines centrales nucléaires sont en difficulté.

L'ASN a noté des résultats positifs en 2024 concernant les dispositions permettant de maîtriser la configuration réelle des circuits, y compris pendant les activités de maintenance. Elle a aussi constaté les efforts entrepris par EDF pour améliorer la situation de la filière indépendante de sûreté, notamment ceux visant à augmenter progressivement ses effectifs jusqu'en 2027. La maîtrise globale du risque incendie a également été améliorée, même si la situation reste disparate selon les centrales nucléaires.

Toutefois, la surveillance en salle de commande n'est pas satisfaisante depuis plusieurs années. Certaines anomalies sont détectées trop tardivement par les équipes de conduite. Par ailleurs, certains événements marquants en matière de maîtrise de la réactivité doivent conduire EDF à réinterroger les dispositions de prévention mises en œuvre.

Des inspections portant sur l'organisation et les moyens de crise ont permis de confirmer le bon niveau, déjà constaté ces dernières années, d'appropriation des principes d'organisation, de préparation et de gestion des situations d'urgence. Néanmoins, EDF doit continuer à améliorer le maintien en condition opérationnelle des moyens mobilisables en situation d'urgence et les formations et mises en situation des personnels concernés. Les inspections de l'ASN ont également mis en évidence qu'EDF doit revoir en profondeur la documentation opérationnelle définissant les actions à réaliser hors de la salle de commande en situation d'accident avec fusion du cœur. Enfin, EDF doit poursuivre ses efforts sur la préparation des situations d'urgence d'origine non radiologique.

La protection de l'environnement

L'ASN considère que la gestion des prélèvements et des rejets dans l'environnement des différentes centrales nucléaires est globalement maîtrisée. Toutefois, les écarts relatifs aux contrôles et à la surveillance des effluents ou de l'environnement ont augmenté en 2024, en particulier pour ce qui concerne le contournement des voies normales de rejet.

L'ASN attend également des améliorations sur la mise en œuvre des dispositifs de confinement permettant de gérer un déversement accidentel de substances dangereuses.

Concernant la gestion des déchets, l'ASN constate que, à l'instar des années précédentes, la situation continue de s'améliorer. Cependant, des progrès restent toujours attendus sur la durée et la conformité des entreposages, notamment en matière de risque incendie, ainsi que sur la tenue des inventaires.

La radioprotection des travailleurs et la sécurité au travail

L'ASN encourage EDF à poursuivre sa démarche volontariste pour maîtriser les sources d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, notamment pour

ce qui concerne l'identification et l'élimination des zones les plus irradiantes sur les chantiers. Elle relève également que le nombre d'événements significatifs déclarés dans le cadre des chantiers de radiographie industrielle, dont les conséquences radiologiques peuvent être importantes, a diminué par rapport à 2023. Toutefois, l'ASN considère que des améliorations sont attendues dans la maîtrise du risque de dispersion de la contamination au sein des installations et de contamination des travailleurs, ainsi que dans la démarche de prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants pour les travailleurs les plus vulnérables (apprentis de moins de 18 ans ou personnels en contrat à durée déterminée).

En matière de santé et de sécurité au travail, les contrôles réalisés par les inspecteurs du travail mettent en évidence que la préparation des chantiers doit être améliorée afin de limiter notamment les risques d'exposition à l'amiante et au plomb. Les opérations de levage et les règles de circulation sur sites demeurent des points d'attention.

Les projets de réacteurs EPR 2

EDF a transmis en 2023 la demande d'autorisation de création de deux réacteurs EPR 2 sur le site de Penly (Seine-Maritime). L'instruction technique de cette demande est en cours. La conception du réacteur EPR 2 est plus avancée que ne l'était celle du réacteur EPR de Flamanville au même stade, ce qui est positif. L'ASN constate également qu'EDF et Framatome se mobilisent pour intégrer le retour d'expérience du réacteur EPR de Flamanville dans la conception et la fabrication des chaudières nucléaires des réacteurs EPR 2.

Les appréciations centrale par centrale

Les appréciations que l'ASN porte sur chaque centrale nucléaire sont détaillées dans les pages du Panorama régional de ce rapport.

En matière de sûreté, les centrales nucléaires de Cattenom et Penly se sont distinguées positivement en 2024. Les performances des centrales nucléaires de Dampierre-en-Burly, Blayais et Saint-Laurent-des-Eaux ont été en retrait par rapport aux autres centrales exploitées par EDF.

En matière de radioprotection, les centrales nucléaires de Saint-Alban et Chooz se sont distinguées de manière positive. L'ASN considère que les centrales nucléaires du Tricastin et Saint-Laurent-des-Eaux ont été en retrait.

En matière de protection de l'environnement, les centrales nucléaires de Saint-Laurent-des-Eaux, Tricastin et Chinon se sont distinguées de manière positive.

Les centrales nucléaires en démantèlement et les installations de gestion des déchets

L'ASN considère que les installations d'EDF en démantèlement ou en phase de préparation au démantèlement sont bien tenues, et que l'exploitant fait preuve d'un bon suivi de ses engagements. L'ASN estime que les opérations de démantèlement ou préparatoires au démantèlement (OPDEM) des installations, hors réacteurs de la filière « uranium naturel-graphite-gaz » (UNGG), progressent à un rythme satisfaisant. S'agissant des réacteurs de la filière UNGG, les échéances d'achèvement des opérations de démantèlement envisagées par EDF restent un sujet de vigilance pour l'ASN.

Les installations à l'arrêt définitif ou en démantèlement

Les réacteurs à l'arrêt définitif ou en démantèlement exploités par EDF (Brennilis, Chooz A, Fessenheim, Superphénix, réacteurs de la filière UNGG) n'abritent plus de combustible usé. Les principaux enjeux de sûreté concernent donc le confinement des substances radioactives et la radioprotection. Certaines installations présentent également un risque supplémentaire lié à la présence d'amiante, parfois combiné à la présence de contaminations radiologiques, rendant les conditions d'intervention plus complexes.

Concernant la radioprotection, l'organisation mise en place par EDF dans le cadre des pôles de compétence en radioprotection est satisfaisante. Dans le cadre de ces projets, EDF fait de la réduction des risques dans ses installations une priorité.

Les OPDEM de la centrale nucléaire de Fessenheim se poursuivent pour que l'installation atteigne l'état initial prévu à l'entrée en vigueur du futur décret de démantèlement. L'ASN note positivement en 2024 l'entrée en démantèlement de l'installation EL4-D (centrale nucléaire de Brennilis). EDF prévoit par ailleurs de réaliser des opérations d'assainissement des structures d'installations en démantèlement (Chooz A, Bugey 1), dont la méthodologie est en cours d'instruction par l'ASN.

S'agissant des réacteurs de la filière UNGG, EDF a poursuivi en 2024 les travaux de démantèlement « hors caisson » sur les réacteurs de Saint-Laurent A, Bugey 1 et Chinon A3 dans des conditions de sûreté satisfaisantes, terminant notamment l'évacuation des viroles des quatre locaux échangeurs de Chinon A2.

En 2025, dans le cadre de la poursuite de l'instruction des dossiers de démantèlement de ces réacteurs, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) portera donc une attention particulière aux délais prévus de démantèlement de ces réacteurs, ainsi qu'à la robustesse de la stratégie de gestion des déchets graphite présentée par EDF.

Par ailleurs, l'ASNR restera vigilante au bon déroulé des différentes étapes de démantèlement de l'Atelier des matériaux irradiés (AMI – INB 94) de Chinon, dont les opérations ont connu des arrêts au cours de l'année 2024 à la suite d'infiltrations d'eau.

Les installations de gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs

S'agissant de ses installations en fonctionnement, EDF procède à de nombreux chantiers de remise à niveau d'équipements de l'Atelier pour l'entreposage du combustible de Superphénix (Apec), ce qui est satisfaisant. L'ASN considère qu'EDF doit poursuivre la consolidation des projets de reprise de déchets radioactifs, notamment les blocs sodés entreposés dans l'Apec et les chemises graphites contenues dans les silos de Saint-Laurent-des-Eaux.

ORANO

L'ASN considère que la dynamique actuelle d'Orano, tant pour améliorer le fonctionnement d'ensemble des installations existantes que pour anticiper les futurs enjeux de l'aval du « cycle », résultant des annonces gouvernementales début 2024 relatives à la stratégie de traitement-recyclage au-delà de 2040, est positive.

En 2024, Orano a achevé le remplacement, sur le site de La Hague, des évaporateurs concentrateurs de produits de fission précédents qui présentaient une corrosion plus avancée que prévu à leur conception. Les projets visant à sécuriser la gestion des matières et des déchets radioactifs sur le site de La Hague se sont poursuivis. Sur le site du Tricastin, les travaux de construction de l'Atelier de maintenance des conteneurs 2 (AMC2) se poursuivent en vue d'une mise en service en 2025 ; ceux de l'extension de l'usine Georges Besse II (INB 168) ont démarré en septembre 2024, à l'issue d'une enquête publique réalisée au printemps 2024. Enfin, le plan d'action destiné à surmonter les difficultés de production de l'usine Melox à Marcoule continue d'être déployé. L'ASN considère que ces éléments participent à la poursuite de l'amélioration du fonctionnement d'ensemble des installations.

Orano a annoncé le 15 octobre 2024 lors de la réunion plénière du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), la reprise par Orano du projet de construction de nouvelles capacités d'entreposage « sous eau » de combustibles usés, dans l'optique de mettre en service un premier bassin avant 2040, en lieu et place du projet de piscine d'entreposage centralisé jusqu'ici porté par EDF. L'ASN considère que les études en vue de la transmission à l'ASN en 2026 d'un dossier d'options de sûreté des projets de nouvelles capacités d'entreposage « sous eau » de combustible usé doivent être poursuivies et intensifiées avec un haut niveau d'exigence, tout comme celles engagées en 2024 sur la pérennité des installations existantes, compte tenu des enjeux associés au vieillissement de l'ensemble des installations, tant du point de vue de la sûreté que de la robustesse du « cycle du combustible ».

Orano devra en outre veiller à ce que l'engagement de ressources dans ces nouveaux projets ne se fasse pas au détriment d'autres projets d'amélioration de fonctions supports ou du traitement du passif de substances radioactives entreposées sur les sites, qui ne sont pas moins prioritaires.

Les installations en fonctionnement

L'ASN considère que le niveau de sûreté des installations des sites Orano de La Hague et du Tricastin est resté satisfaisant. L'ASN relève une bonne maîtrise des opérations de conduite et d'exploitation, tout en appelant à une plus grande rigueur concernant le suivi des prescriptions techniques et des contrôles périodiques.

S'agissant de l'usine Melox, l'ASN considère que son niveau de sûreté est globalement satisfaisant et note positivement le respect de ses objectifs de production, ainsi que la stabilisation de la production de « rebuts MOX » par rapport à 2023.

La radioprotection des personnels

En matière de radioprotection, l'ASN note positivement le fonctionnement du pôle de compétence au sein des établissements, même s'il subsiste toujours des écarts en radioprotection qui restent à traiter *via* des plans d'action spécifiques en cours. L'ASN relève favorablement le travail d'harmonisation des pratiques réalisé au niveau de la plateforme du Tricastin.

L'ASN reste vigilante s'agissant de l'installation Melox, du fait du nombre important d'interventions liées à la maintenance préventive et corrective des équipements de l'installation, dans le contexte du déploiement d'un important programme de maintenance visant à accroître la disponibilité des installations. Ces interventions présentent des enjeux dosimétriques souvent significatifs.

La protection de l'environnement

Sur le site de La Hague, s'agissant des dispositions de maîtrise des risques non radiologiques, l'ASN considère que la survenue d'une fuite d'une cuve d'acide nitrique sur un parc extérieur de stockage de réactifs doit donner lieu à un retour d'expérience approfondi à l'échelle de l'établissement.

Par ailleurs, l'ASN relève des écarts récurrents concernant la maîtrise des fluides frigorigènes et gaz à effets de serre fluorés, qui doivent amener Orano à améliorer les dispositions prises pour prévenir, détecter et réduire à un niveau aussi faible que possible les émissions associées.

Les réévaluations de sûreté des installations

L'ASN considère que l'organisation mise en place par Orano pour évaluer la conformité de ses installations et réévaluer leur sûreté, dans le cadre des réexamens périodiques, est satisfaisante. Elle appelle cependant Orano à renforcer sa vigilance sur la mise en œuvre des plans d'action établis lors de chaque réexamen périodique, et sur le respect des délais des prescriptions réglementaires et des engagements pris.

De manière générale, l'ASN considère qu'Orano doit mettre à profit les prochains réexamens périodiques pour conforter et consolider les améliorations en matière de sûreté apportées aux installations et anticiper la gestion des modifications compte tenu des perspectives de poursuite de fonctionnement des installations du « cycle du combustible ». En particulier, ces réexamens devront contribuer à déployer une démarche robuste de maîtrise du vieillissement, y compris pour les utilités ou fonctions supports directement ou indirectement nécessaires au fonctionnement des systèmes de sûreté des installations.

La reprise et le conditionnement des déchets anciens et le démantèlement sur le site de La Hague

De nombreux déchets anciens à La Hague ne sont pas entreposés selon les standards de sûreté actuels et présentent des enjeux majeurs. La reprise et le conditionnement des déchets (RCD) est une étape clé pour l'avancement des démantèlements des usines définitivement arrêtées.

L'ASN réalise un suivi périodique de l'avancée de ces projets complexes, et note positivement une bonne appropriation par Orano de l'évaluation de la maturité des projets, ainsi que le déploiement d'outils de pilotage. L'ASN considère qu'Orano doit néanmoins progresser dans la robustesse des scénarios de reprise et de traitement de déchets et dans la fiabilisation des procédés en exploitation de reprise des déchets, afin de garantir les plannings des différents projets de RCD et de démantèlement annoncés.

Par ailleurs, l'ASN considère qu'Orano doit progresser dans l'anticipation des interactions entre les installations en fonctionnement et certains équipements des installations en démantèlement, aujourd'hui toujours utilisés pour les besoins du fonctionnement.

Le démantèlement des installations du Tricastin avance de manière globalement satisfaisante, avec notamment en 2024 la fin des études détaillées pour le démantèlement des cascades de diffusion de l'usine Georges Besse I. Néanmoins, Orano doit améliorer la gestion des passifs du site, notamment sur l'INB 105, où le désentreposage des matières et déchets des aires 61 et 79 connaît un retard conséquent.

Les appréciations installation par installation

Les appréciations de l'ASN sur chaque installation nucléaire sont détaillées dans les pages du Panorama régional de ce rapport.

CEA

La majorité des installations nucléaires de recherche françaises sont historiquement exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Si certaines contribuent toujours aux programmes de recherche scientifique et technique du CEA, un bon nombre d'entre elles sont désormais arrêtées et le CEA fait face à des défis importants pour mener à bien leur démantèlement et gérer les déchets historiques de manière satisfaisante.

L'ASN considère que la sûreté des installations exploitées par le CEA reste maîtrisée, mais que les projets de pérennisation des installations en fonctionnement, de démantèlement des installations arrêtées et de RCD présentent toujours des résultats contrastés et restent exposés à des aléas potentiels majeurs.

En effet, malgré le renforcement progressif des pratiques de pilotage des projets, la performance de mise en œuvre reste limitée par les moyens disponibles, et par les capacités opérationnelles des prestataires de la filière. Par ailleurs, la réalité opérationnelle des chantiers est presque systématiquement plus complexe que prévu, au point de remettre parfois en cause l'ensemble d'un projet, ou d'en reporter très significativement les échéances. L'ASN estime à cet égard que la maîtrise de ces projets demeure un point de vigilance.

Enfin, l'ASN déplore qu'il n'y ait aucune amélioration notable en 2024 pour ce qui concerne l'organisation de la gestion des situations d'urgence, ainsi que la surveillance des intervenants extérieurs.

La stratégie de démantèlement et de gestion des matières et déchets du CEA

Afin de suivre l'avancement des projets prioritaires pour la sûreté, les autorités et le CEA ont mis en place des comptes-rendus réguliers et à haut niveau des échéances à plus fort enjeu de sûreté ; l'ASN souligne l'engagement des responsables du CEA pour le pilotage et le suivi de ces jalons. Le CEA a notamment poursuivi en 2024 l'évacuation d'un certain nombre de substances radioactives de ses installations à l'arrêt définitif, ce qui a contribué à en diminuer substantiellement les risques résiduels. Le CEA a notamment procédé au démarrage du procédé DECAP pour permettre le désentreposage des combustibles araldités de l'installation Pégase vers l'installation Cascad et a terminé l'évacuation des combustibles entreposés dans les massifs et piscines de l'INB 72. L'ASN constate toutefois que le CEA rencontre d'importantes difficultés pour conduire les opérations de démantèlement des installations et de RCD, et respecter les échéances initialement fixées. Ces retards ont notamment comme origine des difficultés techniques ou contractuelles. Par ailleurs, l'ASN note que ses alertes concernant certaines fragilités de la stratégie de gestion des déchets et des effluents du CEA ne se traduisent par aucune amélioration. En effet, le CEA ne propose aucune mesure d'envergure pour sécuriser cette gestion qui repose en large partie sur des installations uniques, sans alternative opérationnelle, et engageant chacune le bon déroulement des multiples projets qui y recourent. À cet égard, l'ASN est particulièrement attentive aux mesures qui seront mises en place par le CEA à la suite des défauts de génie civil constatés en 2024 sur la station de traitement des déchets (INB 37-A) située sur le centre de Cadarache.

L'ASN constate également que le budget annuel du CEA pour financer les provisions des charges nucléaires est limité. Cette contrainte budgétaire peut conduire le CEA, s'il doit financer des dépenses non anticipées pour des projets prioritaires, à réaliser un lissage du budget pour les projets moins prioritaires, ce qui retarde leurs échéanciers de réalisation.

Les installations de recherche en fonctionnement

Les installations de recherche en fonctionnement présentent à la fois des enjeux de sûreté liés au développement de leurs activités de R&D (appui au parc nucléaire actuel et futur), à leurs activités de soutien aux autres installations du CEA, ainsi qu'à leur maintien en conditions opérationnelles et sûres dans le respect des prescriptions édictées à la suite de leurs réexamens périodiques (travaux de jouvence et de renforcements sismiques, désentreposage de substances et de déchets radioactifs, etc.). Tout comme pour les projets de démantèlement et de gestion des déchets, l'ASN constate que le CEA rencontre d'importantes difficultés à respecter les échéances initialement fixées pour la rénovation des installations anciennes ou l'évacuation de substances et déchets historiques présents dans ces installations.

Le principal projet de nouvelle installation de recherche porté par le CEA, le réacteur Jules Horowitz (RJH), est conduit de manière satisfaisante et transparente en ce qui concerne les enjeux de sûreté.

L'exploitation des INB

La maîtrise des risques et la gestion de crise

L'ASN estime que la sûreté des installations est satisfaisante. Elle a néanmoins identifié, dans le cadre des inspections menées en 2024, certains thèmes qui doivent faire l'objet d'améliorations. Il s'agit principalement de la réalisation et de l'analyse des résultats des contrôles et essais périodiques, des opérations de reconditionnement des déchets, de la sûreté des opérations de manutention en cellules blindées et de la traçabilité de la surveillance des intervenants extérieurs. Pour l'année 2024, le nombre d'événements significatifs en lien avec la sûreté déclarés par le CEA reste dans le même ordre de grandeur qu'en 2023. Un grand nombre de ces déclarations concerne le non-respect de la périodicité de réalisation des contrôles et essais périodiques mentionnés dans les règles générales d'exploitation des INB. Le CEA devra porter une attention particulière à ces sujets.

En 2024, le CEA a déclaré à l'ASN pour le site de Cadarache de nouveaux retards dans la construction de l'ensemble des bâtiments de gestion de crise présentant une robustesse améliorée, afin de prendre en compte le retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon). Ces retards s'expliquent principalement par des difficultés contractuelles rencontrées par le CEA et font l'objet d'une instruction en cours par les services de l'ASN. Concernant le site de Saclay, le CEA a finalisé la mise en activité de l'installation abritant les locaux robustes de gestion des situations d'urgence. En 2025, l'ASN contrôlera le caractère opérationnel de ces locaux. Concernant le centre de Marcoule, l'instruction des renforcements envisagés par le CEA pour le bâtiment de gestion des

situations d'urgence se poursuit. Enfin, les inspections réalisées en 2024 ont mis en évidence que le dispositif de gestion de crise prévu au niveau national par le CEA devait être amélioré, notamment en matière de formalisation, de traçabilité et de pilotage.

La radioprotection des personnels

Le fonctionnement des pôles de compétence en radioprotection du CEA a fait l'objet d'inspections en 2024 qui ont montré que l'organisation mise en place pour la radioprotection des travailleurs, ainsi que les actions mises en œuvre pour la réalisation des missions de ces pôles, étaient satisfaisantes.

Il convient de noter toutefois que les événements significatifs de radioprotection (ESR) déclarés par le CEA sont en hausse en 2024. Comme il l'avait été constaté en 2023, une part importante de ces écarts est en lien avec des problématiques de port de dosimètres. Par ailleurs la moitié de ces ESR concerne des intervenants extérieurs. Le CEA doit renforcer ses actions de sensibilisation auprès de ces travailleurs.

La protection de l'environnement

La maîtrise des nuisances et de l'impact des installations du CEA sur l'environnement, pour l'année 2024, est satisfaisante. Le nombre d'événements significatifs relatifs à l'environnement déclarés en 2024 est du même ordre de grandeur que les années précédentes, sans événement marquant.

L'ASN considère toutefois que le CEA doit poursuivre ses efforts relatifs à la mise en œuvre d'actions sur plusieurs sujets associés à la protection de l'environnement, en particulier la remise en conformité des réseaux de piézomètres et la maîtrise des dispositifs de surveillance en continu des rejets, notamment pour ce qui concerne la pollution des sols et nappes.

Le CEA réalise depuis 2021 un état des lieux de la conformité des émissaires de ses installations. Une mise à jour de cet état des lieux a été fournie en 2024 concernant les émissaires du site de Cadarache. Le CEA a par ailleurs indiqué poursuivre ses travaux en vue d'identifier les actions correctives à mener. L'ensemble de ces éléments fait l'objet d'une expertise de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Sur la base de ses conclusions, l'ASNR sera attentive à la pertinence des mesures finalement retenues par le CEA.

Enfin, le CEA a transmis en 2024 une étude d'impact consolidée pour le centre de Cadarache et une étude d'incidence pour celui de Marcoule. Celles-ci sont en cours d'analyse par l'ASNR.

La réévaluation de la sûreté des installations

L'ASN considère que l'organisation mise en place par le CEA pour évaluer la conformité de ses installations et réévaluer leur sûreté, dans le cadre des réexamens périodiques, est adaptée. Les inspections menées par l'ASN sur la thématique des réexamens ont fait émerger quelques points d'amélioration qui devront être pris en compte par le CEA, relatifs notamment au suivi du plan d'action issu du réexamen périodique. Le CEA devra également poursuivre ses efforts dans les années à venir afin de respecter la planification de mise en œuvre des actions de remise en conformité et d'amélioration de la sûreté définies dans le cadre de ces réexamens périodiques pour, en tout état de cause, pouvoir débuter un nouveau réexamen en ayant terminé le déploiement du plan d'action du précédent.

Les appréciations installation par installation

Les appréciations de l'ASN sur chaque centre et chaque installation nucléaire sont détaillées dans les pages du Panorama régional de ce rapport.

ANDRA

L'ASN note une dynamique positive autour de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de création de l'installation de stockage en couche géologique profonde Cigéo, déposé le 16 janvier 2023 par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

Le projet Cigéo

L'instruction technique de la demande d'autorisation de création de Cigéo s'est poursuivie en 2024, avec notamment la tenue de deux réunions du Groupe permanent d'experts pour les déchets (GPD) au cours desquelles ont été examinées les données de base et hypothèses retenues pour établir la démonstration de sûreté, ainsi que la sûreté des installations en phase d'exploitation.

L'ASN considère que, sans remettre en cause la conception de Cigéo à ce stade de l'instruction, l'Andra devra apporter des compléments avant le début des creusements, concernant notamment la démonstration de la sûreté en exploitation du stockage des déchets bitumés, de la fermeture des alvéoles de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et de l'exploitation des alvéoles de haute activité (HA). L'ASN estime que l'Andra est réactive et constructive dans ses réponses dans le cadre de l'instruction de ce dossier, ce point ayant également été souligné lors des réunions du GPD. Ces éléments confortent la démonstration des capacités techniques de l'Andra pour mener à bien le projet Cigéo. En 2025, l'ASNR poursuivra sa démarche de contrôle en matière de gestion du projet Cigéo.

L'exploitation des installations existantes de l'Andra

L'ASN estime que les conditions d'exploitation des installations de l'Andra sont restées satisfaisantes dans les domaines de la sûreté, de la radioprotection et de l'environnement en 2024. Elle souligne également la bonne qualité des analyses de sûreté produites par l'Andra, et le fait que les réexamens périodiques des installations de stockage sont conduits de façon satisfaisante. L'évaluation des impacts à long terme des substances radiologiques et chimiques des installations de stockage sur la faune et la flore, ainsi que la démarche de prise en compte des facteurs organisationnels et humains pour l'ensemble de ses activités et sa déclinaison opérationnelle au niveau de ces centres et des services centraux, restent des sujets dont la maîtrise doit être consolidée par l'Andra.

Les appréciations de l'ASN par domaine d'activité

LE DOMAINE MÉDICAL

L'ASN considère, sur la base des inspections conduites en 2024 et d'une analyse faite sur la période permettant de couvrir l'ensemble du parc des installations à enjeux, que l'état de la radioprotection dans le domaine médical se maintient à un niveau satisfaisant, relativement comparable d'une année sur l'autre, avec toutefois des fragilités persistantes.

L'ASN relève que les démarches d'expérimentation des audits cliniques qui ont été lancées fin 2023, uniquement en radiothérapie et radiologie sous le pilotage du ministère chargé de la santé, se déploient de manière satisfaisante, mais nécessitent d'être poursuivies avant d'être généralisées. Elle encourage leur extension aux activités les plus à risque, prioritairement la radiochirurgie, ainsi que la médecine nucléaire à visée thérapeutique, et appelle les conseils nationaux professionnels (CNP) à, d'ores et déjà, se mobiliser pour construire les grilles d'audit. En outre, elle encourage également les services de radiothérapie à s'inscrire dans des démarches d'évaluation des nouvelles pratiques à l'instar de celle mise en place pour la radiothérapie adaptative.

Elle encourage les CNP à prendre en compte les besoins d'évolution des guides de formation à la radioprotection qu'ils ont élaborés, en se fondant sur les résultats de l'évaluation du nouveau dispositif de formation à la radioprotection des patients que l'ASN a publiée en 2024.

L'ASN attire l'attention sur le fait que les signaux identifiés en 2023, rappelés ci-après, conduisent à dégrader la culture de radioprotection. Ils sont identifiés comme facteur contributif dans la survenue d'ESR et relevés en inspection comme des éléments explicatifs d'une moins bonne conformité réglementaire :

- un constat généralisé de ressources amoindries avec des tensions dans les effectifs de manipulateurs en électroradiologie médicale (MERM), praticiens médicaux, physiciens médicaux avec le développement de l'intérim et des glissements de tâches ;
- le recours, en imagerie, à des prestations insuffisamment maîtrisées pour assister les personnes compétentes en radioprotection (PCR) et les physiciens médicaux des établissements, susceptible de conduire à une perte de compétence en radioprotection et à un manque de flexibilité pour mettre en œuvre les exigences réglementaires de radioprotection (formation, vérifications, etc.) ;
- une progression constante de la téléradiologie avec des contraintes techniques et organisationnelles liées à ce mode d'organisation sous-estimées par les établissements (problème de communication, interface des logiciels) ; l'ASNR publiera en 2025 les enseignements issus d'une étude qu'elle a conduite sur ce sujet ;
- la complexification des organisations, avec des mutualisations de moyens et le risque de dilution des responsabilités, dans un contexte de réformes des autorisations de soins et de rachats de centres.

Aussi, l'ASN maintient sa demande de vigilance auprès des décideurs, sur la nécessité d'évaluer l'impact de ces évolutions sur les organisations et le travail des intervenants et de définir précisément les rôles et responsabilités de l'ensemble des acteurs afin que les exigences de radioprotection soient respectées.

En radiothérapie, si les fondamentaux de la sécurité sont en place, les services de radiothérapie peinent à dynamiser les démarches de retour d'expérience avec des réunions de comités de retour d'expérience moins nombreuses, des analyses d'ESR insuffisamment approfondies et des difficultés persistantes pour évaluer la robustesse des actions correctives. La répétition d'erreurs de cibles (en particulier erreurs de latéralité, de délinéation ou de positionnement), la multiplication des traitements simultanés de plusieurs localisations ainsi que des ré-irradiations, dans un contexte où de plus en plus de patients bénéficieront de plusieurs radiothérapies au cours de leur vie, soulignent la nécessité, d'une part, d'évaluer régulièrement les barrières mises en place en tirant davantage partie du retour d'expérience dressé au niveau national ; d'autre part, d'actualiser les analyses de risque *a priori* sur la base du retour d'expérience local et national. Ces études sont encore incomplètement déployées en amont des changements techniques et organisationnels.

En curiethérapie, les inspections confirment une bonne prise en compte des règles de radioprotection. Les enjeux liés au maintien des ressources et compétences nécessaires à cette activité demeurent dans les années à venir. Les nouvelles exigences relatives à la protection des sources de haute activité contre la malveillance continuent de se déployer progressivement, en particulier s'agissant de la mise en place d'une politique de protection, des mesures permettant d'empêcher l'accès non autorisé à ces sources et de l'identification et la maîtrise des informations sensibles. La situation s'améliore progressivement sans encore pouvoir être considérée comme conforme.

En médecine nucléaire, les inspections témoignent d'une prise en compte satisfaisante de la radioprotection des patients s'agissant de la mise en œuvre du principe d'optimisation avec le recueil et l'analyse des niveaux de référence diagnostique (NRD), tout en soulignant que le déploiement des systèmes de management de la qualité (SMQ) doit encore progresser. Les ESR révèlent que les processus d'administration doivent être régulièrement évalués afin d'assurer la maîtrise du circuit du médicament, en particulier ceux pouvant conduire à des erreurs concernant plusieurs patients (utilisation de l'activimètre). L'ASN attire l'attention des responsables d'activités nucléaires (RAN) sur le risque d'extravasation avec les traitements au lutétium-177, qui peut conduire à des expositions significatives au site d'injection, et travaille actuellement, en collaboration avec les professionnels, à l'élaboration d'un retour d'expérience des ESR déclarés. Elle a, par ailleurs, mis à disposition une fiche « retour d'expérience » concernant des complications intervenues lors d'un traitement d'un cancer hépatique par radioembolisation utilisant l'yttrium-90. En outre, une attention particulière doit être portée à la gestion des effluents (fonctionnement des alarmes des cuves de décroissance) et des déchets générés par les patients, liés à l'émergence de nouveaux radiopharmaceutiques. Enfin, malgré des progrès concernant la formation des professionnels, une situation moins satisfaisante est observée en 2024 s'agissant de la radioprotection des travailleurs et du contrôle des équipements et des sources (analyse de la dosimétrie, vérifications, coordination des mesures de prévention lors de coactivité).

Dans le domaine des pratiques interventionnelles radioguidées (PIR) et plus particulièrement au bloc opératoire, des non-conformités règlementaires persistent, au fil des années, s'agissant des règles techniques d'aménagement des installations, des exigences de formation à la radioprotection des travailleurs et des patients, et de la coordination des mesures de prévention lors des coactivités. L'ASN constate que les centres recourent de plus en plus aux organismes compétents en radioprotection (OCR) et que cette sous-traitance, dès lors qu'elle est insuffisamment maîtrisée, conduit à une dilution des responsabilités des RAN et à une moindre appropriation, voire une dégradation de la radioprotection. Par ailleurs, les inspections menées auprès des praticiens libéraux en tant qu'employeurs révèlent une méconnaissance des obligations réglementaires de radioprotection du code du travail vis-à-vis d'eux-mêmes et pour leurs salariés. Enfin, l'ASN a constaté que plusieurs centres médicaux n'avaient pas fait enregistrer leurs équipements radiogènes et a décidé d'engager une démarche de sanction à l'encontre d'un établissement hospitalier.

L'ASNR poursuivra en 2025 ses inspections dans les secteurs prioritaires que sont la radiothérapie, la radiochirurgie, la médecine nucléaire, les PIR et la scanographie. En radiothérapie, après avoir mené une réflexion en associant l'ensemble des parties prenantes, l'ASNR actualisera ses orientations d'inspection et lancera son nouveau programme d'inspection quadriennal en 2025. En médecine nucléaire, elle adaptera la fréquence des contrôles pour mieux prendre en compte les enjeux de radioprotection notamment pour les services menant des essais cliniques. En radiothérapie et en médecine nucléaire, sur la base des enseignements issus des ESR déclarés ces dernières années, elle poursuivra des inspections spécifiques respectivement sur la maîtrise du processus d'étalonnage des accélérateurs et sur la vérification de non-contamination. S'agissant des PIR, l'ASNR poursuivra des inspections ciblées auprès des praticiens libéraux ayant la qualité d'employeur. Enfin, ayant constaté, à l'occasion de travaux menés pour faire évoluer la décision n° 2019-DC-0667 de l'ASN sur les NRD, des insuffisances dans la maîtrise de l'utilisation de CBCT (*Cone Beam Computed Tomography*) par les chirurgiens-dentistes ainsi que dans le déploiement de la démarche d'optimisation, elle lancera une campagne d'inspections dans ce domaine. Dans ce cadre, elle mettra à disposition des RAN une grille permettant aux chirurgiens-dentistes de s'autoévaluer.

Au plan réglementaire, l'ASNR révisera en 2025 la décision n° 2019-DC-0667 de l'ASN du 18 avril 2019 fixant les valeurs de NRD pour mettre à jour les valeurs relatives aux actes de mammographie et CBCT. Elle poursuivra les travaux préparatoires à la révision de la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008 fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides. Par ailleurs, l'ASNR publiera en 2025 les enseignements de l'étude qu'elle a conduite sur la téléradiologie.

Enfin, le déploiement des nouvelles techniques et pratiques en thérapie (radiothérapie, RIV) demeure un sujet de vigilance. L'ASNR poursuivra ses travaux en lien avec les différents acteurs institutionnels du domaine de la santé, les sociétés savantes et en s'appuyant sur ses groupes permanents d'experts, en particulier le Comité d'analyse des nouvelles techniques et pratiques utilisant des rayonnements ionisants (Canpri), s'agissant notamment de la thérapie flash et du groupe projet mis en place pour définir les modalités d'évaluation de la radiothérapie adaptative qui se déploiera à partir de 2025. En médecine nucléaire thérapeutique, les enjeux de radioprotection pour le patient et son entourage, les travailleurs, la gestion des effluents et des déchets sont une priorité dans un contexte d'émergence de nouveaux radiopharmaceutiques, de projections de croissance du nombre de patients éligibles à ces nouveaux traitements, avec des infrastructures limitées et des modalités de prise en charge privilégiant l'ambulatoire. L'ASNR rendra un avis début 2025 sur la base des travaux de l'IRSN, du Groupe permanent d'experts pour la radioprotection (GPRP) et des enseignements issus du projet SimpleRad[1] mené par la Commission européenne.

LE DOMAINE INDUSTRIEL, VÉTÉRINAIRE ET DE LA RECHERCHE

Les exploitants du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche se caractérisent par leur diversité : ils sont nombreux et exercent leurs activités dans des structures de tailles et de statuts très hétérogènes ; ils utilisent par ailleurs des sources de rayonnements ionisants dans une grande variété d'applications. En matière de radioprotection, l'appréciation portée par l'ASN sur ces exploitants reste dans une grande continuité et demeure contrastée à l'instar des années précédentes.

Parmi les activités nucléaires dans le secteur industriel, **la radiographie industrielle** et, en particulier, la gammagraphie constituent, en raison de leurs enjeux de radioprotection, des secteurs prioritaires de contrôle par l'ASN. L'ASN constate que les entreprises ont, dans leur grande majorité, maintenu la rigueur nécessaire pour respecter les obligations réglementaires relatives à l'organisation de la radioprotection, à la formation et au suivi dosimétrique des travailleurs, au recours à des opérateurs disposant du certificat d'aptitude à manipuler les appareils de radiologie industrielle (CAMARI) requis et à la maintenance des appareils de gammagraphie. Cependant, un effort conséquent reste toujours à mener par un nombre significatif d'entreprises pour définir correctement le programme des vérifications exigées par le code du travail, le mettre en œuvre, corriger les éventuelles non-conformités relevées à cette occasion et assurer la traçabilité des corrections apportées. Si les risques d'incidents et les doses reçues par les travailleurs sont globalement bien maîtrisés par les exploitants lorsque cette activité est réalisée dans une casemate conforme à la réglementation applicable, l'ASN juge toujours préoccupants les défauts observés en matière de signalisation de la zone d'opération lors des chantiers, même si une légère amélioration est observée chaque année depuis 2022. L'ASN souligne que le manque de préparation et de coopération, en amont des chantiers, entre les donneurs d'ordre et les entreprises de radiographie est fréquemment une des causes de ces écarts. Des progrès sont en particulier nécessaires sur le contenu des plans de prévention, la connaissance et la mise en œuvre des dispositions qui y figurent. L'ASN estime, plus généralement, que les donneurs d'ordre devraient privilégier, lorsque c'est possible, les prestations de radiographie industrielle dans des casemates et non sur chantier. Comme l'a rappelé l'événement survenu à Colmar au printemps 2024, les répercussions d'un incident de nature radiologique (impossibilité de ramener la source radioactive en position de sécurité dans le gammagraphe) sont souvent considérables compte tenu des précautions à prendre pour le gérer. Lorsque le contrôle radiographique a lieu en casemate, de tels incidents ont des conséquences beaucoup plus limitées, sous réserve qu'il soit détecté avant qu'une personne n'entre dans la casemate et s'approche de la

1. *SimpleRad – EANM EARL – Research4Life : earl.eanm.org/simplerad/*

source radioactive. À cet égard, dans près d'une inspection sur trois en 2024 (casemates et chantiers), les opérateurs n'ont pas correctement utilisé leur radiamètre pour confirmer que la source radioactive était effectivement en position de sécurité et cela dès la phase d'approche du gammagraphe.

Dans les autres secteurs prioritaires de contrôle pour l'ASN du domaine industriel (**les irradiateurs industriels, les accélérateurs de particules dont les cyclotrons, les fournisseurs de sources radioactives et d'appareils en contenant**), l'état de la radioprotection est jugé globalement satisfaisant. En ce qui concerne les fournisseurs, l'ASN estime que l'anticipation des actions liées à l'approche de la durée administrative de reprise des sources (dix ans par défaut), l'information des acquéreurs sur les modalités futures de reprise des sources, ainsi que les contrôles avant livraison d'une source à un client sont des domaines où les pratiques ont progressé par rapport à 2023 mais doivent encore s'améliorer.

Quant aux distributeurs d'accélérateurs ou d'appareils électriques émettant des rayonnements ionisants, les outils de suivi qu'ils ont mis en place pour recenser les appareils distribués et leurs acquéreurs sont souvent à renforcer, afin de ne pas compromettre d'éventuelles actions de rappel ou de retour d'expérience.

Les actions engagées depuis plusieurs années par les exploitants continuent d'améliorer la radioprotection au sein **des laboratoires de recherche**, même si un essoufflement semble apparaître. La prise en compte de la radioprotection repose largement sur l'implication des CRP et dépend des moyens mis à leur disposition, étant précisé que les enjeux de radioprotection de nombreux laboratoires de recherche sont plutôt faibles ou tendent à diminuer en raison du recours à des techniques alternatives aux rayonnements ionisants. Les conditions d'entreposage et d'élimination des déchets et des effluents restent les principales difficultés rencontrées par les unités de recherche ou les universités, y compris pour ce qui concerne la réalisation et la traçabilité des contrôles avant élimination, la reprise des sources radioactives scellées inutilisées « historiques » ou l'évacuation régulière des déchets radioactifs entreposés. Sur ces derniers points, le manque d'anticipation des financements nécessaires à la prise en charge des sources ou déchets « historiques », et le cas échéant à leur caractérisation préalable, est souvent observé. En 2024, deux événements significatifs – correctement gérés – ont rappelé la vigilance qu'il convient d'avoir à l'occasion de la maintenance d'accélérateurs de particules ou d'évolutions des conditions de leur mise en œuvre. Enfin, les établissements ont toujours des difficultés à s'approprier et à mettre correctement en œuvre les vérifications des équipements, des lieux de travail et de l'instrumentation, résultant de l'évolution des codes du travail et de la santé publique de 2018, en particulier dans le cas des unités mixtes de recherche.

En ce qui concerne **les utilisations vétérinaires des rayonnements ionisants**, l'ASN constate le résultat des efforts fournis par les instances vétérinaires depuis plusieurs années pour se conformer à la réglementation, notamment dans les activités de radiologie conventionnelle sur des animaux de compagnie. Pour les pratiques liées aux grands animaux, tels que les chevaux, ou réalisées hors des établissements vétérinaires, l'ASN estime que la mise en place du zonage radiologique et la prise en compte de la radioprotection des personnes extérieures à l'établissement vétérinaire qui participent à la réalisation de la radiographie constituent des points de vigilance.

Il existe cependant de rares cas de structures vétérinaires présentant une organisation de la radioprotection très insatisfaisante, ce qui peut amener l'ASN à prendre, lorsque la pédagogie ne suffit plus, des mesures plus contraignantes, voire coercitives.

Par ailleurs, l'externalisation croissante de la fonction de PCR avec un recours massif à des OCR externes aux établissements, ne doit pas déresponsabiliser les vétérinaires qui restent les premiers responsables du niveau de radioprotection de leur établissement.

LA PROTECTION DES SOURCES DE RAYONNEMENTS CONTRE LES ACTES DE MALVEILLANCE

Les inspections menées par l'ASN montrent que les exploitants mettent progressivement en place, plus particulièrement lorsque des sources radioactives de haute activité ou des lots de sources équivalents sont mis en œuvre, les dispositions nécessaires au respect des exigences fixées par l'arrêté du 29 novembre 2019.

Ainsi, sur la base des inspections réalisées en 2024 :
• la catégorisation des sources – étape indispensable pour identifier les exigences applicables et mettre en œuvre une approche proportionnée aux risques – a été réalisée pour la très grande majorité des établissements ;
• la politique de protection des sources, portée par la direction générale de l'établissement et soutenant les actions concrètes à mettre en œuvre, n'appelle pas d'observation de l'ASN dans les deux-tiers des établissements industriels et la moitié des établissements médicaux, ce qui constitue un progrès par rapport aux années précédentes ;
• si tous les établissements contrôlés ont mis en place des dispositions pour protéger les sources, un peu plus de la moitié des établissements industriels ont formellement identifié les barrières physiques assurant cette protection ou justifié qu'elles apportaient une résistance à l'effraction suffisante. En revanche, seuls 20 % des établissements médicaux avaient mené cette analyse, ce qui constitue une dégradation par rapport aux résultats des inspections menées en 2023 ;
• dans un tiers des établissements industriels et dans la moitié des établissements médicaux, aucun programme de maintenance préventive n'est défini pour les équipements destinés à détecter des intrusions. En outre, lorsqu'un programme existe, il n'est correctement mis en œuvre que dans moins de la moitié des établissements ;
• la délivrance des autorisations nominatives d'accès aux sources ne progresse guère et reste encore à mettre en place dans près de la moitié des établissements ;
• la moitié des établissements industriels ne met pas en œuvre de dispositions visant à identifier et protéger les informations sensibles relatives à la sécurité des sources. Le constat est moins sévère pour les établissements médicaux, puisque seul un tiers d'entre eux sont dans cette situation, ce qui constitue une nette amélioration par rapport à 2023.

Le respect des exigences imposées pour la protection des sources contre les actes de malveillance nécessite le plus souvent des modifications des installations et des changements organisationnels et humains, dont le coût peut être important au regard des ressources de l'établissement. Ainsi, dans le secteur de la gammagraphie, l'ASN constate que les exigences de protection des sources contre la malveillance ont parfois conduit l'exploitant à fermer certains établissements ou agences pour éviter une mise à niveau, avec pour conséquence des contraintes opérationnelles accrues, notamment un allongement des temps de trajet vers les lieux de réalisation des contrôles non destructifs.

L'ASN invite les entreprises de gammagraphie à mieux prendre en compte cette question lors de leurs réponses aux appels d'offre et de la préparation des interventions. Elle rappelle par ailleurs la responsabilité des donneurs d'ordre de veiller à assurer des conditions de réalisation conformes pour les contrôles qu'elles commandent.

Au global, qu'il s'agisse du domaine industriel ou médical, l'ASN estime que des progrès notables sont encore nécessaires. L'ASNR poursuivra en 2025 ses actions de sensibilisation et de contrôle des exploitants sur ces sujets.

LE TRANSPORT DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Le transport de substances radioactives (TSR) implique de nombreux acteurs, les transporteurs bien évidemment, mais également les expéditeurs, les concepteurs et fabricants de colis, etc. La grande majorité des transports est liée aux besoins de l'industrie non nucléaire, du secteur médical ou de la recherche.

En 2024, l'ASN estime que la sûreté du TSR est, comme pour les années précédentes, globalement satisfaisante. Si des incidents, routiers en majorité, ont affecté quelques transports, ils sont à rapporter aux 770 000 transports réalisés chaque année.

Le nombre d'événements significatifs relatifs au TSR sur la voie publique est en augmentation par rapport à 2023, avec une poignée d'événements classés au niveau 1 de l'échelle INES. Cette augmentation résulte très majoritairement d'événements classés au niveau 0 de l'échelle INES, avec 16 événements de plus qu'en 2023. Cette augmentation traduit une prise de conscience croissante des exploitants de l'intérêt de déclarer un événement significatif. En 2024, près d'un quart des événements significatifs déclarés à l'ASN concerne le transport routier de produits radiopharmaceutiques, même si cette proportion diminue ces dernières années ; une légère recrudescence des événements concernant le transport de gammagraphes est également observée.

Au global, les événements consistent essentiellement en :
- des non-conformités matérielles affectant un colis (détérioration de l'emballage notamment) ou son arrimage au moyen de transport, qui conduisent à affaiblir la résistance du colis (qu'un accident survienne ou pas). Ces cas ne concernent pas les transports de combustibles usés ou de déchets hautement radioactifs, et touchent essentiellement les transports liés aux activités nucléaires de proximité ;
- des dépassements, le plus souvent faibles, des limites fixées par la réglementation pour les débits de dose ou la contamination d'un colis ;
- des erreurs ou oublis d'étiquetage de colis, essentiellement pour des transports liés aux activités nucléaires de proximité ;
- des erreurs de livraison de produits radiopharmaceutiques. Ces produits étant souvent similaires d'un service hospitalier à un autre, ils ont pu pour la plupart être utilisés sans incidence sur la prise en charge des patients.

Les inspections menées par l'ASN relèvent également fréquemment de tels écarts. Une plus grande rigueur au quotidien reste donc attendue tant de la part des expéditeurs que des transporteurs.

En ce qui concerne **les transports liés aux installations nucléaires de base** (INB), l'ASN constate que les exploitants effectuent de nombreux contrôles et, de ce fait, détectent mieux d'éventuels écarts. L'arrimage des colis, la propreté radiologique des colis de combustible usé, ainsi que le serrage des vis des colis, demeurent des points de vigilance, particulièrement chez EDF. Pour les INB réalisant des programmes de recherche, l'ASN estime que les expéditeurs doivent encore améliorer les dispositions visant à démontrer que le contenu réellement chargé dans l'emballage est conforme aux spécifications des certificats d'agrément des modèles de colis et aux dossiers de sûreté correspondants, notamment lorsque cette démonstration est réalisée par une entreprise tierce. Par ailleurs, à l'usine de La Hague, Orano Recyclage a renforcé la sûreté des transports internes réalisés au moyen d'enceintes mobiles d'évacuation de matériel (EMEM) à operculaire, colis permettant le transport d'échantillons, d'équipements ou des déchets technologiques irradiants, en ajoutant une protection mécanique et en mettant en œuvre une nouvelle remorque de transport.

En ce qui concerne **les transports liés aux activités nucléaires de proximité**, les inspections de l'ASN confirment des disparités significatives d'un opérateur de transport à l'autre. Les écarts les plus fréquemment relevés portent sur le contenu et la mise en œuvre réelle du programme de radioprotection des travailleurs, sur le système de gestion de la qualité ou sur le respect effectif des procédures mises en place. Ainsi, les contrôles à mener avant l'expédition d'un colis doivent être améliorés. Par exemple, les inspections portant sur le transport de gammagraphes mettent régulièrement en lumière un calage ou un arrimage inapproprié.

Alors que les utilisations de radionucléides dans le secteur médical sont à l'origine d'un flux élevé de transports, la connaissance de la réglementation applicable à ces transports et les dispositions mises en place par certains centres hospitaliers ou centres de médecine nucléaire pour les expéditions et réceptions de colis doivent encore progresser. Les SMQ restent encore à formaliser et à déployer, notamment en ce qui concerne les responsabilités de chacun des personnels impliqués. L'ASN estime que la radioprotection des transporteurs de produits radiopharmaceutiques, qui sont notablement plus exposés que la moyenne des travailleurs, reste un point de vigilance.

Pour les transports effectués avec des colis ne nécessitant pas un agrément de l'ASN, des progrès continuent d'être constatés par rapport aux années précédentes, ainsi qu'une meilleure prise en compte des recommandations formulées dans le Guide n°7 de l'ASN (tome 3). Les améliorations encore attendues portent généralement sur la description des contenus autorisés par type d'emballage, sur la démonstration de l'absence de perte ou de dispersion du contenu radioactif en conditions normales de transport, ainsi que sur l'impossibilité de dépasser les limites de débit de dose applicables avec le contenu maximal autorisé.

Enfin, l'ASN souligne que le TSR peut être un facteur limitant pour certains projets concernant tant les INB que les activités nucléaires de proximité (par exemple, le transport de cibles irradiées nécessaires aux applications médicales). Au titre de l'anticipation, l'ASN appelle donc à la vigilance des exploitants sur la disponibilité des emballages, en nombre suffisant le cas échéant, et sur l'existence d'autres modèles de colis qui pourraient remplacer les emballages habituellement utilisés en cas de problème les affectant.

Actualités réglementaires

L'année 2024 a été marquée par la publication de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire et de la plupart de ses textes d'application.

Elle a également vu aboutir un certain nombre de textes importants, en particulier un décret d'application de la loi n° 2023-491 du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes et des textes relatifs à la protection contre les risques dus aux rayonnements ionisants et à la prévention du risque radon.

Cette année a également vu se poursuivre les travaux relatifs à la révision de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (dit « arrêté INB »).

Les actualités nationales

Les lois et les ordonnances

• **Loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire**

Cette loi s'inscrit dans la ligne du discours de Belfort du président de la République, du 10 février 2022, qui a souligné la nécessité de sortir des énergies fossiles par une baisse de la consommation d'énergie, ainsi que par l'accélération massive dans la production d'énergie décarbonée, en particulier d'énergie électrique : les énergies renouvelables, qui ont fait l'objet d'une loi dédiée (loi n° 2023-175 du 10 mars 2023), et l'énergie nucléaire, avec notamment la création de six nouveaux réacteurs à eau pressurisée (*Evolutionary Power Reactor* – EPR) à l'horizon 2035.

L'adoption le 22 juin 2023 de la loi n° 2023-491 d'accélération des procédures administratives va permettre de simplifier et d'accélérer la mise en œuvre de projets de construction de nouveaux réacteurs électronucléaires en France à proximité de sites nucléaires existants (construction des futurs EPR 2 sur les sites de Penly, de Gravelines et du Bugey).

Au regard des enjeux précités qui vont mettre fortement sous tension les autorités publiques compétentes et afin de maintenir l'excellence du contrôle en sûreté et en radioprotection dans le futur, le Gouvernement a souhaité mener une réorganisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection afin de répondre, aussi bien en matière de niveau de sûreté que de rythme de charge, à la relance inédite du nucléaire.

Cette évolution prévue par la loi n° 2024-450 repose sur la mise en place d'une autorité indépendante de sûreté nucléaire civile et de radioprotection : l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), réunissant les activités de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), sous le statut d'autorité administrative indépendante.

L'ASNR intégrera l'ensemble des activités qui concourent à l'établissement d'un contrôle performant et de décisions robustes, actuellement réparties entre l'ASN et l'IRSN : recherche de renommée internationale, expertises généralistes et spécialisées, inspection des installations et connaissance du terrain, contribution à l'élaboration de la réglementation, pouvoirs de coercition et de sanction, gestion des situations d'urgence, surveillance de l'environnement et information du public. Au surplus, comme dans le système antérieur, l'ASNR pourra s'appuyer sur des groupes permanents d'experts propices à la confrontation des points de vue.

Certaines dispositions de la loi appellent des décrets d'application et l'adoption du règlement intérieur de l'ASNR, en cours d'élaboration ou d'ores et déjà parus.

• **Loi organique n° 2024-448 du 21 mai 2024 modifiant la loi organique n° 2010-837 du 23 juillet 2010 relative à l'application du cinquième alinéa de l'article 13 de la Constitution**

Cette loi tire les conséquences de la fusion de l'ASN et de l'IRSN sous le statut d'une autorité administrative indépendante (AAI) et définit les modalités de désignation du président de l'ASNR, dans la continuité des modalités existantes pour la désignation du président de l'ASN et du directeur général de l'IRSN. Elle prévoit ainsi que cette nomination est exercée par le président de la République dans les conditions fixées au cinquième alinéa de l'article 13 de la Constitution c'est-à-dire *« après avis public de la commission permanente compétente de chaque assemblée »*. La loi organique n° 2024-448 modifie dès lors le tableau annexé à la loi organique n° 2010-837 du 23 juillet 2010 relative à l'application du cinquième alinéa de l'article 13 de la Constitution pour, d'une part, y compléter la mention de la présidence de l'Autorité de sûreté nucléaire, qui devient l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection, et, d'autre part, y supprimer la mention de la direction générale de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

Les décrets et les arrêtés

• **Décret n° 2023-1261 du 26 décembre 2023 précisant les catégories d'opérations liées à la réalisation de réacteurs électronucléaires pouvant être engagées à compter de la délivrance de l'autorisation environnementale**

Ce décret, pris en application des dispositions du III de l'article 11 de la loi n° 2023-491 du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes, précise les opérations liées à la réalisation d'un réacteur électronucléaire entre celles qui ne peuvent être exécutées qu'après délivrance de l'autorisation de création et celles qui peuvent être engagées à compter de la date de délivrance de l'autorisation environnementale.

• **Décret n° 2024-296 du 29 mars 2024 définissant la notion de proximité immédiate dans le cadre des mesures d'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et portant diverses adaptations procédurales**

Ce décret définit la notion de proximité immédiate qui figure à l'article 7 de la loi n° 2023-491 du 22 juin 2023 relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes, et précise le cadre des modifications de l'autorisation environnementale après la délivrance de l'autorisation de création du réacteur électronucléaire en application des dispositions de l'article 11 de la même loi.

• **Décret n° 2024-758 du 6 juillet 2024 relatif à la prime d'accompagnement des fonctionnaires à la création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection**

Ce décret institue une prime d'accompagnement à la création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection, pour les fonctionnaires en position d'activité ou de détachement au sein de l'Autorité de sûreté nucléaire au 1er novembre 2024. Il en précise les conditions et modalités de versement.

• **Décret n° 2024-1103 du 3 décembre 2024 pris en application des dispositions de l'article 14 de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire**

La loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire a créé une nouvelle autorité administrative indépendante : l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), qui se substitue au 1er janvier 2025 à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Ce décret vise à définir les modalités de fonctionnement des instances de dialogue social au sein de l'ASNR durant la période transitoire, avant la constitution du comité social d'administration (CSA) de l'ASNR, qui interviendra au plus tard le 31 mars 2026.

• **Décret n° 2024-1135 du 4 décembre 2024 relatif aux qualifications et à la formation des pharmaciens utilisant des médicaments radiopharmaceutiques ou des dispositifs médicaux implantables actifs, en sources non scellées, émetteurs de rayonnements ionisants**

Ce décret vise à encadrer les conditions d'accès à l'activité de radiopharmacien (pharmaciens exerçant dans le cadre des activités de médecine nucléaire autorisées), par insertion d'une nouvelle disposition réglementaire dans le code de la santé publique, renvoyant à un arrêté le soin de définir les diplômes et niveaux de qualification ou d'expérience conditionnant cet accès.

• **Décret n° 2024-1186 du 19 décembre 2024 relatif aux transferts de contrats de travail et aux mises à disposition prévus par les II et III de l'article 11 de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection**

Ce décret concerne les salariés de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) exerçant, au 31 décembre 2024, des missions au sein de la direction de l'expertise nucléaire de défense de l'Institut ou des missions relatives à la fourniture et à l'exploitation de dosimètres à lecture différée. Il est pris pour l'application des II et III de l'article 11 de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, et précise les modalités du transfert des contrats de travail des salariés précités au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives et les modalités de la mise à disposition de certains d'entre eux auprès du ministère des Armées.

• **Décret n° 2024-1194 du 19 décembre 2024 portant modification de divers textes pour tirer les conséquences de la création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection**

La loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire a créé une nouvelle autorité administrative indépendante, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), qui se substitue au 1er janvier 2025 à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), pour l'exercice des activités de contrôle, d'expertise et de recherche en matière de sûreté nucléaire des installations civiles et de radioprotection. Le décret assure les mises à jour nécessaires dans le code de l'environnement, le code de justice administrative, le code des transports, le code de la sécurité intérieure, ainsi que dans les décrets en vigueur, pour tenir compte du remplacement de l'ASN et de l'IRSN par l'ASNR et de la coexistence, au sein de cette nouvelle entité, de personnels de droit public et de droit privé.

• **Décret n° 2024-1203 du 23 décembre 2024 relatif au transfert des biens, droits et obligations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire à l'État et au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives et modifiant les activités de ce dernier**

Ce décret organise le transfert des biens, droits et obligations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire à l'État et au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives et les conditions juridiques de cette dévolution. Ce texte précise également les modalités d'élaboration, d'arrêt et d'approbation du compte financier de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire pour l'exercice 2024.

• **Décret n° 2024-1238 du 30 décembre 2024 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants**

La création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) au 1er janvier 2025 nécessite de modifier tous les articles du code du travail qui mentionnent l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) pour le remplacer par l'ASNR, à l'exception des activités de dosimétrie à lecture différée reprises par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives. Outre la substitution des noms d'IRSN et d'ASN par celui de l'ASNR, il est nécessaire de faire évoluer certains dispositifs en lien avec ces missions pour tenir compte du statut d'autorité administrative indépendante de la nouvelle entité et de la réunion au sein d'une même entité d'activités de contrôle, d'expertise et de fourniture de prestations faisant l'objet d'une rémunération pour services rendus à des tiers. Par ailleurs, ce décret crée la « zone de sécurité radiologique » pour des situations particulières et clarifie la démarche de prévention du risque d'exposition professionnelle au radon provenant du sol. Enfin, ce décret opère la transformation des certificats de conseillers en radioprotection (CRP) et de certificats d'aptitude à la manipulation d'appareils de radiologie industrielle (CAMARI) en certifications professionnelles en cohérence avec le droit commun de la formation professionnelle tel qu'issu de la loi n° 2018-771 du 5 septembre 2018 pour la liberté de choisir son avenir professionnel. Il parachève également la reconnaissance du système d'experts et d'opérationnels de la radioprotection exigée par la directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013.

• **Décret n° 2024-1240 du 30 décembre 2024 modifiant diverses dispositions réglementaires relatives à la protection contre les rayonnements ionisants**

Ce décret tire les conséquences de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire, en modifiant des dispositions du code de la santé publique et de textes réglementaires non codifiés. Il a notamment pour objet de remplacer les anciennes dénominations de l'Autorité de sûreté nucléaire et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire par la nouvelle dénomination d'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection.

• **Décret n° 2024-1241 du 30 décembre 2024 relatif aux conditions d'exercice d'activités rémunérées par les services de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection et aux procédures d'homologation de décisions réglementaires à caractère technique prises par cette autorité**

Ce décret précise les conditions dans lesquelles les services de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection peuvent exercer les activités prévues à l'article L. 592-14-2 du code de l'environnement, les procédures d'homologation de certaines décisions prévues à l'article L. 592-20 du même code, ainsi que les conditions dans lesquelles les résultats des programmes de recherche prévus à l'article L. 592-28-2 du même code peuvent être valorisés.

• **Décret n° 2024-1278 du 31 décembre 2024 relatif à la rémunération et à la compensation horaire des astreintes et des interventions au sein de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection**

L'Autorité de sûreté nucléaire et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) disposaient de deux dispositifs d'astreinte et de situation d'urgence. La création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection au 1er janvier 2025 nécessite de modifier les textes régissant l'astreinte, applicables uniquement aux agents de droit public, pour permettre le fonctionnement d'un dispositif d'astreinte unique, reposant sur des agents de droit public et des agents de droit privé, ces derniers étant régis par les conventions collectives actuelles de l'IRSN.

Les évolutions proposées visent également à permettre l'harmonisation du montant des indemnités perçues par les agents de droit public et de droit privé, comme prévu dans l'article 10 de la loi du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire.

• **Arrêté du 14 mai 2024 relatif à la protection des sources de rayonnements ionisants contre les actes de malveillance pour le périmètre de responsabilité du ministre des Armées**

Afin de tenir compte de l'organisation et des modalités de fonctionnement propres au ministère des Armées, cet arrêté adapte plusieurs dispositions de l'arrêté du 29 novembre 2019 modifié, relatif à la protection des sources de rayonnements ionisants et lots de sources radioactives de catégories A, B, C et D contre les actes de malveillance. Il reprend de nombreuses dispositions de l'arrêté du 29 novembre 2019 susvisé, adoptant ainsi une approche proportionnée aux enjeux et apportant une cohérence entre les exigences applicables, que les sources de rayonnements ionisants soient détenues, utilisées ou transportées dans le cadre d'activités nucléaires civiles ou militaires.

• **Arrêté du 15 mai 2024 relatif à la démarche de prévention du risque radon et à la mise en place d'une zone radon et des vérifications associées dans le cadre du dispositif renforcé pour la protection des travailleurs**

Cet arrêté est pris en application de l'article R. 4451-34 du code du travail pour fixer les modalités et conditions spécifiques au radon provenant du sol (radon généré directement par les roches du sol ou secondairement par l'eau circulant dans ces roches ou les matériaux extraits de ces roches) de mise en œuvre de la « zone radon » mentionnée à l'article R. 4451-23 du code du travail et des conditions techniques pour rendre intermittente cette zone. Il précise aussi certaines dispositions pour la démarche de prévention et de réduction du risque, ainsi que la mise en œuvre du dispositif renforcé pour la prévention du risque radon. Le radon anthropique résultant d'une activité professionnelle (procédés industriels, résidus, déchets, etc.) ne fait pas l'objet du présent texte.

• **Arrêté du 6 août 2024 relatif à la formation des médecins du travail et des autres professionnels de santé au travail assurant le suivi individuel renforcé d'un travailleur exposé aux rayonnements ionisants et aux conditions de délivrance de l'agrément complémentaire des services de santé au travail**

Cet arrêté est pris en application des articles R. 4451-85 et R. 4451-86 du code du travail pour fixer les modalités et contenus de la formation spécifique et des modules complémentaires nécessaires aux professionnels de santé au travail mentionnés au premier alinéa du I de l'article L. 4624-1 du code du travail pour permettre l'agrément complémentaire des divers types de services de santé au travail pour effectuer le suivi individuel renforcé prévu à l'article R. 4451-82 du même code et à l'article R. 717-16 du code rural et de la pêche maritime.

• **Arrêté du 10 décembre 2024 désignant l'opération de restructuration au sein de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire ouvrant droit aux dispositifs indemnitaires et d'accompagnement des agents**

Cet arrêté est relatif à la réorganisation de l'agence comptable de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

• **Arrêté du 31 décembre 2024 relatif au transfert des biens, droits et obligations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire**

Cet arrêté est pris en application de l'article 9 de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire.

En application des dispositions du décret n° 2024-1264 du 31 décembre 2024 relatif à l'entrée en vigueur immédiate d'arrêtés, l'arrêté du 31 décembre 2024 entre en vigueur immédiatement à compter de sa publication au *Journal Officiel de la République française*, soit le 1er janvier 2025.

• **Modification de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (dit « arrêté INB »)**

Les travaux de révision de cet arrêté se sont poursuivis en 2024.

Les décisions de l'ASN

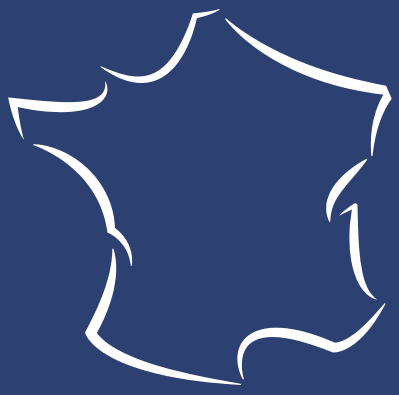
Les installations nucléaires de base

Rappel d'une décision prise en 2023 (figurant dans le rapport annuel 2023), mais homologuée en 2024 :

• **Décision n° 2023-DC-0770 de l'ASN du 7 novembre 2023 modifiant la décision n° 2017-DC-0616 de l'ASN du 30 novembre 2017 relative aux modifications notables des installations nucléaires de base *(homologuée par l'arrêté du 9 février 2024 portant homologation de la décision n° 2023-DC-0770 de l'ASN du 7 novembre 2023 modifiant la décision n° 2017-DC-0616 de l'ASN du 30 novembre 2017 relative aux modifications notables des installations nucléaires de base)***

Cette décision définit les exigences applicables aux modifications notables mises en œuvre pendant la phase de construction d'une installation nucléaire de base. En effet, avant cette modification, la décision n° 2017-DC-0616 n'était applicable qu'aux modifications mises en œuvre après la mise en service des installations.

En particulier, cette décision définit la liste des modifications soumises à déclaration pendant la phase de construction et celles soumises à l'autorisation de l'ASN. Elle adapte également certains des critères d'entrée dans le régime de déclaration, pour prendre en compte le retour d'expérience de l'application de la décision n° 2017-DC-0616 depuis son entrée en vigueur le 1er juillet 2019.



Le panorama régional

de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) dispose de **11 divisions territoriales** lui permettant d'exercer ses missions de contrôle sur l'ensemble du territoire métropolitain et dans les départements et régions d'outre-mer.

Plusieurs divisions de l'ASN peuvent être amenées à intervenir de manière coordonnée dans une même région administrative.

Au 31 décembre 2024, les divisions territoriales de l'ASN comprennent 222 agents, dont 168 inspecteurs.

Les divisions territoriales de l'ASN mettent en œuvre, sous l'autorité des délégués territoriaux (*voir chapitre 2*), les missions de contrôle de terrain des installations nucléaires de base (INB), des transports de substances radioactives (TSR) et des activités nucléaires de proximité ; elles instruisent la majorité des demandes d'autorisation déposées auprès de l'ASN par les responsables d'activités nucléaires (RAN) exercées sur leur territoire. Elles contrôlent, pour ces activités et dans ces installations, l'application de la réglementation relative à la sûreté nucléaire, à la radioprotection, aux équipements sous pression (ESP), ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Elles assurent l'inspection du travail dans les centrales nucléaires.

En situation d'urgence radiologique, les divisions de l'ASN contrôlent les dispositions prises par l'exploitant sur le site pour mettre l'installation en sûreté et assistent le préfet de département, responsable de la protection des populations. Dans le cadre de la préparation à ces situations, elles participent à l'élaboration des plans d'urgence établis par les préfets et aux exercices périodiques.

Les divisions de l'ASN contribuent à la mission d'information du public. Elles participent, par exemple, aux réunions des commissions locales d'information (CLI) des INB et entretiennent des relations régulières avec les médias locaux, les élus, les associations, les exploitants et les administrations locales.

Cette partie présente l'action de contrôle de l'ASN dans chaque région et son appréciation de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Les actions d'information du public et les relations transfrontalières sont évoquées respectivement dans les chapitres 5 et 6.

IMPORTANT

Le contrôle des activités nucléaires de proximité (médical, recherche et industrie, transport) est présenté dans les chapitres 7, 8 et 9.

Domaine médical
Chapitre 07

Domaine recherche et industrie
Chapitre 08

Domaine transport
Chapitre 09

- Auvergne-Rhône-Alpes p. 38
- Bourgogne-Franche-Comté p. 47
- Bretagne p. 48
- Centre-Val de Loire p. 50
- Corse p. 56
- Départements et régions d'outre-mer p. 57
- Grand Est p. 58
- Hauts-de-France p. 62
- Île-de-France p. 64
- Normandie p. 72
- Nouvelle-Aquitaine p. 81
- Occitanie p. 83
- Pays de la Loire p. 88
- Provence-Alpes-Côte d'Azur p. 89

Auvergne-Rhône-Alpes

La division de Lyon contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 12 départements de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

339 inspections

23 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 339 inspections dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, dont 115 dans les centrales nucléaires du Bugey, de Saint-Alban, de Cruas-Meysse et du Tricastin, 100 dans les usines, les installations de recherche et les sites en démantèlement, 89 dans le nucléaire de proximité, 15 dans le domaine du transport de substances radioactives (TSR) et 20 concernant les organismes et laboratoires agréés par l'ASN.

L'ASN a par ailleurs réalisé 22 journées d'inspection du travail, dans les quatre centrales nucléaires et sur le site de Creys-Malville.

En 2024, 21 événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) ont été déclarés à l'ASN, dont 19 survenus dans les installations nucléaires de base (INB) et deux dans le nucléaire de proximité.

Par ailleurs, un événement significatif pour la radioprotection survenu sur la centrale nucléaire du Tricastin a été classé au niveau 2 de l'échelle INES et un événement, relatif à l'irradiation par erreur d'une zone saine lors du traitement d'un patient par radiothérapie, a été classé au niveau 2 de l'échelle ASN-SFRO (échelle spécifique pour les événements de radioprotection affectant des patients dans le cadre d'une procédure de radiothérapie).

Enfin, dans le cadre de leurs missions de contrôle, les inspecteurs de l'ASN ont dressé un procès-verbal relatif aux conditions de prévention des risques liés aux rayonnements ionisants pour les travailleurs d'une entreprise de radiographie industrielle. Dans le cadre de la même inspection, un signalement, au titre de l'article 40 du code de procédure pénale et relatif à une potentielle tromperie sur une prestation de service, a été adressé au procureur de la République.

Site du Bugey

Le site industriel du Bugey comprend diverses installations, dont la centrale nucléaire du Bugey, exploitée par EDF dans le département de l'Ain sur le territoire de la commune de Saint-Vulbas à 35 km à l'est de Lyon. Elle est constituée de quatre réacteurs à eau sous pression (REP) d'une puissance de 900 mégawatts électriques (MWe) chacun, mis en service en 1978 et 1979. Les réacteurs 2 et 3 constituent l'INB 78, les réacteurs 4 et 5 constituent l'INB 89.

Le site comprend également un réacteur de la filière uranium naturel-graphite-gaz (UNGG), Bugey 1, mis en service en 1972 et arrêté en 1994, actuellement en cours de démantèlement, ainsi que l'Installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés (Iceda) et le Magasin interrégional (MIR) d'entreposage du combustible.

Enfin, le site dispose d'une des bases régionales de la Force d'action rapide du nucléaire (FARN), force spéciale d'intervention créée en 2011 par EDF, à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima au Japon. Son objectif est d'intervenir, en situation pré-accidentelle ou accidentelle, sur n'importe quelle centrale nucléaire en France, en apportant des renforts humains et des moyens matériels de secours.

Centrale nucléaire du Bugey

Réacteurs 2, 3, 4 et 5 en fonctionnement

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire du Bugey en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement rejoignent l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN relève que les installations ont été exploitées et maintenues de façon assez satisfaisante dans le contexte d'un programme industriel particulièrement chargé. La quatrième visite décennale du réacteur 3, la dernière du site, a subi de nombreux aléas et sa durée a été notablement prolongée. La gestion des équipements sous pression (ESP) est notamment un domaine présentant des fragilités, l'ASN ayant relevé plusieurs écarts au cours de l'année 2024, particulièrement au cours de cette quatrième visite décennale. La mise en configuration des circuits, la gestion des essais périodiques et des essais de requalification font l'objet depuis 2023 de plans d'amélioration de la part d'EDF, qui doivent être poursuivis. Néanmoins, la tenue des installations, la démarche de prévention du risque d'introduction de corps migrant et la gestion du risque incendie sont des domaines dans lesquels l'ASN a relevé des améliorations par rapport aux années précédentes.

En matière de radioprotection, l'ASN estime que les performances de la centrale nucléaire sont en amélioration et rejoignent désormais l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF. Si l'exposition des travailleurs est maîtrisée, l'ASN note cependant toujours des fragilités en matière de culture de radioprotection des intervenants. Des améliorations sont également attendues dans le suivi des outils de mesure de la radioprotection mis à disposition des travailleurs, ainsi que dans le balisage des zones contaminées ou risquant de l'être.

En matière de protection de l'environnement, l'ASN estime également que les performances de la centrale se sont améliorées et rejoignent désormais l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF. Des problématiques d'inétanchéité de rétentions, ayant conduit en 2023 à des contournements des voies normales de rejets sans atteinte à l'environnement, sont toujours en attente de traitement pérenne. L'ASN considère que la gestion des déchets se maintient à un niveau satisfaisant ; néanmoins, le site doit poursuivre les actions engagées sur la gestion des entreposages.

En matière de santé et de sécurité au travail, l'ASN considère que les résultats du site sont satisfaisants malgré le programme industriel chargé. Des actions appropriées ont été mises en place de manière réactive pour tenir compte de l'accidentologie au cours de l'année. Toutefois, l'ASN relève un point de vigilance vis-à-vis des risques liés aux activités de levage.

Réacteur 1 en démantèlement

Bugey 1 est un réacteur de la filière UNGG. Ce réacteur de première génération, qui fonctionnait avec de l'uranium naturel comme combustible, utilisait le graphite comme modérateur et était refroidi au gaz.

Les opérations de démantèlement de l'installation ont été autorisées par décret en 2008, mais EDF a demandé en 2022 sa modification pour prendre en compte un changement complet de stratégie de démantèlement sur les réacteurs de ce type. Cette demande est en cours d'instruction par l'ASN.

En 2024, EDF a poursuivi les opérations de démantèlement des bâtiments, équipements et circuits qui ne sont pas nécessaires au démantèlement du caisson réacteur, en application de la décision n° CODEP-CLG-2020-021253 du président de l'ASN du 3 mars 2020. Ces travaux sont aujourd'hui achevés, à l'exception de certaines démolitions de structures et de la mise hors service et du démantèlement de la station de traitement des effluents d'origine de l'installation, dans l'attente de la fin des essais de mise en service de l'installation neuve construite entre 2022 et 2024 pour la remplacer. En parallèle, l'exploitant a également continué l'aménagement de l'installation en vue des opérations futures, notamment en adaptant certains circuits de ventilation et en aménageant un atelier de tri et de conditionnement des déchets.

L'ASN considère que les opérations de démantèlement du réacteur Bugey 1 se déroulent dans des conditions de sûreté et de radioprotection satisfaisantes. En matière de radioprotection des travailleurs, l'exploitant devra néanmoins poursuivre ses actions visant à maîtriser le risque d'exposition interne par des radioéléments émetteurs alpha.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des centrales nucléaires exploitées par EDF :**
  - Bugey (4 réacteurs de 900 MWe),
  - Cruas-Meysse (4 réacteurs de 900 MWe),
  - Saint-Alban (2 réacteurs de 1 300 MWe),
  - Tricastin (4 réacteurs de 900 MWe) ;
- **les usines de fabrication de combustibles nucléaires exploitées par Framatome à Romans-sur-Isère ;**
- **les usines du « cycle du combustible nucléaire » exploitées par Orano sur la plateforme industrielle du Tricastin ;**
- **la Base chaude opérationnelle du Tricastin (BCOT) d'EDF en démantèlement ;**
- **le Réacteur à haut flux (RHF) exploité par l'Institut Laue-Langevin à Grenoble ;**
- **l'Installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés (Iceda) sur le site nucléaire du Bugey et le Magasin interrégional (MIR) de combustible du Bugey, exploités par EDF ;**
- **le réacteur 1 en démantèlement de la centrale nucléaire d'EDF du Bugey ;**
- **le réacteur d'EDF Superphénix en démantèlement, ainsi que ses installations annexes ;**
- **l'irradiateur Ionisos à Dagneux ;**
- **le Centre de recherche international de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), situé à la frontière entre la Suisse et la France ;**
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 23 services de radiothérapie externe,
  - 6 services de curiethérapie,
  - 23 services de médecine nucléaire,
  - 123 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 170 scanners au sein de 120 établissements,
  - environ 10 000 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - 1 synchrotron,
  - environ 490 structures vétérinaires (cabinets ou cliniques),
  - 34 agences de radiologie industrielle,
  - environ 600 utilisateurs d'équipements industriels,
  - environ 75 unités de recherche publiques ou privées ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 1 organisme et 3 agences agréés pour les vérifications de radioprotection au titre du code de la santé publique,
  - 13 laboratoires agréés pour la mesure de la radioactivité dans l'environnement,
  - 11 organismes agréés pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon au titre du code de la santé publique.

Installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés

L'installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés (Iceda) constitue l'INB 173 et a pour objet le conditionnement et l'entreposage de diverses catégories de déchets radioactifs sur le site du Bugey (Ain). Elle est conçue pour réceptionner, conditionner et entreposer :

- des déchets de graphite de faible activité à vie longue (FA-VL) issus de la déconstruction du réacteur de Bugey 1, destinés, après entreposage, à un stockage en faible profondeur dont le concept est encore à l'étude ;
- des déchets métalliques activés, de moyenne activité à vie longue (MA-VL), issus de l'exploitation des centrales en fonctionnement, par exemple des pièces ayant séjourné à proximité du cœur du réacteur, comme des grappes de commande, destinés, après entreposage, à un stockage en couche géologique profonde ;
- certains déchets de faible ou moyenne activité à vie courte (FMA-VC), dits à « envoi différé », destinés au stockage en surface, mais nécessitant une décroissance radioactive de quelques années à quelques dizaines d'années avant leur acceptation au Centre de stockage de l'Aube (CSA – INB 149), exploité par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

Par courrier du 5 mai 2021, EDF a déposé, auprès de la ministre chargée de la sûreté nucléaire, une demande de modification du décret d'autorisation de création (DAC) d'Iceda, en vue de conditionner des déchets issus du démantèlement de la centrale nucléaire de Fessenheim, qui est en cours d'instruction par l'ASN.

L'année 2024 a été marquée par une longue période sans opération de production, prévue jusqu'en mars 2025. L'exploitant a consacré cette période à la réalisation d'opérations de maintenance, à la formation des opérateurs, ainsi qu'à la mise à jour du référentiel d'exploitation de l'installation et à la mise en œuvre de modifications techniques, afin de prendre en compte le retour d'expérience des premières campagnes de production.

À l'issue des inspections réalisées en 2024, l'ASN considère que l'installation Iceda est exploitée dans des conditions de sûreté et de radioprotection satisfaisantes. L'exploitant devra s'assurer de maintenir ce bon niveau de qualité d'exploitation dans la durée, lorsque les opérations de production reprendront et s'intensifieront.

Magasin interrégional

Situé au Bugey et exploité par EDF, le Magasin interrégional (MIR – INB 102) est une installation d'entreposage de combustibles nucléaires neufs à destination du parc de centrales nucléaires en exploitation.

L'ASN a mené une inspection en 2024 pour contrôler les vérifications périodiques réalisées par l'exploitant et a contrôlé le respect des engagements pris envers l'ASN. Les conclusions de cette inspection sont positives et l'ASN juge satisfaisante la tenue des engagements.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-ALBAN

La centrale nucléaire de Saint-Alban, exploitée par EDF dans le département de l'Isère sur le territoire des communes de Saint-Alban-du-Rhône et de Saint-Maurice-l'Exil à 40 km au sud de Lyon, est constituée de deux REP d'une puissance de 1 300 MWe chacun, mis en service en 1986 et 1987. Le réacteur 1 constitue l'INB 119, le réacteur 2, l'INB 120.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Saint-Alban en matière de sûreté nucléaire et de protection de l'environnement rejoignent l'appréciation générale des performances portée sur les centrales nucléaires d'EDF dans ces domaines. Ses performances en matière de radioprotection se distinguent favorablement par rapport à cette appréciation générale.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN relève que les installations du site sont exploitées et maintenues de façon satisfaisante, dans un contexte d'activité industrielle soutenue. L'ASN considère que les arrêts pour rechargement des réacteurs ont été conduits dans des conditions de sûreté satisfaisantes et avec un planning d'activités maîtrisé. Les activités à enjeux, telles que le nettoyage préventif des générateurs de vapeur (GV) du réacteur 1, ont été réalisées conformément aux exigences de sûreté et de protection de l'environnement. En matière d'exploitation des réacteurs, la surveillance en salle de commande et la gestion des compétences des équipes de conduite sont satisfaisantes.

En matière de radioprotection des travailleurs, l'ASN considère que les résultats opérationnels sont satisfaisants. L'inspection renforcée réalisée par l'ASN dans ce domaine ainsi que les indicateurs de résultats du site ont mis en évidence l'amélioration de la culture de radioprotection et de la rigueur du balisage des chantiers.

En matière de protection de l'environnement, l'ASN considère que le traitement des aléas techniques impactant les dispositifs de protection de l'environnement est en amélioration. Les installations du site sont dans un état technique satisfaisant, ce qui a permis de prévenir l'atteinte des milieux environnants lors de situations de pertes du confinement liquide d'effluents.

En matière de santé et sécurité au travail, l'ASN constate que le site poursuit le déploiement d'actions nationales, notamment en matière de risque électrique, de levage et de déploiement d'un outil permettant d'assurer une meilleure gestion du risque amiante. Des actions spécifiques en lien avec le risque de contamination au plomb ont été mises en œuvre de manière satisfaisante sur le site. La vigilance maintenue lors des arrêts en 2024 a permis de maintenir une faible accidentologie.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE CRUAS-MEYSSE

La centrale nucléaire de Cruas-Meysse, mise en service entre 1984 et 1985 et exploitée par EDF dans le département de l'Ardèche sur le territoire des communes de Cruas et de Meysse, est constituée de quatre REP d'une puissance de 900 MWe chacun. Les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB 111, les réacteurs 3 et 4 constituent l'INB 112.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Cruas-Meysse en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement rejoignent l'appréciation générale des performances que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN considère que le nombre important d'événements significatifs relatifs à des actions inappropriées lors d'opérations d'exploitation est révélateur d'insuffisances dans la préparation et la surveillance des activités ou de documents opérationnels incomplets. L'ASN considère donc que le plan d'amélioration de la rigueur d'exploitation, mis en place par EDF en 2023 et prolongé en 2024, doit être poursuivi. Sur le plan de la maintenance, le site fait face à un programme industriel dense avec une augmentation significative du nombre d'activités de maintenance réalisées, en particulier lors de la quatrième visite décennale du réacteur 3 et du remplacement de ses GV. Cette visite décennale se déroule depuis août 2024 dans des conditions de sûreté satisfaisantes et suivant un planning d'activités maîtrisé.

En matière de radioprotection, des améliorations des pratiques ont été observées en 2024 par rapport aux années précédentes, notamment concernant la gestion des sas de confinement et des zones de chantier. Les pratiques de contrôle en sortie de bâtiment réacteur ont été renforcées.

Concernant la protection de l'environnement, l'ASN relève que les résultats du site sont stables par rapport à 2023. Toutefois, la maîtrise du confinement liquide et la prévention des déversements d'effluents restent les axes principaux de travail sur lesquels l'ASN attend des améliorations.

En matière de santé et de sécurité au travail, les résultats du site sont satisfaisants. Toutefois, l'ASN a identifié un point de vigilance vis-à-vis de la sécurité au travail, notamment sur les respects du temps de travail au regard du programme industriel dense.

Site du Tricastin

Le site nucléaire du Tricastin, situé dans la Drôme et le Vaucluse, constitue un vaste site industriel accueillant la plus importante concentration d'installations nucléaires et chimiques de France. Il est implanté sur la rive droite du canal de Donzère-Mondragon (canal de dérivation du Rhône) entre Valence et Avignon. Il s'étend sur une surface de 800 hectares répartie sur trois communes, Saint-Paul-Trois-Châteaux et Pierrelatte dans la Drôme, Bollène dans le Vaucluse. Ce site regroupe de nombreuses installations, avec une centrale nucléaire comprenant quatre réacteurs de 900 MWe, des installations du « cycle du combustible nucléaire » et une installation qui assurait des opérations de maintenance et d'entreposage, désormais en cours de démantèlement.

Centrale nucléaire du Tricastin

La centrale nucléaire du Tricastin est constituée de quatre REP d'une puissance de 900 MWe chacun : les réacteurs 1 et 2, mis en service en 1980, constituent l'INB 87 et les réacteurs 3 et 4, mis en service en 1981, constituent l'INB 88.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire du Tricastin en matière de sûreté nucléaire rejoignent l'appréciation générale des performances que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF. En revanche, ses performances en matière de radioprotection sont considérées comme en retrait par rapport à l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF. Enfin, l'ASN estime que les performances de la centrale en matière de protection de l'environnement ont progressé grâce à la mise en œuvre d'un plan d'action suivi dans ce domaine.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN estime que les performances de la centrale restent satisfaisantes. Concernant la conduite incidentelle et accidentelle ainsi que l'organisation et les moyens de crise, l'ASN considère comme satisfaisante la connaissance des consignes et des matériels par les équipes de conduite. En revanche, concernant les activités d'exploitation courantes, des faiblesses ont été constatées sur la gestion des configurations des circuits et des consignations associées, ainsi que sur la surveillance en salle de commande. En matière de maintenance, l'année 2024 a été marquée par la réalisation de la quatrième visite décennale du réacteur 4, la dernière du site, qui s'est déroulée de façon satisfaisante. Pour les deux autres arrêts de réacteurs réalisés en 2024, l'ASN considère qu'EDF a maîtrisé la réalisation des activités prévues en respectant les exigences de sûreté associées. Toutefois, l'ASN attend des améliorations sur la prise en compte des exigences réglementaires associées aux interventions sur les ESP.

Dans le domaine de la radioprotection, les performances de la centrale nucléaire du Tricastin ont montré des points de fragilité, particulièrement concernant la propreté radiologique pendant les arrêts de réacteur. Cette situation a conduit à plusieurs ESR et un salarié du site a notamment été exposé à une dose à la peau susceptible d'être supérieure à la limite annuelle autorisée, ce qui a donné lieu à la déclaration d'un ESR classé au niveau 2 sur l'échelle INES. L'ASN attend des améliorations de la préparation des chantiers, du suivi de la propreté radiologique et des pratiques de contrôle des intervenants en sortie des chantiers à risque de contamination.

En matière de protection de l'environnement, l'ASN considère que l'organisation du site pour répondre aux exigences réglementaires dans le domaine de la protection de l'environnement a progressé. Ce domaine fait l'objet d'un plan d'action régulièrement présenté à l'ASN et les résultats du site ont progressé.

En matière de sécurité des travailleurs, l'ASN considère que les résultats du site sont satisfaisants mais en retrait par rapport à l'année 2023. En effet, même si aucun événement n'a entraîné de conséquences graves pour les travailleurs, le nombre d'accidents bénins est en augmentation.

LES INSTALLATIONS DU « CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE »

Les installations du « cycle » du Tricastin couvrent principalement les activités de l'amont du « cycle du combustible » et sont exploitées par Orano Chimie-Enrichissement dénommé « Orano » ci-après.

Le site comporte :
- **l'installation TU5** (INB 155) de conversion de nitrate d'uranyle ($UO_2(NO_3)_2$) issu du retraitement de combustibles usés en sesquioxyde d'uranium (U_3O_8) ;
- **l'usine W** (installation classée pour la protection de l'environnement – ICPE – dans le périmètre de l'INB 155) de conversion d'hexafluorure d'uranium (UF_6) appauvri en U_3O_8 ;
- **les anciennes installations ex-Comurhex (INB 105) et l'usine Philippe Coste** (ICPE dans le périmètre de l'INB 105) de conversion de tétrafluorure d'uranium (UF_4) en UF_6 ;
- **l'ancienne usine Georges Besse I** (INB 93) d'enrichissement de l'UF_6 par diffusion gazeuse ;
- **l'usine Georges Besse II** (INB 168) d'enrichissement de l'UF_6 par centrifugation ;
- **les parcs uranifères** du Tricastin (INB 178, 179 et 180) d'entreposage d'uranium sous forme d'oxydes ou UF_6 ;
- **les ateliers de maintenance, de traitement des effluents liquides et de conditionnement de déchets** (IARU – INB 138) ;
- **le laboratoire Atlas** d'analyse des échantillons de procédé et de surveillance de l'environnement (INB 176) ;
- **une installation nucléaire de base secrète** (INBS), qui regroupe notamment des installations anciennes en démantèlement, des parcs d'entreposage de substances radioactives et une unité de traitement d'effluents liquides.

À l'issue des inspections qu'elle a conduites en 2024, l'ASN considère que le niveau de sûreté des installations du site Orano du Tricastin est satisfaisant. L'ASN a relevé en 2024 une amélioration de l'organisation pour le suivi de la conformité aux textes réglementaires, un meilleur suivi des engagements envers l'ASN et des efforts à poursuivre pour la clôture des dossiers de modifications. Les inspections sur l'organisation en vue de prévenir les irrégularités et les fraudes ont montré que les dispositions prévues sont appliquées.

En 2024, l'ASN a mené une campagne d'inspections inopinées simultanées sur les INB 93, 138, 155, 168 et 176 puis sur l'INB 105, portant sur la radioprotection des travailleurs, dont l'objectif était de vérifier l'organisation d'Orano dans ce domaine. Dans ce cadre, les inspecteurs se sont rendus dans les installations pour vérifier les pratiques opérationnelles. Ces inspections ont montré que l'exploitant avait progressé dans ce domaine.

Afin de s'assurer de l'avancement du traitement du passif de substances radioactives diverses entreposées sur le site, l'ASN a demandé à Orano de lui présenter annuellement l'état d'avancement de son plan d'action relatif au traitement de ces substances. L'ASN a poursuivi en 2024 son contrôle des opérations pour préparer la vacuité progressive des aires 61 et 79 de l'INB 105. Ces opérations ont démarré très lentement et Orano a mis en service en 2024 divers équipements aptes à améliorer le conditionnement des matières pour leur transfert dans les parcs d'entreposage du site.

Le site du Tricastin est doté de deux installations principales de gestion des effluents liquides : la Station de traitement des effluents chimiques (STEC – INBS) et la Station de traitement des effluents uranifères (STEU – INB 138). Orano envisage de fortes évolutions de traitement des flux d'effluents de la plateforme du Tricastin et a commencé à fournir les dossiers d'options de sûreté (DOS) pour ces projets. Ces projets vont permettre à terme de disposer d'installations plus performantes et aux standards de sûreté améliorés.

En matière de projets, Orano a lancé en 2023 le chantier du projet AMC2 consistant en l'ajout d'une nouvelle installation destinée au lavage et au rinçage de conteneurs dédiés au transport d'UF_6. Cette installation a été autorisée par le décret n° 2023-1220 du 19 décembre 2023.

En outre, afin d'augmenter ses capacités d'enrichissement, Orano a lancé en 2024 le chantier de construction du projet d'extension de l'usine d'enrichissement Georges Besse II (GB II) Nord qui a fait l'objet d'une concertation préalable en 2023. Orano a déposé en juin 2023 le dossier de demande de modification substantielle du décret d'autorisation de l'installation pour réaliser cette extension. L'enquête publique s'est déroulée en avril 2024.

Enfin, Orano envisage de construire les deux autres bâtiments de l'installation d'entreposage d'uranium de retraitement, dénommée « FLEUR » (INB 180), dont la mise en service avait été autorisée par l'ASN en janvier 2023.

Usines Orano de chimie de l'uranium TU5 et W

L'INB 155, dénommée « TU5 », peut mettre en œuvre jusqu'à 2 000 tonnes d'uranium par an, ce qui permet de traiter la totalité de l'$UO_2(NO_3)_2$ issu des opérations de retraitement du combustible réalisées à l'usine Orano de La Hague pour le convertir en U_3O_8, un composé solide stable permettant de garantir des conditions d'entreposage de l'uranium plus sûres que sous une forme liquide ou gazeuse. Une fois converti, l'uranium de retraitement est entreposé sur le site du Tricastin. L'usine W, située dans le périmètre de l'INB 155, permet quant à elle de traiter l'UF_6 appauvri, issu de l'usine d'enrichissement GB II, pour le stabiliser en U_3O_8.

L'ASN considère que les installations situées dans le périmètre de l'INB 155 sont exploitées avec un niveau de sûreté satisfaisant. L'ASN est néanmoins restée attentive en 2024 au suivi des actions de l'exploitant pour maintenir la rigueur d'exploitation des installations.

L'ASN a relevé un retard du dépôt des dossiers liés aux conséquences sur les activités de l'usine W du projet d'augmentation de capacité de l'usine GB II Nord. Orano a modifié l'ordonnancement de ces projets et l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sera attentive aux conditions de réalisation des chantiers dans l'usine W, tout comme aux modalités de gestion de l'uranium appauvri sur le site si un décalage de capacité de production venait à se maintenir entre l'usine W et l'usine d'enrichissement GB II.

Usines Orano de fluoration de l'uranium

Conformément à la prescription de l'ASN, les installations de fluoration les plus anciennes ont définitivement été mises à l'arrêt en décembre 2017. Les installations arrêtées ont depuis été vidangées de la majorité de leurs substances dangereuses et sont en cours de démantèlement.

Le démantèlement de l'INB 105 est autorisé par le décret n° 2019-1368 du 16 décembre 2019 et doit aboutir d'ici au 31 décembre 2034. Les principaux enjeux associés sont liés aux risques de dissémination de substances radioactives, ainsi que d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants et de criticité, en raison de substances uranifères résiduelles présentes dans certains équipements.

L'ASN relève que les opérations de démantèlement pour la partie INB prennent du retard en raison de difficultés opérationnelles. À la suite des demandes et contrôles de l'ASN, l'exploitant a engagé des actions visant à commencer le transfert des substances radioactives et dangereuses des aires 61 et 79 vers des entreposages du site aux normes contemporaines de sûreté. La vacuité des aires 61 et 79 de l'INB 105 n'a cependant pas été atteinte fin 2024 comme prévu. En effet, les opérations de reconditionnement nécessaires et les modalités de transport interne ont démarré tardivement et avec des moyens techniques parfois inadaptés, même si Orano a progressivement mis en service en 2024 divers équipements aptes à améliorer le conditionnement des matières pour leur transfert dans les parcs d'entreposage du site. L'ASNR poursuivra un contrôle renforcé de ces opérations et attend dorénavant d'Orano un pilotage technique et calendaire rigoureux du projet.

L'ASN considère que le niveau de sûreté de l'usine de fluoration de l'uranium Philipe Coste est satisfaisant. L'ASN a contrôlé en 2024 l'avancement de la modernisation des fonctions support. Ainsi, le chantier pour remplacer l'ancienne installation de traitement de surface et celui pour remplacer l'installation de conditionnement des fluorines en ligne ont été lancés. En revanche, le projet de conception des unités de traitement des effluents non uranifères n'a pas encore abouti.

Usine d'enrichissement Georges Besse I

Constituant l'INB 93, l'installation d'enrichissement de l'uranium Georges Besse I (Eurodif) était principalement composée d'une usine de séparation des isotopes de l'uranium par le procédé de diffusion gazeuse.

À la suite de l'arrêt de la production de cette usine en mai 2012, l'exploitant a mis en œuvre, de 2013 à 2016, les opérations de « rinçage intensif suivi de la mise "en air" » (opération Prisme). Ces opérations ont permis d'extraire la quasi-totalité de l'uranium résiduel déposé dans les barrières de diffusion. Désormais, le principal risque résiduel de l'INB 93 est lié aux conteneurs d'UF_6 des parcs d'entreposage, appartenant encore au périmètre de l'installation. Ces parcs devraient être rattachés à court terme aux Parcs uranifères du Tricastin (INB 178).

Le décret prescrivant à Orano de procéder aux opérations de démantèlement de l'usine Georges Besse I a été publié le 5 février 2020. Les enjeux du démantèlement concernent notamment le volume important de déchets de très faible activité (TFA) produits, dont 160 000 tonnes de déchets métalliques qui font l'objet d'études spécifiques.

En 2024, l'exploitant a poursuivi les opérations préparatoires au démantèlement, en réalisant des investigations dans les équipements afin de renforcer la connaissance de la contamination résiduelle présente, en démontant certains équipements et en engageant les travaux associés au futur atelier où seront découpés et conditionnés en colis les 1 400 diffuseurs de l'installation.

Par ailleurs, l'ASN a donné en 2024 son accord pour la déconstruction des deux tours aéroréfrigérantes de l'installation. Les opérations de déconstruction de ces tours, par « grignotage » mécanique, devraient débuter en 2025.

L'ASN considère que les opérations de démantèlement de l'INB 93 ont été menées en 2024 dans des conditions de sûreté et de radioprotection satisfaisantes.

Usine d'enrichissement Georges Besse II

Constituant l'INB 168, l'usine Georges Besse II (GB II) est l'installation d'enrichissement du site depuis l'arrêt de l'usine Georges Besse I. Elle met en œuvre la séparation des isotopes de l'uranium par le procédé de centrifugation.

Les installations de l'usine ont présenté en 2024 un niveau de sûreté satisfaisant. Les technologies mises en œuvre dans l'installation permettent d'atteindre des objectifs de sûreté, de radioprotection et de protection de l'environnement élevés. Les pertes de fluides frigorigènes dans l'atmosphère ont nettement diminué en 2024 par rapport à 2023, mais les chaleurs ont été moins extrêmes.

Orano a initié en 2022 le projet d'extension de l'usine d'enrichissement GB II Nord en vue d'augmenter ses capacités de production par l'ajout de modules de centrifugation. Le projet d'extension de l'usine Nord de GB II a fait l'objet d'une concertation préalable du 1er février au 9 avril 2023 organisée par la Commission nationale du débat public (CNDP). Orano a déposé en juin 2023 le dossier de demande de modification substantielle pour réaliser cette extension. Ce projet d'extension a fait l'objet d'une enquête publique en avril 2024 et les travaux de construction ont débuté en septembre 2024. L'ASN a mené une première inspection en décembre qui s'est avérée satisfaisante.

Ateliers de maintenance, de traitement des effluents et de conditionnement de déchets

Constituant l'INB 138, l'Installation d'assainissement et de récupération de l'uranium (IARU) assure le traitement d'effluents liquides et de déchets, ainsi que des opérations de maintenance pour diverses INB.

Les différents ateliers de l'INB ont présenté en 2024 un niveau de sûreté satisfaisant. L'ASN juge positivement le fait que la capacité de traitement du nouvel atelier de traitement des déchets puisse désormais résorber les entreposages constitués sur le site. La prévention du risque incendie est également jugée en progrès par l'ASN. Enfin, la mise en service en 2024 du bâtiment 57L améliore la sûreté de certains entreposages.

Orano envisage de fortes évolutions de traitement des flux d'effluents de la plateforme du Tricastin et a commencé à fournir les DOS pour ces projets. Ces projets vont permettre à terme de disposer d'installations plus performantes et aux standards de sûreté améliorés. Le réexamen périodique de l'INB 138 a en effet amené Orano à devoir envisager la création de nouveaux ateliers pour certaines étapes de traitement des effluents compte tenu de l'impossibilité technico-économique de renforcer ou améliorer l'existant. L'ASNR restera attentive à l'avancement de ces projets.

Parcs uranifères du Tricastin, P35 et FLEUR

À la suite du déclassement d'une partie de l'INBS de Pierrelatte par décision du Premier ministre, les Parcs uranifères du Tricastin (INB 178) ont été créés. Cette installation regroupe des parcs d'entreposage d'uranium, ainsi que les nouveaux locaux de gestion de crise de la plateforme.

Dans la continuité de ce processus de déclassement, l'installation « P35 » (INB 179) a ensuite été créée. Elle regroupe dix bâtiments d'entreposage d'uranium. Un entreposage complémentaire, dénommé « FLEUR », a été autorisé par décret du 18 mars 2022. La mise en service de cette nouvelle INB, l'INB 180, a été autorisée par la décision n°2023-DC-0750 de l'ASN du 3 janvier 2023.

À l'issue du réexamen périodique des parcs, l'ASN a prescrit des mesures complémentaires par décision n° CODEP-CLG-2023-012740 du 8 mars 2023. Parmi ces mesures figurent la vidange ou le démantèlement d'emballages de matières.

L'ASN considère que les parcs d'entreposage ont présenté en 2024 un niveau de sûreté satisfaisant. Ces parcs ont commencé à accueillir en 2024 une partie des matières qui doivent être désentreposées de l'INB 105, ce qui a nécessité quelques aménagements.

Orano a lancé mi-2023 le chantier du projet AMC2 consistant en l'ajout d'une nouvelle installation destinée au lavage et au rinçage de conteneurs dédiés au transport d'UF_6. Cette installation remplacera l'AMC existante qui est située dans l'INBS. La création de l'AMC2 a été autorisée par le décret n° 2023-1220 du 19 décembre 2023 après une enquête publique qui s'est déroulée du 10 décembre 2021 au 12 janvier 2022. Le contrôle de l'ASN sur ce chantier a amené à devoir demander plusieurs justifications qui seront examinées avant la mise en service prévue en 2025.

Enfin, Orano envisage de construire les deux autres bâtiments de l'installation d'entreposage d'uranium de retraitement, dénommée « FLEUR » (INB 180), dont la mise en service avait été autorisée par l'ASN en janvier 2023.

— Site de Romans-sur-Isère

Usines Framatome de fabrication de combustibles nucléaires

Sur son site de Romans-sur-Isère dans la Drôme (26), la société Framatome exploite l'INB 63-U, dénommée « Usine de fabrication de combustibles nucléaires » issue de la réunion de deux anciennes INB, l'unité de fabrication d'éléments combustibles pour les réacteurs de recherche (ex-INB 63) et l'unité de fabrication de combustibles nucléaires destinés aux REP (ex-INB 98).

La fabrication du combustible pour les réacteurs électronucléaires nécessite de transformer l'UF_6 en poudre d'oxyde d'uranium. Les pastilles fabriquées à partir de cette poudre, dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère, sont placées dans des gaines métalliques en zirconium pour constituer les crayons de combustible, ensuite réunis pour former les assemblages destinés à être utilisés dans les réacteurs des centrales nucléaires. S'agissant des réacteurs expérimentaux, les combustibles sont plus variés, certains d'entre eux utilisant, par exemple, de l'uranium très enrichi sous forme métallique. Ces combustibles sont également fabriqués dans un atelier appelé « Cerca » de l'usine de Romans-sur-Isère.

L'usine Cerca comprend notamment une « zone uranium », où sont élaborés des noyaux de poudre compactée placés dans des cadres et plaques en aluminium pour former les éléments combustibles et les cibles d'irradiation destinées à la production de radionucléides médicaux. L'exploitant a entrepris de remplacer cette « zone uranium » par une « nouvelle zone uranium », dite NZU, afin notamment d'améliorer le confinement des locaux, du procédé, et la prévention des risques en cas de séisme extrême. Les travaux de construction de la NZU ont débuté fin 2017. Ces nouveaux bâtiments doivent accueillir les activités actuelles de la « zone uranium » existante. En raison de problèmes techniques et de l'impact de la crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19, les travaux de construction de la NZU ont pris un retard important. En 2022, Framatome a sollicité auprès de l'ASN une autorisation de mise en service partielle de la NZU, afin de lui permettre d'effectuer des transferts de matières entre les bâtiments existants et la NZU.

L'ASN a délivré cette autorisation en octobre 2022. Des difficultés survenues en 2023 sur les essais de certains matériels conduisent une nouvelle fois Framatome à décaler à 2024 la mise en service de la NZU. Framatome s'est mobilisé pour parvenir à mettre en service la NZU et l'ASN a pu autoriser en novembre 2024 la mise en service des équipements de procédé.

En 2024, Framatome a mené d'autres campagnes de production de combustibles avec de l'uranium de retraitement enrichi (URE). Une demande de modification substantielle de l'unité de fabrication de combustibles nucléaires destinés aux REP, qui vise à permettre l'augmentation de la production de combustibles à base d'URE, est en cours d'instruction par l'ASN et a fait l'objet d'une enquête publique en février 2024.

À l'issue des inspections qu'elle a conduites en 2024, l'ASN considère que le niveau de sûreté des installations de Framatome est satisfaisant. Cependant, après avoir constaté un entreposage non conforme de déchets liquides inflammables, l'ASN a dû mener un suivi renforcé de la mise en conformité qui a amené l'exploitant à devoir déplacer temporairement les déchets concernés vers un bâtiment du site plus sécurisé, le temps d'approvisionner les moyens techniques adaptés aux risques spécifiques que présentent ces déchets liquides. D'une manière plus générale, Framatome a confirmé à l'ASN prévoir un plan d'action pour résorber les quantités de déchets entreposés sur le site, sujet qui sera traité lors du réexamen périodique dont l'instruction a démarré.

LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE

Réacteur à haut flux de l'Institut Laue-Langevin

L'Institut Laue-Langevin (ILL), organisme de recherche internationale, abrite un réacteur à haut flux neutronique (RHF) de 58 mégawatts thermiques (MWth), à eau lourde, qui produit des faisceaux de neutrons thermiques très intenses destinés à la recherche fondamentale, notamment dans les domaines de la physique du solide, de la physique neutronique et de la biologie moléculaire.

Le RHF constitue l'INB 67 et occupe une surface de 12 hectares, entre l'Isère et le Drac en amont du confluent, à proximité du centre CEA de Grenoble.

Après une période d'exploitation d'un peu plus d'un an, le RHF a entamé en juillet 2024 un arrêt long, qui a pour objectif d'intégrer différentes modifications visant à améliorer la sûreté de l'installation, identifiées lors du dernier réexamen périodique du RHF. Il s'agit de travaux de grande ampleur, comprenant en particulier la mise en place d'un système d'extinction d'incendie par aspersion dans une partie du bâtiment réacteur et le renforcement sismique du pont polaire conformément à la décision n° 2022-DC-0738 de l'ASN du 28 juillet 2022.

En 2024, l'ASN a également finalisé l'examen du porter à connaissance transmis par l'exploitant en juillet 2022 afin d'établir de nouvelles prescriptions techniques de rejets et de surveillance de l'environnement. Les projets de nouvelles décisions de l'ASN associés ont fait l'objet d'une consultation du public fin 2024 et ont été transmis à la commission locale d'information (CLI) de l'ILL pour avis. La procédure devrait aboutir en 2025.

Au regard des actions de contrôle qu'elle a conduites en 2024, l'ASN considère que le RHF est exploité dans des conditions de sûreté et de radioprotection satisfaisantes. Les enjeux du site en 2025 porteront notamment sur la bonne réalisation des travaux prévus lors de l'arrêt et sur le traitement de l'inventaire résiduel en tritium issu de l'ancienne installation de détritiation, prescrit d'ici au 30 juin 2025.

Irradiateur Ionisos

La société Ionisos exploite un irradiateur industriel implanté à Dagneux dans l'Ain. Cet irradiateur, constituant l'INB 68, utilise le rayonnement issu de sources de cobalt-60, notamment pour stériliser du matériel médical (seringues, pansements, prothèses) et polymériser des matières plastiques.

L'exploitant a rendu en 2017 à l'ASN le rapport de conclusion du réexamen périodique de sûreté de l'INB 68. En 2024, l'ASN a achevé l'analyse de ce rapport et n'a pas émis d'objection à la poursuite du fonctionnement de l'installation.

L'exploitant a déposé en octobre 2021 un dossier visant à obtenir l'autorisation de construire un nouvel irradiateur. Ce dossier est en cours d'instruction par l'ASNR. La construction de cette nouvelle installation nécessite également que l'exploitant finalise l'assainissement et la déconstruction des anciens irradiateurs D1 et D2 présents sur le site.

En 2024, l'exploitant a renouvelé et réorganisé ses équipes en charge de la sûreté, après plusieurs départs concomitants en 2023 qui avaient fragilisé son organisation. Cette organisation est aujourd'hui en place et l'exploitant a présenté à l'ASN en septembre 2024 un plan d'action pour assurer la conformité de l'installation à la réglementation INB.

L'ASN considère que l'installation a présenté un niveau de sûreté opérationnelle globalement satisfaisant en 2024 au regard de ses enjeux. L'exploitant doit néanmoins sans plus tarder finaliser la mise à jour du référentiel d'exploitation de l'installation à l'issue de son réexamen et la déclinaison opérationnelle de certaines prescriptions.

Accélérateurs et centre de recherche du CERN

À la suite de la signature d'une convention internationale entre la France, la Suisse et l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) le 15 novembre 2010, l'ASN et l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) – organisme de contrôle de la radioprotection suisse – contribuent à la vérification des exigences de sûreté et de radioprotection appliquées par le CERN, y compris en matière de gestion des déchets nucléaires et de TSR.

Le CERN n'est pas directement soumis aux réglementations suisse ou française, mais doit mettre en œuvre les meilleures pratiques au regard des réglementations, normes et recommandations internationales.

Deux visites conjointes des autorités suisse et française ont eu lieu en 2024, sur le thème de la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants pour la première et des contrôles et essais périodiques pour la seconde. Ces visites ont mis en évidence des pratiques satisfaisantes.

LES SITES EN DÉMANTÈLEMENT

Réacteur Superphénix et atelier pour l'entreposage des combustibles

Le réacteur à neutrons rapides Superphénix (INB 91), prototype industriel refroidi au sodium d'une puissance de 1 200 MWe, est implanté à Creys-Mépieu en Isère. Il a été définitivement arrêté en 1997. Le réacteur a été déchargé et l'essentiel du sodium a été neutralisé et conditionné sous forme de blocs de béton. Superphénix est associé à une autre INB, l'atelier pour l'entreposage des combustibles (Apec – INB 141). L'Apec est principalement constitué d'une piscine abritant le combustible déchargé de la cuve et de l'entreposage des colis de béton sodé issus de la neutralisation du sodium de Superphénix.

L'ASN a autorisé en 2018 l'engagement de la deuxième étape du démantèlement de Superphénix, qui consiste à ouvrir la cuve du réacteur pour démanteler ses équipements internes. En 2024, l'exploitant a notamment finalisé le démantèlement du bouchon couvercle de cœur et a extrait le faux sommier de la cuve du réacteur, pièce massive activée et particulièrement irradiante, pour la découper dans un atelier dédié avec des moyens téléopérés.

En parallèle des opérations de démantèlement, l'exploitant a engagé un programme important de gestion de l'obsolescence des matériels, principalement sur l'INB 141, qui va conduire dans les prochaines années au remplacement des aérothermes du système de refroidissement de la piscine, des groupes électrogènes de secours et à la rénovation complète du contrôle commande de l'INB 141.

Au vu des inspections menées en 2024, l'ASN considère que la sûreté des opérations de démantèlement du réacteur Superphénix et d'exploitation de l'atelier pour l'entreposage des combustibles est assurée de manière satisfaisante.

Base chaude opérationnelle du Tricastin

La Base chaude opérationnelle du Tricastin (BCOT) constitue l'INB 157. Elle est exploitée par EDF et avait pour vocation l'entretien et l'entreposage de matériels et outillages provenant des circuits et matériels contaminés des réacteurs électronucléaires, à l'exclusion des éléments combustibles. La BCOT est située au sein du site Orano du Tricastin.

Par courrier du 22 juin 2017, EDF a déclaré l'arrêt définitif de la BCOT en juin 2020 et son démantèlement a été autorisé par le décret n° 2023-1049 du 16 novembre 2023. À la fin du démantèlement, prévue au plus tard le 31 décembre 2033, les bâtiments assainis seront restitués à Orano.

En 2024, EDF a achevé les chantiers d'évacuation des outillages obsolètes et de décontamination puis d'évacuation vers le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) de l'Andra des conteneurs cylindriques de tubes guides de grappes. L'exploitant a également réalisé des travaux visant à préparer l'installation pour la suite des opérations de démantèlement et a poursuivi les investigations sur l'état radiologique des structures, en vue de leur assainissement. L'ASN a autorisé le 22 mars 2024 la mise en œuvre du référentiel de sûreté de démantèlement de l'installation.

Au regard des conclusions des deux inspections réalisées sur la BCOT en 2024, l'ASN considère que son niveau de sûreté est satisfaisant.

Bourgogne-Franche-Comté

La division de Dijon contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 8 départements de la région Bourgogne-Franche-Comté.

60
inspections

En 2024, l'ASN a réalisé 60 inspections dans la région Bourgogne-Franche-Comté concernant le nucléaire de proximité, dont 21 dans le secteur médical, 24 dans les secteurs industriel, de la recherche ou vétérinaire, sept concernant l'exposition au radon, quatre pour la surveillance d'organismes ou de laboratoires agréés et quatre spécifiques au transport de substances radioactives.

Les usines de fabrication d'équipements sous pression nucléaires de Framatome situées en Bourgogne-Franche-Comté ont également fait l'objet d'une attention particulière de l'ASN. Les actions conduites par l'ASN dans ce cadre sont décrites dans le chapitre 10.
En 2024, l'ASN a réalisé dix inspections dans ces usines, dont cinq dans l'usine du Creusot et cinq dans l'usine de Chalon Saint-Marcel.

La société Jimmy Energy a déposé en 2024 auprès du ministre chargé de la sûreté nucléaire une demande d'autorisation de création au Creusot, en Saône-et-Loire (71), d'une usine pour l'assemblage des éléments de combustible de son projet de petit réacteur modulaire à haute température (*voir encadré page 338 au chapitre 11*).

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 8 services de radiothérapie externe,
  - 4 services de curiethérapie,
  - 16 services de médecine nucléaire, dont 3 pratiquant la radiothérapie interne vectorisée,
  - 36 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 64 scanners à visée diagnostique répartis dans 51 établissements,
  - environ 800 appareils de radiologie médicale,
  - environ 2 000 appareils de radiologie dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - environ 250 cabinets vétérinaires, dont 5 disposant d'un scanner et 16 pratiquant la radiologie équine,
  - environ 400 établissements industriels et de recherche, dont 27 entreprises ayant une activité de radiographie industrielle,
  - 1 irradiateur industriel par source radioactive,
  - 1 scanner dédié à la recherche,
  - 2 accélérateurs, dont 1 pour la production de médicaments destinés à l'imagerie médicale et 1 pour l'irradiation industrielle ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 1 organisme pour le contrôle de la radioprotection,
  - 5 organismes pour la mesure du radon,
  - 1 laboratoire pour les mesures de la radioactivité dans l'environnement.

Bretagne

La division de Nantes contrôle la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 4 départements de la région **Bretagne**. La division de Caen contrôle la sûreté nucléaire de la centrale des Monts d'Arrée (Brennilis), en démantèlement.

61
inspections

1
événement significatif de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 61 inspections, dont trois de la centrale des Monts d'Arrée en démantèlement, 13 dans le domaine du transport de substances radioactives et 41 dans le nucléaire de proximité (21 dans le secteur médical, 20 dans les secteurs industriel, vétérinaire ou de la recherche) et quatre sur la radioactivité naturelle (le radon).

En 2024, un événement significatif a été classé au niveau 1 sur l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) dans le domaine vétérinaire. La défaillance d'un appareil électrique émettant des rayonnements ionisants a conduit à l'exposition d'un travailleur au-delà du quart de la valeur limite réglementaire annuelle.

Enfin, dans le cadre de leurs missions de contrôle, les inspecteurs de l'ASN ont dressé un procès-verbal relatif à l'absence d'agrément d'une société réalisant des mesurages radon.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE BRENNILIS

La centrale nucléaire de Brennilis est située dans le département du Finistère, sur le site des Monts d'Arrée, à 55 km au nord de Quimper. Dénommée « EL4-D », cette installation (INB 162) est un prototype industriel de centrale nucléaire (70 mégawatts électriques – MWe), modérée à l'eau lourde et refroidie au dioxyde de carbone, arrêtée définitivement en 1985.

Le décret n° 2011-886 du 27 juillet 2011 a autorisé les opérations de démantèlement de la centrale, à l'exception du démantèlement du bloc réacteur. En juillet 2018, EDF a déposé un dossier de demande concernant le démantèlement complet de ses installations, qui a fait l'objet d'une instruction technique puis d'une enquête publique du 15 novembre 2021 au 3 janvier 2022. Le décret n° 2023-0898 du 26 septembre 2023, publié le 28 septembre 2023, prescrit à EDF le démantèlement complet de l'INB 162 et modifie le décret n° 96-978 du 31 octobre 1996 autorisant la création de cette installation.

L'ASN a délivré en juin 2024 les autorisations de mise en œuvre des règles générales d'exploitation et du plan d'urgence interne pour le démantèlement complet. L'ASN a également poursuivi au cours de l'année 2024 la révision des décisions encadrant les rejets et les prélèvements d'eau de l'établissement qui ont été publiées le 21 novembre 2024. Ainsi, l'ASN a délivré en 2024 toutes les autorisations nécessaires à la mise en œuvre des opérations de démantèlement complet.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **une installation nucléaire de base :**
  - la centrale des Monts d'Arrée (Brennilis), en démantèlement ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :**
  - 9 services de radiothérapie externe,
  - 5 services de curiethérapie,
  - 11 services de médecine nucléaire,
  - 36 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 63 scanners diagnostics,
  - environ 2 500 appareils de radiologie médicale et dentaire ;

Chapitre 7 p. 210

- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :**
  - 1 cyclotron,
  - 15 sociétés de radiologie industrielle, dont 3 en gammagraphie,
  - 23 unités de recherche,
  - environ 400 utilisateurs d'équipements industriels, vétérinaires et de recherche ;

Chapitre 8 p. 250

- **des activités liées au transport de substances radioactives ;**

Chapitre 9 p. 282

- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 8 établissements pour la mesure du radon,
  - 3 sièges de laboratoires pour les mesures de la radioactivité dans l'environnement.

Au cours de cette même année, EDF a continué ses travaux préparatoires au démantèlement complet, avec en particulier les aménagements de génie civil en vue du démantèlement des circuits périphériques prévu à partir de 2025.

L'ASN retient que la découverte d'amiante conduit à retarder la remise à niveau des ponts de manutention nécessaires aux opérations de retrait des canaux combustibles de la cuve, sans que cela ne remette en cause aujourd'hui la date de début des opérations prévue en 2027.

De manière générale, l'ASN considère que la conduite du projet de démantèlement de la centrale reste satisfaisante. Néanmoins, s'agissant de l'état des installations, EDF doit veiller au traitement de l'ensemble des infiltrations et garantir, dans les délais prévus, la mise à niveau des installations vis-à-vis du risque incendie. EDF doit également poursuivre ses actions visant à mieux encadrer les modalités d'entreposage et à définir les filières de gestion des déchets non immédiatement évacuables.

Dans le cadre de la campagne nationale d'inspection sur les fraudes, l'ASN retient par ailleurs que l'exploitant doit améliorer son organisation en ce qui concerne la prise en compte de ce risque.

En 2025, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) portera une attention particulière à l'application du nouveau référentiel de démantèlement complet de l'installation et à la maintenance des équipements. L'ASNR maintiendra par ailleurs sa vigilance sur le plan de la radioprotection, en particulier s'agissant du respect des règles d'entrée en zone contrôlée.

Centre-Val de Loire

La division d'Orléans contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 6 départements de la région Centre-Val de Loire.

170 inspections

12 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 170 inspections dans la région Centre-Val de Loire, dont 123 des installations nucléaires des sites EDF de Belleville-sur-Loire, Chinon, Dampierre-en-Burly et Saint-Laurent-des-Eaux, 38 dans le nucléaire de proximité, quatre sur le thème du transport de substances radioactives et cinq concernant des organismes ou laboratoires agréés.

L'ASN a par ailleurs assuré 39 journées d'inspection du travail dans les quatre centrales nucléaires de la région.

En 2024, 11 événements significatifs classés au niveau 1 et un événement classé au niveau 2 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) ont été déclarés à l'ASN.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE BELLEVILLE-SUR-LOIRE

La centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire est située au nord-est du département du Cher, sur la rive gauche de la Loire, au carrefour de quatre départements (le Cher, le Loiret, la Nièvre et l'Yonne) et de deux régions administratives (Bourgogne-Franche-Comté et Centre-Val de Loire). La centrale comporte deux réacteurs de 1 300 mégawatts électriques (MWe), mis en service en 1987 et 1988, qui constituent respectivement les installations nucléaires de base (INB) 127 et 128.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire rejoignent l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF dans le domaine de la sûreté nucléaire, de l'environnement et de la radioprotection.

Sur le plan de la sûreté nucléaire, l'ASN considère qu'en matière de conduite des installations, la rigueur en salle de commande a été maintenue à un niveau satisfaisant. Elle constate néanmoins que le site doit poursuivre ses efforts dans la gestion des configurations des circuits (lignages, consignations, condamnations administratives) au travers du plan d'action qu'il décline depuis début 2023.

Concernant la maintenance des installations, les performances de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire sont considérées comme satisfaisantes. En particulier, l'ASN estime que la gestion de l'arrêt du réacteur 2 en 2024 a été globalement satisfaisante.

Dans le domaine de la radioprotection, l'ASN considère que le plan d'action déployé par la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire visant à renforcer les fondamentaux de radioprotection est pertinent. Sa robustesse sera évaluée lors des inspections qui seront réalisées en 2025, notamment dans le cadre du suivi des arrêts de réacteur.

En matière de protection de l'environnement, la gestion des effluents et la surveillance des rejets sont jugées satisfaisantes. L'ASN souligne positivement la mise en service de la nouvelle station de traitement des légionelles et des amibes. Elle suivra la rénovation de la station de déminéralisation du site, retardée par un aléa ayant conduit à un déversement d'acide chlorhydrique à l'intérieur de cette station, sans conséquence pour les personnes et l'environnement. Concernant la gestion des déchets nucléaires, l'ASN note que les anomalies constatées en début d'année 2024 sur l'entreposage des coques béton dans le bâtiment de traitement des effluents ont été résorbées en cours d'année.

Concernant l'inspection du travail, l'ASN relève l'absence d'accident grave. Néanmoins, si les contrôles effectués ont permis de noter des progrès dans la prévention du risque électrique, l'ASN attend des actions fortes de la part du site sur la prévention du risque chimique au regard des constats qu'elle a effectués en 2024 sur le sujet.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE DAMPIERRE-EN-BURLY

La centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly se situe sur la rive droite de la Loire, dans le département du Loiret, à environ 10 km en aval de Gien et 45 km en amont d'Orléans. Elle comprend quatre réacteurs nucléaires de 900 MWe, mis en service en 1980 et 1981. Les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB 84, les réacteurs 3 et 4 l'INB 85. Le site dispose

d'une des bases régionales de la Force d'action rapide du nucléaire (FARN), force spéciale d'intervention créée en 2011 par EDF à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima (Japon). Son objectif est d'intervenir, en situation pré-accidentelle ou accidentelle, sur n'importe quelle centrale nucléaire en France, en apportant des renforts humains et des moyens matériels de secours.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly dans le domaine de la sûreté nucléaire sont en retrait par rapport à l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF. Les performances en matière de radioprotection et d'environnement rejoignent quant à elles globalement cette appréciation générale.

Sur le plan de la sûreté nucléaire et après la nette dégradation des performances dans le domaine de la conduite des réacteurs observée en 2022, un plan de rigueur a été mis en place par l'exploitant. Plusieurs actions visant à améliorer les performances du service chargé de la conduite des réacteurs ont ainsi été déclinées au cours des années 2023 et 2024. Des améliorations ont été constatées en 2024, notamment en matière de pilotage des installations dans le respect des règles générales d'exploitation (RGE) et de gestion de la documentation. Cependant, des efforts restent nécessaires pour aligner les performances du site dans la moyenne nationale, en particulier concernant la gestion des changements de configuration et la maîtrise de la réactivité. L'inspection de revue réalisée par l'ASN en juin 2024 a également permis de constater la forte implication de la ligne managériale du site dans le redressement des performances en matière de sûreté. Les différentes actions du plan de rigueur doivent désormais être assimilées et déclinées sur le terrain par l'ensemble des intervenants.

Concernant la maintenance des installations, les performances de la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly rejoignent la moyenne nationale, dans un contexte industriel chargé, marqué par la quatrième visite décennale du réacteur 4 du site. Le site doit toutefois porter une attention particulière à la qualité des analyses de premier niveau, qui visent à statuer sur la conformité de l'opération de maintenance réalisée, ainsi que sur la réalisation de la maintenance préventive dans les périodicités définies. À la suite des difficultés techniques rencontrées en 2023 sur les groupes électrogènes de secours, des actions ont été engagées par l'exploitant en 2024 pour améliorer la disponibilité de ces équipements, mêmes si certaines difficultés semblent subsister.

Dans le domaine de la radioprotection, les performances de la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly sont dans la moyenne nationale, stables par rapport à celles observées en 2023. Si le site présente un taux de contamination des intervenants parmi les plus bas des centrales nucléaires d'EDF, des progrès restent à réaliser dans la gestion des régimes de travail radiologique, la réalisation des contrôles radiologiques sur les matériels en sortie de zone contrôlée – de nombreux points chauds ont été détectés en 2023 et 2024 sur les voiries du site – et dans la gestion des balisages des zones orange.

En matière de protection de l'environnement, les performances de la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly se sont maintenues à un bon niveau en 2024, notamment concernant la gestion du risque microbiologique, la gestion des rejets en cuivre et zinc dans les effluents liquides et la gestion des déchets. Le site doit néanmoins poursuivre ses travaux visant à améliorer la gestion du confinement des substances dangereuses et engager les actions nécessaires, afin d'augmenter le nombre de réservoirs d'entreposage des effluents pour prendre en compte les effets du changement climatique et les problématiques de vieillissement des réservoirs actuels.

En matière d'inspection du travail, si les écarts relevés sur l'emploi des jeunes travailleurs ont fait l'objet d'actions correctives réactives, l'ASN estime que la gestion des installations d'aération et d'assainissement des locaux de travail nécessite également des actions correctives et une implication forte du site. À la suite des écarts constatés lors du contrôle par l'ASN des conditions d'emploi de salariés d'entreprises prestataires intervenant sur le site, plusieurs contrats de travail ont été régularisés. En outre, l'ASN relève l'absence d'accident grave sur le site en 2024.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base :**
  - la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire (2 réacteurs de 1 300 MWe),
  - la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly (4 réacteurs de 900 MWe),
  - le site de Saint-Laurent-des-Eaux : la centrale nucléaire (2 réacteurs de 900 MWe) en fonctionnement, ainsi que les 2 réacteurs en démantèlement de la filière uranium naturel-graphite-gaz (UNGG) et les silos d'entreposage de chemises graphite irradiées,
  - le site de Chinon : la centrale nucléaire (4 réacteurs de 900 MWe) en fonctionnement, ainsi que les 3 réacteurs UNGG en démantèlement, l'Atelier des matériaux irradiés (AMI) et le Magasin interrégional (MIR) de combustible neuf ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 9 services de radiothérapie externe,
  - 3 services de curiethérapie,
  - 11 services de médecine nucléaire,
  - 31 services mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 38 établissements mettant en œuvre un ou des scanners diagnostics,
  - environ 2 700 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - 15 sociétés ayant une activité de radiographie industrielle,
  - environ 330 équipements industriels, vétérinaires et de recherche ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 1 organisme pour le contrôle de la radioprotection,
  - 5 laboratoires pour les mesures de la radioactivité dans l'environnement.

Site de Chinon

Le site de Chinon, situé sur le territoire de la commune d'Avoine dans le département d'Indre-et-Loire, en rive gauche de la Loire, comporte différentes installations nucléaires, certaines en fonctionnement, d'autres en cours de démantèlement. Au sud du site, la centrale nucléaire de Chinon B comporte quatre réacteurs en fonctionnement d'une puissance de 900 MWe, mis en service en 1982 et 1983 pour les deux premiers, qui constituent l'INB 107, puis 1986 et 1987 pour les deux derniers, qui constituent l'INB 132. Au nord, les trois anciens réacteurs appartenant à la filière UNGG, dénommés Chinon A1, A2 et A3, sont en cours de démantèlement. Sont également implantés sur le site le MIR et une installation d'expertise des matériaux activés ou contaminés, l'AMI, en cours de démantèlement et dont les activités d'expertise ont été transférées vers le Laboratoire intégré d'expertises de Chinon (Lidec).

Centrale nucléaire de Chinon

Réacteurs B1, B2, B3 et B4 en fonctionnement

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Chinon se distinguent favorablement dans le domaine de l'environnement et rejoignent l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN estime que les résultats sur l'année 2024 sont dans la moyenne des centrales nucléaires, mais apparaissent en retrait par rapport à ceux de 2023. En effet, si les performances dans le domaine de la conduite des réacteurs se sont maintenues à un niveau satisfaisant, des améliorations sont attendues sur la gestion du risque incendie et la disponibilité de systèmes concourant à la maîtrise de la réactivité.

Concernant la maintenance des installations, les performances du site se sont dégradées sur l'année 2024. Les équipements contrôlés apparaissent en bon état, mais la qualité des analyses de premier niveau est en retrait et plusieurs événements ont mis en lumière le manque de compétence ou de formation des acteurs impliqués.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Chinon en matière de radioprotection sont en progrès. Le taux de contamination des intervenants reste parmi les plus bas des centrales nucléaires d'EDF. Les actions mises en œuvre face aux difficultés rencontrées dans le processus de réalisation de tirs radiographiques ces dernières années semblent avoir porté leurs fruits en 2024. L'ASN note toutefois que le site apparaît en retrait sur le nombre de déclenchements de portiques de détection de la radioactivité en sortie de site et de détection de contamination des voiries, malgré des progrès constatés.

Les performances de la centrale nucléaire de Chinon dans le domaine de l'environnement sont en progrès et apparaissent parmi les meilleures des centrales nucléaires d'EDF. Le site maîtrise ses rejets et le confinement liquide des substances dangereuses. La gestion des déchets apparaît cependant toujours en retrait. L'année 2025 devra notamment être mise à profit pour poursuivre le traitement et l'élimination des déchets issus de la maintenance des réacteurs accumulés depuis plusieurs années sur le site.

L'année 2024 a été marquée par de nombreux accidents nécessitant des investigations de la part de l'ASN au titre de l'inspection du travail, qui ont mis en évidence des déroulements de chantier à améliorer. L'ASN considère que le site doit progresser sur la préparation des chantiers et notamment sur la prise en compte de l'ensemble des risques, à l'instar de ceux liés à la présence éventuelle d'amiante et de plomb. Enfin, l'ASN relève qu'un effort significatif a été réalisé par le site sur le risque de chute de hauteur, avec la mise en place d'un contrôle de l'ensemble des protections collectives concernées.

Réacteurs A1, A2 et A3 en démantèlement

La filière UNGG est constituée de six réacteurs, dont les réacteurs de Chinon A1, A2 et A3. Ces réacteurs de première génération fonctionnaient avec de l'uranium naturel comme combustible, utilisaient le graphite comme modérateur, et étaient refroidis au CO_2. Au sein de cette filière, on distingue les réacteurs dits « intégrés », dont les échangeurs de chaleur se situent sous le cœur du réacteur à l'intérieur du caisson, et les réacteurs « non intégrés », dont les échangeurs se situent de part et d'autre du caisson du réacteur. Les réacteurs Chinon A1, A2 et A3 sont des réacteurs UNGG « non intégrés ». Ils ont été arrêtés respectivement en 1973, 1985 et 1990.

Les réacteurs A1 et A2 ont été partiellement démantelés et transformés en installations d'entreposage de leurs propres matériels (Chinon A1 D et Chinon A2 D). Ces opérations ont été autorisées respectivement par les décrets du 11 octobre 1982 et du 7 février 1991. Chinon A1 D est actuellement démantelé partiellement et est aménagé en musée – le musée de l'Atome – depuis 1986. Chinon A2 D est également démantelé partiellement et abritait jusqu'à la fin de l'année 2022 le GIE Intra (robots et engins destinés à intervenir sur des installations nucléaires accidentées). Le démantèlement complet du réacteur Chinon A3 a été autorisé par le décret du 18 mai 2010, avec un scénario de démantèlement « sous eau ».

En mars 2016, EDF a annoncé un changement complet de stratégie de démantèlement de ses réacteurs définitivement à l'arrêt. Dans cette nouvelle stratégie, le scénario de démantèlement prévu pour l'ensemble des caissons de réacteur est un démantèlement « en air »[1] et le caisson de Chinon A2 serait démantelé en premier (*voir chapitre 14*).

1. Parmi les scénarios possibles pour le démantèlement des structures fortement activées ou contaminées, on distingue le démantèlement « en air » et le démantèlement « sous eau ». L'approche « sous eau » consiste dans le cas des UNGG à remplir d'eau le cœur du réacteur (également appelé « caisson ») afin de bénéficier de l'effet protecteur d'une couche d'eau vis-à-vis des risques liés aux rayonnements, mais elle est plus complexe à mettre en œuvre que l'approche « en air ». Compte tenu des difficultés techniques majeures (étanchéité du caisson et traitement de l'eau contaminée), mais également des avancées technologiques apportant d'autres solutions, notamment la téléopération, EDF a finalement retenu un scénario de démantèlement « en air », qui permet de s'affranchir des problématiques liées à l'utilisation de l'eau.

Dans ce contexte, l'ASN a analysé les rapports de conclusions du réexamen périodique, remis par EDF qui portent sur les six réacteurs UNGG, complétés en réponse à la demande de l'ASN. Au terme de son analyse, l'ASN a indiqué en décembre 2021 n'avoir pas d'objection à la poursuite d'exploitation des INB 133 (réacteur Chinon A1), 153 (réacteur Chinon A2) et 161 (réacteur Chinon A3). L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) vérifiera, dans le cadre de l'instruction des dossiers de démantèlement de ces réacteurs, déposés par EDF fin 2022 et toujours en cours d'instruction, que les opérations de démantèlement seront réalisées dans de bonnes conditions de sûreté et de radioprotection, et dans des délais maîtrisés.

Concernant le réacteur Chinon A2, EDF a poursuivi, en 2024, les opérations préparatoires au démantèlement se situant hors du caisson du réacteur, notamment l'évacuation des viroles des locaux des échangeurs, et a continué les investigations dans le caisson réacteur. Les viroles ont été évacuées des quatre locaux échangeurs. EDF a également poursuivi le démantèlement des échangeurs de Chinon A3.

Le plan d'action engagé par EDF à la suite des infiltrations d'eau dans plusieurs locaux de Chinon A1, Chinon A2 et de l'AMI (INB 94) en 2023 s'est révélé insuffisant pour éviter de nouvelles infiltrations d'eau lors d'un fort épisode orageux en juin 2024. Ce plan a depuis été renforcé, notamment par des mesures curatives et préventives complémentaires, comme la réalisation de travaux d'étanchéification et la mise à jour des procédures d'urgence en cas d'alerte météorologique. L'ASN estime qu'EDF doit poursuivre ses efforts pour améliorer le suivi et la gestion des infiltrations, ainsi que les travaux de maintenance du génie civil. La mise en œuvre du plan d'action fera l'objet d'une attention particulière de l'ASNR en 2025.

L'ASN considère que le niveau de sûreté des installations nucléaires en démantèlement de Chinon (Chinon A1, A2 et A3) est satisfaisant. Les contrôles menés en 2024 ont notamment permis de relever la bonne préparation des différents chantiers du démantèlement, la bonne tenue d'un chantier de mise en sécurité lié au risque amiante et le respect des plannings définis. Par ailleurs, l'organisation mise en place pour prévenir et traiter le risque de contrefaçons, falsifications et suspicions de fraudes est apparue opérationnelle et en capacité de traiter les situations rencontrées. Enfin, des compléments sont attendus pour clarifier les listes des éléments importants pour la protection (EIP) des intérêts en vigueur.

LES INSTALLATIONS DU « CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE »

Magasin interrégional de combustible neuf

Le Magasin interrégional (MIR) de Chinon, mis en service en 1978, est une installation d'entreposage d'assemblages de combustible neuf, dans l'attente de leur utilisation dans divers réacteurs d'EDF. Elle constitue l'INB 99. Avec le MIR du Bugey, l'installation concourt à la gestion des flux d'approvisionnement des réacteurs en assemblages de combustible.

L'installation a été équipée en 2019 d'un nouveau pont de manutention et l'exploitation a repris depuis 2020, avec la réception et l'entreposage d'assemblages de combustible neuf. En 2024, EDF n'a déclaré aucun événement significatif et a répondu aux demandes formulées dans le cadre de l'inspection réalisée en 2023. En 2025, le rapport de conclusions du deuxième réexamen périodique de l'installation devra être transmis à l'ASNR et l'installation fera l'objet d'une inspection.

LES INSTALLATIONS DE RECHERCHE EN DÉMANTÈLEMENT

Atelier des matériaux irradiés

L'Atelier des matériaux irradiés (AMI), déclaré et mis en service en 1964, est situé sur le site nucléaire de Chinon et exploité par EDF. Cette installation (INB 94) est en démantèlement. Elle était destinée essentiellement à la réalisation d'examens et d'expertises sur des matériaux activés ou contaminés en provenance des réacteurs à eau sous pression.

Les activités d'expertise ont été complètement transférées en 2015 dans une nouvelle installation du site, le Lidec.

Le décret n° 2020-499 de démantèlement de l'AMI a été publié le 30 avril 2020 et les nouvelles RGE ont été approuvées par l'ASN en avril 2021, permettant ainsi l'entrée en application du décret. L'ASN a également soumis à son accord l'engagement de plusieurs opérations de démantèlement à venir.

À la suite de la mise à jour de la décision encadrant les limites de rejets de l'installation en juillet 2022, une nouvelle chaîne de surveillance des rejets a été mise en service et des opérations de démantèlement ont commencé qui comprennent des découpes d'équipements et des interventions dans plusieurs ateliers.

Les déchets magnésiens historiques, provenant des expertises réalisées sur certaines pièces, nécessitent des opérations d'inertage[2] pour répondre aux critères de stockage de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Les résultats de la caractérisation étant différents de ceux initialement prévus, une dérogation nécessaire a été obtenue fin 2022 auprès de l'Andra, permettant ainsi leur prise en charge. Un chantier école a été réalisé au début de l'année 2023. Lors d'une inspection réalisée en 2024, avant la reprise des travaux d'inertage, l'ASN a constaté que l'exploitant avait correctement mis en œuvre certaines dispositions de maîtrise du risque incendie liées à ce chantier. Les opérations d'inertage ont été achevées en 2024 et les évacuations des déchets vers l'Andra ont débuté fin 2024.

Par ailleurs, l'ASN a accordé en août 2023 une autorisation de démantèlement des circuits d'effluents liquides hautement actifs. À la suite des difficultés techniques et contractuelles rencontrées par EDF en 2022, ces opérations, initialement prévues pour 2023, ont été replanifiées et ont débuté en 2024. Les opérations de traitement des produits chimiques historiques présents en zone contrôlée se

2. L'inertage est ici un procédé permettant de confiner l'activité radiologique des déchets magnésiens dans une enceinte de matériaux spécifiques pour les transporter et les entreposer sans risques.

sont poursuivies et l'évacuation de ces déchets nucléaires, débutée en 2022, est toujours en cours.

Concernant la pollution « Thermip » (pollution non radiologique aux hydrocarbures et au naphtalène), EDF a repris son suivi en 2023 et a complété son plan de gestion en 2024 par des éléments techniques, pour approbation de l'ASN. L'instruction de ce dossier se poursuivra en 2025.

Comme pour certains locaux des réacteurs de Chinon A1 et A3, des infiltrations ont été observées dans certains locaux de l'AMI lors des épisodes pluvieux de 2023 et 2024. Le plan d'action global mené par EDF comprend des actions spécifiques à l'AMI, notamment pour pomper et entreposer sur le site les eaux infiltrées en sous-sol. En avril et octobre 2024, l'ASN a délivré deux autorisations permettant à EDF d'entreposer ces eaux dans deux réservoirs sur une zone dédiée, dans l'attente de leur acheminement par camion vers un site de traitement.

Au travers des contrôles réalisés lors de ses inspections, l'ASN estime que le management de la sûreté appliqué à l'AMI est satisfaisant. Une vigilance particulière doit toutefois être portée sur le suivi du génie civil et des infiltrations d'eau au niveau du sous-sol servant de rétention. En 2025, l'ASNR suivra l'avancement du plan d'action d'EDF visant à prévenir de nouvelles infiltrations.

Site de Saint-Laurent-des-Eaux

Le site de Saint-Laurent-des-Eaux, situé sur le territoire de la commune de Saint-Laurent-Nouan dans le Loir-et-Cher, en bord de Loire, comporte différentes installations nucléaires, certaines en fonctionnement et d'autres en cours de démantèlement. La centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux comporte deux réacteurs B1 et B2 en fonctionnement d'une puissance de 900 MWe, mis en service en 1980 et 1981, qui constituent l'INB 100. Le site comporte également deux anciens réacteurs nucléaires A1 et A2 de la filière UNGG en phase de démantèlement et les deux silos d'entreposage des chemises de graphite provenant de l'exploitation des réacteurs A1 et A2.

Centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux

Réacteurs B1 et B2 en fonctionnement

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux dans le domaine de l'environnement se distinguent favorablement par rapport à l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF. Néanmoins, dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, les performances sont en retrait par rapport à cette appréciation générale.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN note que les résultats de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux se sont dégradés en 2024. Un manque global de formation et de communication a été relevé dans le domaine de la conduite, notamment sur la surveillance en salle de commande et sur la gestion de la configuration des circuits. En revanche, l'ASN constate une nette amélioration du site sur la thématique incendie, grâce à des actions fortes mises en œuvre pour corriger les nombreux écarts relevés lors des contrôles de 2023. Toutefois, des améliorations restent attendues sur la gestion de la charge calorifique et des permis de feu.

En ce qui concerne la maintenance, les performances de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux sont jugées insuffisantes concernant les systèmes des fonctions supports, de la maîtrise de la réactivité et du refroidissement. L'ASN considère que l'exploitant doit progresser sur l'élaboration de plans d'action adaptés aux difficultés, la préparation des activités, la gestion des demandes de travaux, ainsi que la surveillance des prestataires.

Dans le domaine de la radioprotection, l'ASN considère que les résultats de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux restent en retrait par rapport à la moyenne nationale. La préparation des chantiers et le suivi de la propreté radiologique des locaux doivent être améliorés. Plusieurs contaminations d'intervenants ont également été constatées en 2024.

L'organisation du site pour répondre aux exigences réglementaires dans le domaine de l'environnement est jugée performante, notamment grâce à une gestion satisfaisante du confinement liquide des eaux d'extinction, une bonne maîtrise des rejets, une surveillance adéquate de l'environnement et une gestion adaptée du risque microbiologique.

Un accident, survenu en 2024, a conduit à des investigations importantes de la part de l'ASN au titre de l'inspection du travail, mettant en évidence des déroulements de chantier à améliorer. Par ailleurs, au vu des contrôles effectués, des améliorations significatives sont attendues sur les thèmes du levage et du risque d'atmosphère explosive.

Réacteurs A1 et A2 en démantèlement

L'ancienne centrale de Saint-Laurent-des-Eaux constitue une INB qui comprend deux réacteurs UNGG « intégrés », les réacteurs A1 et A2. Ces réacteurs de première génération, qui fonctionnaient avec de l'uranium naturel comme combustible, utilisaient le graphite comme modérateur et étaient refroidis au gaz. Leur mise à l'arrêt définitif a été prononcée respectivement en 1990 et 1992. Le démantèlement complet de l'installation a été autorisé par le décret du 18 mai 2010.

À l'issue de l'analyse des rapports de conclusions du réexamen périodique portant sur l'ensemble des réacteurs UNGG, l'ASN a indiqué en décembre 2021 n'avoir pas d'objection à la poursuite d'exploitation de l'INB 46 (réacteurs Saint-Laurent A1 et A2). L'ASNR vérifiera, dans le cadre de l'instruction des nouveaux dossiers de démantèlement de ces réacteurs, qui ont été déposés par EDF fin 2022 pour exposer la nouvelle stratégie de démantèlement « en air », que les opérations de démantèlement seront réalisées dans de bonnes conditions de sûreté et de radioprotection, et dans des délais maîtrisés.

L'ASN a achevé l'instruction du plan de gestion des sols pollués aux hydrocarbures de la zone des anciens transformateurs du réacteur de Saint-Laurent A2 et a autorisé EDF à procéder aux opérations d'assainissement des sols par décision du 10 février 2023. Ces opérations, débutées au dernier trimestre 2024, se poursuivront en 2025.

En 2024, EDF a poursuivi la réalisation des chantiers de démantèlement et notamment le chantier de démantèlement hors caisson (Saint-Laurent A2). Après un arrêt, en 2023, de certains travaux à la suite de la découverte de plomb dans les poussières des chantiers, les activités ont repris en 2024, après nettoyage des zones concernées. L'ASN considère que le niveau de sûreté des réacteurs de Saint-Laurent-des-Eaux A est satisfaisant. Elle a constaté, lors de ses inspections, une bonne tenue générale des locaux et des chantiers. Cependant, si la gestion des contrôles et essais périodiques est jugée satisfaisante dans l'ensemble, des efforts sont nécessaires pour garantir le respect des échéances et la mise à jour de certaines procédures internes. Par ailleurs, des compléments sont attendus pour clarifier la liste des EIP en vigueur.

Silos de Saint-Laurent-des-Eaux

L'installation, autorisée par le décret du 14 juin 1971, est constituée de deux silos dont la fonction est l'entreposage de chemises de graphite irradiées issues de l'exploitation des réacteurs UNGG de Saint-Laurent-des-Eaux A. Le confinement statique de ces déchets est assuré par les structures des casemates en béton des silos, dont l'étanchéité est assurée par un cuvelage en acier. Par ailleurs, EDF a mis en place en 2010 une enceinte géotechnique autour des silos, permettant de renforcer la maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives, qui constitue l'enjeu principal de l'installation.

L'exploitation de cette installation se limite à des mesures de surveillance et d'entretien : contrôles et mesures de surveillance radiologique des silos, contrôle de l'absence d'entrée d'eau, de l'hygrométrie, des débits de dose au voisinage des silos, de l'activité de la nappe, du suivi de l'état du génie civil.

Dans le cadre du changement de stratégie de démantèlement des réacteurs UNGG, EDF a annoncé en 2016 sa décision d'engager les opérations de sortie des chemises de graphite sans attendre la disponibilité d'un stockage définitif pour les déchets de graphite. Dans ce but, EDF envisage la création d'une nouvelle installation d'entreposage des chemises de graphite sur le site de Saint-Laurent-des-Eaux.

La déclaration d'arrêt définitif de l'installation a été transmise par EDF en mars 2022. EDF a déposé, fin 2022, le dossier de démantèlement des silos, intégrant les opérations de désilage pour la reprise et le reconditionnement des déchets de graphite, et la création de la future installation d'entreposage des colis de déchets de graphite. Selon les hypothèses actuelles du dossier en cours d'instruction, le désilage devrait débuter au début des années 2030.

Collectivité de Corse

La division de Marseille contrôle la radioprotection et le transport de substances radioactives dans la collectivité de Corse.

3
inspections

En 2024, l'ASN a réalisé trois inspections en Corse, deux dans le domaine médical et une inspection d'un organisme agréé pour la mesure du radon.

Aucun événement significatif n'a été classé au niveau 1 ou plus de l'échelle internationale des risques nucléaires et radiologiques (échelle INES) dans le domaine du nucléaire de proximité.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :**
  - 2 services de radiothérapie externe,
  - 2 services de médecine nucléaire,
  - 8 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 8 scanners,
  - environ 330 appareils de radiologie médicale et dentaire ;

Chapitre 7 p. 210

- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :**
  - environ 40 vétérinaires utilisant des appareils de radiodiagnostic,
  - environ 40 établissements industriels et de recherche dont 2 entreprises exerçant une activité de radiographie industrielle ;

Chapitre 8 p. 250

- **des activités liées au transport de substances radioactives ;**

Chapitre 9 p. 282

- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 2 organismes pour la mesure du radon.

Départements et régions d'outre-mer

La division de Paris contrôle la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 5 **départements et régions d'outre-mer** (Guadeloupe, Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte), ainsi que dans certaines collectivités d'outre-mer. Elle intervient en tant qu'expert auprès des autorités compétentes de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie française.

9
inspections

En 2024, dans les départements, régions ou collectivités d'outre-mer, neuf inspections ont été réalisées dans le domaine du nucléaire de proximité. Trois campagnes d'inspection sur place ont été réalisées par l'ASN.

Aucun événement significatif n'a été classé au niveau 1 ou plus de l'échelle internationale des risques nucléaires et radiologiques (échelle INES) dans le domaine du nucléaire de proximité.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :**
  - 5 services de radiothérapie externe,
  - 1 service de curiethérapie,
  - 5 services de médecine nucléaire,
  - 21 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées ;

Chapitre 7 p. 210

- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :**
  - 3 sociétés de radiologie industrielle utilisant des appareils de gammagraphie ;

Chapitre 8 p. 250

- **des activités liées au transport de substances radioactives.**

Chapitre 9 p. 282

Grand Est

Les divisions de Châlons-en-Champagne et de Strasbourg contrôlent conjointement la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 10 départements de la région Grand Est.

164 inspections

8 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a mené 164 inspections dans la région Grand Est, dont 62 dans les centrales nucléaires en exploitation, dix dans les installations de stockage de déchets radioactifs et sur les sites des centrales nucléaires de Fessenheim et de Chooz A en démantèlement, 81 dans le domaine du nucléaire de proximité, cinq concernant le transport de substances radioactives et six concernant des organismes ou laboratoires agréés.

L'ASN a par ailleurs réalisé 15 journées d'inspection du travail dans les centrales nucléaires.

Au cours de l'année 2024, trois événements significatifs déclarés par les exploitants des installations nucléaires de la région Grand Est ont été classés au niveau 1 sur l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES).

Dans le domaine du nucléaire de proximité, deux événements significatifs ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES (un dans le domaine industriel et un dans le domaine médical) et trois événements significatifs concernant des patients ont été classés au niveau 1 de l'échelle ASN-SFRO.

Enfin, dans le cadre de leurs missions de contrôle, les inspecteurs de l'ASN ont été amenés à effectuer un signalement en application de l'article 40 du code de procédure pénale, pour des suspicions de falsification dans une installation fabriquant des équipements à destination des installations nucléaires.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE CATTENOM

La centrale nucléaire de Cattenom est située sur la rive gauche de la Moselle, à 5 km de la ville de Thionville et à 10 km du Luxembourg et de l'Allemagne.

Elle comprend quatre réacteurs à eau sous pression (REP) d'une puissance unitaire de 1 300 mégawatts électriques (MWe) mis en service entre 1986 et 1991. Les réacteurs 1, 2, 3 et 4 constituent respectivement les installations nucléaires de base (INB) 124, 125, 126 et 137.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Cattenom en matière de sûreté nucléaire se distinguent favorablement par rapport à l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF. En matière de protection de l'environnement et de radioprotection, les performances de la centrale nucléaire de Cattenom rejoignent l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF.

Sur le plan de l'exploitation et de la conduite des réacteurs, l'ASN considère que les performances sont globalement satisfaisantes. En revanche, des faiblesses persistent en matière de surveillance en salle de commande.

En matière de maintenance, l'année 2024 a été notamment marquée par un arrêt de réacteur pour visite décennale, un arrêt pour simple rechargement, ainsi qu'un arrêt de trois mois pour économie de combustible durant l'été. Les performances en matière de maintenance restent satisfaisantes, avec en particulier une bonne organisation des interventions se traduisant par une maîtrise du planning de la visite décennale et une bonne anticipation des interventions fortuites à réaliser.

La thématique de la prévention du risque incendie, pour laquelle le site était considéré comme en retrait depuis plusieurs années, est en progrès en 2024, en particulier concernant la maîtrise des charges calorifiques. Un incendie hors zone contrôlée survenu en juin 2024, à l'origine du déclenchement d'un plan d'urgence interne, a été correctement pris en charge par le site.

En matière de protection de l'environnement, le site a confirmé en 2024 les progrès observés en 2023 sur des thématiques jugées en retrait les années précédentes. L'ASN relève notamment une meilleure gestion du confinement liquide et des installations de déshuilage des eaux résiduaires. En revanche, la consommation de produits biocides est toujours élevée, générant des rejets importants.

Dans le domaine de la radioprotection, l'ASN considère que le site doit progresser sur la maîtrise de la dispersion de la contamination, ainsi que sur la bonne gestion des zones contrôlées orange. À l'inverse, des améliorations ont été notées sur la gestion des contrôles radiographiques. Si l'ASN considère que le site a pris conscience de ses fragilités, des actions de fond doivent encore être menées afin d'améliorer durablement les performances en matière de radioprotection.

Enfin, en matière de sécurité au travail, l'ASN considère que l'environnement de travail est globalement adapté, hormis dans certains locaux situés hors zone contrôlée. Par ailleurs, des accidents et presqu'accidents marquants survenus en 2024 interrogent dans certains cas sur l'identification et la prise en compte des risques spécifiques lors de la préparation des chantiers.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE CHOOZ

La centrale nucléaire de Chooz est exploitée par EDF dans le département des Ardennes sur le territoire de la commune de Chooz, à 60 km au nord de Charleville-Mézières. Le site est constitué de la centrale nucléaire des Ardennes, dite « Chooz A », comprenant le réacteur A (INB 163), exploité de 1967 à 1991, dont les opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement ont été autorisées par le décret n° 2007-1395 du 27 septembre 2007, et la centrale nucléaire de Chooz B, comprenant deux réacteurs d'une puissance de 1 450 MWe chacun (INB 139 et 144), mis en service en 2001.

Réacteurs B1 et B2 en exploitation

L'ASN considère que les performances en matière de sûreté nucléaire et d'environnement de la centrale nucléaire de Chooz B rejoignent l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF. Elle se distingue favorablement en matière de radioprotection.

Sur le plan de l'exploitation des installations, des progrès sont attendus, en particulier concernant la gestion des mises en configuration des circuits. Une vigilance accrue devra également être portée en 2025 sur la qualité et le strict respect des documents de conduite des réacteurs, ce point ayant été, comme en 2023, à l'origine d'événements significatifs.

En matière de maintenance, l'année a été marquée par deux arrêts pour rechargement du combustible, comportant un volume d'activités limité, dont la gestion a été jugée satisfaisante par l'ASN. Des axes de progrès ont néanmoins été identifiés concernant la maintenance des générateurs de vapeur (GV) et le suivi en service des équipements sous pression nucléaires.

En matière de radioprotection des travailleurs, l'ASN considère que le site est en progrès par rapport à l'année précédente. La propreté radiologique des installations se situe à un niveau satisfaisant. Quelques axes d'amélioration mériteront toutefois une attention particulière en 2025, concernant la culture de radioprotection des intervenants et la maîtrise du risque de dispersion de la contamination sur les chantiers.

Concernant la protection de l'environnement, l'ASN considère que l'organisation du site reste satisfaisante. Toutefois, la maîtrise du processus de rejet des effluents s'est ponctuellement montrée perfectible. En outre, une vigilance est attendue sur la disponibilité des matériels de prélèvement.

Enfin, les contrôles réalisés en matière de santé et sécurité au travail n'ont pas mis en évidence de situation problématique particulière. Les éléments apportés par l'employeur en réponse aux observations faites lors des inspections sont de nature à résorber les écarts ponctuels relevés. Quelques améliorations sont toutefois attendues dans l'organisation mise en place pour assurer le contrôle de la ventilation des locaux à pollution spécifique.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base :**
  - la centrale nucléaire de Cattenom (4 réacteurs de 1 300 MWe),
  - la centrale nucléaire de Chooz A (1 réacteur de 305 MWe, en démantèlement),
  - la centrale nucléaire de Chooz B (2 réacteurs de 1 450 MWe),
  - la centrale nucléaire de Fessenheim (2 réacteurs de 900 MWe, à l'arrêt définitif),
  - la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine (2 réacteurs de 1 300 MWe),
  - le Centre de stockage de déchets radioactifs de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC), implanté à Soulaines-Dhuys dans l'Aube (CSA) ;
- **le projet Cigéo de stockage géologique de déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue ;**
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 14 services de radiothérapie externe,
  - 5 services de curiethérapie,
  - 20 services de médecine nucléaire,
  - environ 100 scanners,
  - 74 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - environ 2 320 établissements de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - environ 220 activités industrielles et vétérinaires relevant des régimes d'autorisation ou d'enregistrement,
  - 30 entreprises exerçant une activité de radiographie industrielle,
  - environ 40 unités de recherche, publiques ou privées ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 6 laboratoires pour les mesures de la radioactivité dans l'environnement,
  - 2 organismes pour la mesure du radon.

Réacteur A en démantèlement

Les activités menées en 2024 sur le réacteur en démantèlement de Chooz A ont été principalement consacrées aux opérations préalables à la levée de la cuve du réacteur, prévue en 2025, à savoir le pompage final du fond de cuve, la rénovation du pont de manutention du bâtiment réacteur et la découpe des tuyauteries du circuit primaire au niveau de la cuve. Par ailleurs, les opérations de démantèlement de l'ensemble des matériels encore présents dans le bâtiment combustible se sont poursuivies.

En matière de sûreté nucléaire et d'environnement, les performances jugées dans l'ensemble satisfaisantes par l'ASN au cours des dernières années se sont maintenues en 2024, en dépit d'écarts liés notamment à la sectorisation incendie, qui devront faire l'objet d'un suivi particulier.

En matière de radioprotection, l'inspection réalisée en 2024 a confirmé que les actions engagées ces dernières années sont de nature à faire progresser le niveau du site dans ce domaine. Toutefois, l'année 2024 a été marquée par un nombre important de contaminations internes, en particulier sur le chantier de découpe des tuyauteries du circuit primaire, à risque de contamination par des particules « alpha ». Les mesures spécifiques mises en œuvre sur ce chantier particulier n'ont pas permis d'atteindre le niveau de protection visé. Il est attendu de l'exploitant qu'il définisse et mette en place des dispositions renforcées pour les prochains chantiers présentant le même type de risque.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE FESSENHEIM

La centrale nucléaire de Fessenheim est située à 1,5 km de la frontière allemande et à 30 km environ de la Suisse. Elle comprend deux réacteurs, mis en service en 1977 et arrêtés définitivement en 2020, actuellement en phase de préparation au démantèlement.

L'ASN considère que le site poursuit la préparation du démantèlement de manière sérieuse. L'année 2024 a par ailleurs été marquée par une étape importante de l'instruction du dossier de démantèlement, avec le déroulement au premier semestre de l'enquête publique associée.

Comme les années précédentes, les activités préparatoires au démantèlement se sont déroulées de façon satisfaisante et conformément aux plannings prévus, avec notamment : la finalisation des travaux préparatoires de transformation de la salle des machines en une zone de gestion et d'entreposage des déchets ; la préparation des anciens GV du site en vue de leur transport dans l'objectif d'une décontamination et leur valorisation par un procédé de fusion dans les installations de Cyclife en Suède ; la poursuite du traitement des déchets activés d'exploitation ; et la poursuite de l'évacuation du bore, qui a permis d'atteindre le niveau résiduel attendu à l'entrée en démantèlement.

L'ASN considère par ailleurs que les modifications organisationnelles de l'année 2023 et les réductions d'effectifs successives depuis 2020 ont été bien gérées et n'ont pas eu d'effet négatif sur l'exploitation du site.

En matière de radioprotection, les performances du site sont considérées comme globalement satisfaisantes.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE NOGENT-SUR-SEINE

La centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine, exploitée par EDF dans le département de l'Aube sur le territoire de la commune de Nogent-sur-Seine, à 70 km au nord-ouest de Troyes, est constituée de deux REP d'une puissance de 1 300 MWe chacun, mis en service en 1987 et 1988. Le réacteur 1 constitue l'INB 129, le réacteur 2 constitue l'INB 130.

L'ASN considère que les performances du site de Nogent-sur-Seine dans les domaines de la sûreté nucléaire, de l'environnement et de la radioprotection rejoignent l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF.

S'agissant de la sûreté nucléaire, l'ASN estime que les résultats sont dans l'ensemble corrects, avec néanmoins un axe d'amélioration concernant la gestion des situations fortuites en salle de commande. L'ASN relève par ailleurs une nette amélioration dans la gestion des consignations de matériels et des condamnations administratives.

Concernant la maintenance, l'année 2024 a été marquée par un arrêt du réacteur 2 pour rechargement du combustible. L'ASN considère que les opérations de maintenance se sont déroulées de manière globalement satisfaisante lors de cet arrêt.

Concernant la radioprotection des travailleurs, si l'ASN constate le maintien de résultats satisfaisants en matière de gestion de la propreté radiologique des chantiers, des écarts notables ont été relevés à l'occasion d'inspections. Ces écarts ont trait notamment à la gestion des sas d'accès aux chantiers de maintenance, ainsi qu'à l'entretien et au suivi des appareils de mesure de la radioactivité, en particulier dans la laverie du site. Une vigilance particulière est attendue de l'exploitant sur ces aspects. Enfin, d'une manière générale, l'ASN estime que des progrès restent à réaliser concernant la culture de radioprotection des intervenants sur le site.

Concernant la protection de l'environnement, l'ASN relève une meilleure prise en compte de la thématique, mais considère que l'organisation de l'exploitant demeure perfectible. En particulier, des améliorations restent attendues dans la gestion des rejets et du confinement des pollutions liquides.

Enfin, les contrôles mis en œuvre au titre de l'inspection du travail n'ont pas soulevé de points de fragilité particuliers, en dehors des écarts précités s'agissant de la radioprotection des travailleurs. Les points d'amélioration identifiés au cours des inspections sont par ailleurs traités avec sérieux par l'employeur.

CENTRE DE STOCKAGE DE L'AUBE

Autorisé par le décret du 4 septembre 1989 et mis en service en janvier 1992, le Centre de stockage de l'Aube (CSA) a pris le relais du Centre de stockage de la Manche (CSM) qui a cessé ses activités en juillet 1994, en bénéficiant de son retour d'expérience. Cette installation, implantée à Soulaines-Dhuys, présente une capacité de stockage d'un million de mètres cubes (m^3) de déchets FMA-VC. Elle constitue l'INB 149. Les opérations autorisées dans l'installation incluent le conditionnement des déchets, soit par injection de mortier dans des caissons métalliques de 5 ou 10 m^3, soit par compactage de fûts de 200 litres.

À la fin de l'année 2024, le volume des déchets stockés était d'environ 387 000 m^3, soit 39 % de la capacité autorisée. Selon les estimations réalisées par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) en 2016 dans le rapport de conclusions du réexamen périodique du CSA, la saturation de la capacité de l'installation pourrait intervenir à l'horizon 2062, au lieu de 2042 comme initialement prévu. Ceci s'explique par une meilleure connaissance des déchets futurs et de leurs chroniques de livraison, mais aussi par une optimisation de la gestion des déchets *via* le compactage de certains colis.

L'ASN considère que le CSA est exploité dans des conditions satisfaisantes dans les domaines de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et de l'environnement. Les inspections menées en 2024 ont notamment permis de constater une organisation maîtrisée et adaptée aux enjeux pour le choix et la surveillance des prestataires, ainsi qu'un référentiel qualité robuste, bien maîtrisé et suivi pour assurer la surveillance de l'environnement sur le site.

PROJET DE CENTRE DE STOCKAGE EN COUCHE GÉOLOGIQUE PROFONDE

L'ASN considère que les expérimentations et travaux scientifiques menés par l'Andra dans le laboratoire souterrain de Bure se sont poursuivis en 2024 avec un bon niveau de qualité, comparable à celui des années précédentes.

L'ASN a par ailleurs poursuivi l'instruction du dossier de demande d'autorisation de création du projet Cigéo, que l'Andra a déposé le 16 janvier 2023 auprès de la ministre en charge de la sûreté nucléaire (*voir chapitre 15*).

PROJET DE PETIT RÉACTEUR MODULAIRE À BAZANCOURT

La société Jimmy Energy a déposé le 3 mai 2024, auprès de la ministre en charge de la sûreté nucléaire, une demande d'autorisation de création pour la construction d'un petit réacteur modulaire à Bazancourt (51). Ce réacteur serait destiné à fournir de la chaleur industrielle à une usine du groupe Cristal Union.

Au 31 décembre 2024, l'ASN avait terminé l'analyse de recevabilité de ce dossier et les suites à donner à cette analyse étaient en cours d'examen par le ministère chargé de la sûreté nucléaire (*voir chapitre 11*).

Hauts-de-France

La division de Lille contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 5 départements de la région Hauts-de-France.

93 inspections

15 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 93 inspections dans la région Hauts-de-France, dont 36 à la centrale nucléaire de Gravelines, 53 dans le nucléaire de proximité et quatre dans le domaine du transport de substances radioactives.

L'ASN a par ailleurs réalisé 13,5 journées d'inspection du travail dans la centrale nucléaire de Gravelines.

Au cours de l'année 2024, neuf événements significatifs classés au niveau 1 sur l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) ont été déclarés par la centrale nucléaire de Gravelines.

Dans le nucléaire de proximité, un événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES. En radiothérapie, cinq événements ont été classés au niveau 1 de l'échelle ASN-SFRO.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE GRAVELINES

La centrale nucléaire de Gravelines, exploitée par EDF, est située dans le département du Nord, en bordure de la mer du Nord, entre Calais et Dunkerque. Cette centrale nucléaire est constituée de six réacteurs à eau sous pression (REP) de 900 mégawatts électriques (MWe) pour une puissance totale de 5 400 MWe. Les réacteurs 1 et 2 constituent l'installation nucléaire de base (INB) 96, les réacteurs 3 et 4 l'INB 97, les réacteurs 5 et 6 l'INB 122.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Gravelines rejoignent l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF en matière de sûreté nucléaire, de protection de l'environnement et de radioprotection.

Les performances en matière de sûreté nucléaire ont légèrement progressé en 2024, notamment en ce qui concerne le traitement des événements significatifs. Le site est parvenu à stabiliser ses performances sur la fonction de refroidissement et sur la protection incendie. Le plan de rigueur mis en place par l'exploitant se poursuit en s'orientant vers les thématiques en difficulté comme la maîtrise de la réactivité et la maintenance. Malgré les actions mises en place, l'ASN a de nouveau constaté quelques pratiques ou comportements inadaptés, dont des non-respects de procédures ou des activités de maintenance mal réalisées. Le site doit donc poursuivre ses efforts afin de fédérer l'ensemble des acteurs.

Sur le plan de la maintenance, l'année 2024 a de nouveau été marquée par des prolongations importantes des durées d'arrêt des réacteurs, en grande partie du fait d'aléas techniques. Trois réacteurs étaient à l'arrêt simultanément pendant 12 semaines de mi-juillet à début novembre, occasionnant une sollicitation inhabituelle des services au cœur de l'été. La forte activité liée aux arrêts de réacteur incluait en 2024 la quatrième visite décennale du réacteur 4 s'ajoutant à un programme industriel incluant la construction du nouveau centre de crise local et la création des appoints en eau ultimes mis en œuvre dans le cadre du retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima au Japon. Cette situation a conduit à des activités de maintenance insuffisamment préparées. L'ASN a ainsi constaté des activités de maintenance mal réalisées et des reports d'interventions, notamment pour cause de manque de pièces de rechange.

En matière de protection de l'environnement, l'ASN considère que l'organisation de la centrale nucléaire de Gravelines et ses performances sont globalement satisfaisantes, même si des écarts doivent être corrigés comme dans la gestion des rejets d'effluents liquides ou l'application des exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais. Les efforts de ces dernières années ont permis une amélioration de la gestion des équipements utilisant du SF_6 (puissant gaz à effet de serre), une vigilance sur l'ensemble des gaz frigorigènes à effet de serre restant nécessaire.

L'ASN relève certains progrès en matière de radioprotection des travailleurs. Les difficultés rencontrées les années précédentes ont été prises en compte par le site et les mesures déployées commencent à porter leurs fruits sur le terrain. La tendance baissière du nombre d'événements significatifs se poursuit en 2024, mais deux événements classés au niveau 1 de l'échelle INES liés à des contaminations ont été déclarés. Ce bilan reste contrasté du fait de lacunes persistantes concernant l'application de la démarche d'optimisation dans la préparation d'interventions et la coordination des mesures de radioprotection avec les prestataires. L'ASN constate également une recrudescence d'écarts liés à des défauts de culture de radioprotection ou de rigueur des intervenants, en particulier en ce qui concerne les conditions d'accès en zone réglementée et la prise en compte du zonage réglementaire.

En matière d'inspection du travail, le déploiement sur le site depuis quelques années d'actions de prévention en matière de sécurité ont permis en 2024 de réduire le nombre d'accidents du travail des entreprises extérieures. La pérennisation, voire le renforcement, de ces pratiques reste nécessaire compte tenu du maintien à un niveau élevé de l'accidentologie. Des défauts de maîtrise de la conformité des installations de ventilation aux prescriptions réglementaires associées aux locaux à pollution spécifique ont été relevés, conduisant ponctuellement à des expositions non maîtrisées de salariés dans des locaux dans lesquels des substances dangereuses sont émises. Enfin, des écarts ponctuels ont été notés s'agissant du levage de charge et de l'utilisation d'équipements électriques conçus par les services de la centrale nucléaire.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **une installation nucléaire de base :**
  - la centrale nucléaire de Gravelines (6 réacteurs de 900 MWe) exploitée par EDF ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :**

Chapitre 7 p. 210

  - 19 services de radiothérapie externe,
  - 3 services de curiethérapie,
  - 30 services de médecine nucléaire dont 7 pratiquent la radiothérapie interne vectorisée,
  - 97 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 148 scanners,
  - environ 4 600 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :**

Chapitre 8 p. 250

  - environ 600 établissements industriels et de recherche, dont 23 entreprises exerçant une activité de radiographie industrielle, 6 accélérateurs de particules dont un destiné à contrôler des trains de fret et 2 cyclotrons, 40 laboratoires, principalement implantés dans les universités de la région et 11 entreprises utilisant des gammadensimètres,
  - 340 cabinets ou cliniques vétérinaires pratiquant le radiodiagnostic ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;**

Chapitre 9 p. 282

- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 2 organismes pour le contrôle de la radioprotection.

Île-de-France

La division de Paris contrôle la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 8 départements de la région Île-de-France. La division d'Orléans contrôle la sûreté nucléaire dans les installations nucléaires de base de cette région.

240 inspections

11 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 240 inspections dans la région Île-de-France, dont 90 dans le domaine de la sûreté nucléaire, 127 dans le domaine du nucléaire de proximité (dont quatre dans le domaine des sites et sols pollués), 14 sur le thème du transport de substances radioactives (TSR) et neuf concernant des organismes ou laboratoires agréés.

Sept événements significatifs ont été classés au niveau 1 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) dans le domaine du nucléaire de proximité, trois au niveau 1 de l'échelle INES dans le domaine des installations nucléaires de base (INB) et un au niveau 1 de l'échelle INES dans le domaine du TSR.

Enfin, un signalement en application de l'article 40 du code de procédure pénale concernant la falsification de documents par un organisme de contrôle a été effectué.

Site CEA de Saclay

Depuis 2017, le centre CEA Paris-Saclay rassemble des activités menées sur plusieurs sites géographiques proches de Paris, notamment les sites de Saclay et de Fontenay-aux-Roses.

Le centre CEA Paris-Saclay, dont le site principal a une superficie de 125 hectares, est situé à environ 20 km au sud-ouest de Paris, dans le département de l'Essonne. Environ 6 000 personnes y travaillent. Ce centre est principalement dédié, depuis 2005, aux sciences de la matière, à la recherche fondamentale et à la recherche appliquée. Les applications concernent la physique, la métallurgie, l'électronique, la biologie, la climatologie, la simulation, la chimie et l'environnement. La recherche appliquée nucléaire a pour objectif principal l'optimisation du fonctionnement des centrales nucléaires françaises et leur sûreté. Sept INB sont présentes sur ce site.

À proximité sont également implantés le siège de l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), institut de formation, et deux entreprises à vocation industrielle : Technicatome, qui conçoit des réacteurs nucléaires de propulsion navale, et CIS bio international, usine de production de médicaments radiopharmaceutiques pour la médecine nucléaire.

LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES ET DE RECHERCHE

Réacteurs Osiris et Isis

Le réacteur Osiris, de type piscine et d'une puissance de 70 mégawatts thermiques (MWth), était principalement destiné à la réalisation d'irradiations technologiques de matériaux de structure et de combustibles pour différentes filières de réacteurs de puissance. Une autre de ses fonctions consistait à produire des radioéléments à usage médical.

Sa maquette critique, le réacteur Isis, d'une puissance de 700 kilowatts thermiques (kWth), servait essentiellement à des activités de formation. Ces deux réacteurs, autorisés par le décret du 8 juin 1965, composent l'INB 40.

Compte tenu de la conception ancienne de cette installation au regard des meilleures techniques disponibles pour la protection contre les agressions externes et le confinement des matières en cas d'accident, le réacteur Osiris a été arrêté fin 2015. Le réacteur Isis a été définitivement mis à l'arrêt en mars 2019. Le dossier de démantèlement de l'ensemble de l'installation, déposé en octobre 2018, a fait l'objet de compléments à la demande de l'ASN, qui détaillent davantage les opérations prévues à chaque étape du démantèlement et justifient plus précisément l'état initial envisagé au début du démantèlement et les résultats de l'étude d'impact. Fin 2021, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) a annoncé une évolution profonde de la stratégie de démantèlement de l'INB 40 avec le report de la mise en service des équipements réalisant des opérations de traitement et de conditionnement de déchets irradiants. Dans le cadre de l'instruction,

des informations étaient attendues quant au nouveau scénario de démantèlement, notamment pour ce qui concerne la gestion des déchets irradiants. Le CEA a déposé un nouveau dossier de démantèlement en fin d'année 2023 qui est en cours d'instruction.

Depuis l'arrêt des réacteurs Osiris et Isis, et dans l'attente du démantèlement de l'installation, les opérations d'évacuation de matières radioactives et dangereuses et celles de préparation au démantèlement sont en cours, avec une organisation adaptée à ce nouvel état de l'installation. En particulier, les derniers combustibles irradiés des cœurs entreposés dans l'installation ont été évacués en 2021.

L'ASN considère que le niveau de sûreté de l'INB 40 est satisfaisant, en particulier en ce qui concerne la maîtrise des agressions externes et la gestion des rejets liquides. Des améliorations sont cependant attendues sur la gestion des déchets. L'organisation mise en place pour suivre les opérations préparatoires au démantèlement (OPDEM) est adaptée à l'état actuel de l'installation, malgré des reports d'opérations liés à un manque de moyens. Les engagements pris auprès de l'ASN font l'objet d'un suivi rigoureux et les avancées sont, dans l'ensemble, conformes aux échéances prévues. En 2025, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) portera son attention sur la maîtrise par l'exploitant des OPDEM, en particulier sur le respect du chemin critique pour atteindre l'état initial décrit dans le dossier de démantèlement. Elle sera également vigilante aux dispositions mises en œuvre par le CEA pour faire évoluer les zones d'entreposage des déchets dans l'installation, ainsi qu'aux études et travaux visant à réduire la consommation d'eau de l'installation.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base contrôlées par la division d'Orléans :**
  - le site CEA de Saclay du centre CEA Paris-Saclay,
  - l'Usine de production de radioéléments artificiels (UPRA) exploitée par CIS bio international à Saclay,
  - le site CEA de Fontenay-aux-Roses du centre CEA Paris-Saclay ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical contrôlées par la division de Paris :**
  Chapitre 7 p. 210
  - 26 services de radiothérapie externe,
  - 12 services de curiethérapie,
  - 43 services de médecine nucléaire *in vivo* et 12 services de médecine nucléaire *in vitro* (biologie médicale),
  - 150 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche contrôlées par la division de Paris :**
  Chapitre 8 p. 250
  - 9 sociétés de radiologie industrielle utilisant des appareils de gammagraphie,
  - environ 143 autorisations et 42 enregistrements relatifs à des activités de recherche ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;**
  Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 3 organismes pour le contrôle de la radioprotection.

Réacteur Orphée

Le réacteur Orphée (INB 101), réacteur source de neutrons, était un réacteur de recherche de type piscine, d'une puissance autorisée de 14 MWth. Le cœur, très compact, est localisé dans une cuve d'eau lourde qui sert de modérateur. La création du réacteur a été autorisée par le décret du 8 mars 1978 et sa première divergence a eu lieu en 1980. Il servait à réaliser des expériences dans des domaines tels que la physique, la biologie ou la physico-chimie. Le réacteur permettait l'introduction d'échantillons à irradier pour la fabrication de radionucléides ou la production de matériaux spéciaux, ainsi que la réalisation de contrôles non destructifs de certains composants.

Le réacteur Orphée, à la suite de son arrêt définitif fin 2019, est en phase d'OPDEM. L'exploitant a déposé en mars 2020 son dossier de démantèlement. Les derniers combustibles irradiés du réacteur Orphée ont été évacués en 2020, ce qui a conduit à une forte réduction du risque radiologique de l'installation. La poursuite des OPDEM et le scénario de démantèlement de l'installation ont fait l'objet de discussions à la suite d'un changement de priorisation des OPDEM par le CEA, entraînant une mise à jour de la stratégie de démantèlement de l'INB 101. Un nouveau dossier de démantèlement a été déposé en fin d'année 2023 et est en cours d'instruction.

L'ASN considère, sur la base des inspections et du suivi de l'installation réalisés en 2024, que le niveau de sûreté du réacteur Orphée est satisfaisant dans l'ensemble. Cependant, certains points de vigilance nécessitent une attention particulière, en ce qui concerne notamment les facteurs organisationnels et humains (FOH), ainsi que la mise à jour documentaire des référentiels. De plus, malgré des avancées dans le tri du matériel qui était dédié aux chercheurs, des améliorations sont attendues sur la gestion des déchets. Des éclaircissements sont également attendus sur les actions liées au réexamen, notamment leur intégration dans un plan d'action, la définition précise de leurs objectifs et la justification de leur finalisation.

Depuis l'arrêt du réacteur, la phase de préparation des opérations de démantèlement a débuté, mais connaît des décalages récurrents. Elle fait l'objet d'une attention particulière de l'ASN, en particulier sur l'adaptation de l'organisation et des compétences des personnels pour gérer des activités nouvelles, tout en maintenant le niveau de sûreté de l'installation et en maîtrisant les plannings des activités associées.

Laboratoire d'essai sur combustibles irradiés

Le Laboratoire d'essai sur combustibles irradiés (LECI) a été construit et mis en service en novembre 1959. Il a été déclaré en tant qu'INB le 8 janvier 1968 par le CEA. Une extension a été autorisée en 2000. Le LECI (INB 50) constitue un outil d'expertise pour les exploitants nucléaires. Il a pour mission d'étudier les propriétés des matériaux utilisés dans le secteur nucléaire, irradiés ou non.

Du point de vue de la sûreté, cette installation doit répondre aux mêmes exigences que celles des installations nucléaires du « cycle du combustible », mais l'approche de sûreté est proportionnée aux risques et inconvénients qu'elle présente.

À la suite du dernier réexamen périodique, l'ASN a encadré, dans la décision du 30 novembre 2016 (modifiée le 26 juin 2017), la poursuite de fonctionnement de l'installation par des prescriptions techniques, qui portent notamment sur le plan d'amélioration que le CEA s'était engagé à réaliser. Certains engagements pris par le CEA n'ont pas été réalisés dans les délais.

L'exploitant a en particulier demandé un report d'échéances concernant l'évacuation des substances radioactives dont l'utilisation ne peut pas être justifiée et la mise en place des éventuelles dispositions permettant d'assurer l'atteinte et le maintien d'un état sûr de l'INB en cas d'incendie dans les zones attenantes aux zones nucléaires. Le démantèlement de Célimène (ancienne cellule destinée à l'examen des combustibles du réacteur EL3) est également concerné par cette demande. L'examen des dispositions en lien avec l'incendie a conduit l'ASN à décider d'encadrer la réalisation des travaux initialement attendus pour fin 2019 par une décision de mise en demeure. Au regard des enjeux et des réalisations déjà engagées par le personnel de l'exploitant, la prescription technique correspondante doit être respectée avant le 31 décembre 2026. L'ASNR sera particulièrement vigilante au suivi et à la mise en œuvre des actions nécessaires au respect de cette échéance.

Depuis fin 2022, l'INB 72 ne prend plus en charge les déchets irradiants du site CEA de Saclay. Aussi, le CEA a lancé un nouveau projet, intitulé « Gestion des déchets irradiants du LECI » (GDILE), afin de traiter, conditionner et évacuer les déchets irradiants (existants et futurs) sans saturer les capacités d'entreposage du LECI. En 2024, le CEA a engagé des réflexions pour redéfinir et dimensionner ce projet, qui se poursuivront en 2025, en lien avec l'ASNR. Dans ce contexte, l'ASN a initié en 2024 l'instruction du dossier du deuxième réexamen périodique de l'installation, transmis par le CEA en décembre 2023.

Les inspections menées sur le LECI au cours de l'année 2024 ont été jugées satisfaisantes, même si des améliorations sont attendues concernant la prise en compte des risques liés à l'utilisation des moyens de levage et au confinement statique. Le délai de réponse aux demandes de l'ASN demeure un point de vigilance.

Irradiateur Poséidon

L'installation Poséidon (INB 77), autorisée en 1972, est un irradiateur composé d'une piscine d'entreposage de sources de cobalt-60, surmontée partiellement d'une casemate d'irradiation. L'INB comporte par ailleurs un autre irradiateur en casemate, Pagure, ainsi que l'accélérateur Vulcain.

Cette installation permet de réaliser des études et des prestations de qualification pour les équipements installés dans les réacteurs nucléaires, notamment grâce à une enceinte immergeable, ainsi que la radiostérilisation de produits à usage médical. Le principal risque de l'installation est l'exposition du personnel aux rayonnements ionisants, du fait de la présence de sources scellées de très haute activité.

L'ASN a encadré, par la décision n° CODEP-CLG-2019-048416 du président de l'ASN du 22 novembre 2019, la poursuite de fonctionnement de l'installation à la suite de son premier réexamen périodique. Les points majeurs d'amélioration sont notamment la tenue du bâtiment aux aléas sismiques et climatiques (neige et vent notamment), ainsi que le suivi du vieillissement de la piscine de Poséidon.

En 2024, l'ASN a estimé, à la suite de l'instruction du rapport de conclusions du réexamen périodique transmis par le CEA fin 2021, n'avoir pas d'objection à la poursuite de fonctionnement de l'INB 77. Le suivi du vieillissement de la piscine reste toutefois un point d'attention.

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire de l'installation est satisfaisant. Dans le cadre de ses inspections, l'ASN a constaté que l'exploitant apporte des réponses adéquates et dans les échéances fixées aux engagements issus du précédent réexamen périodique (engagements de l'exploitant, prescriptions techniques ou demandes de l'ASN), notamment pour ce qui concerne la gestion des charges calorifiques. Elle souligne également positivement la mise en place d'outils de communication visuels internes, qui facilitent la compréhension des opérations de conduite par les intervenants. Néanmoins, des améliorations sont attendues dans la gestion des sources. En effet, en 2024, une nouvelle contamination en tritium de la piscine de l'installation a eu lieu, lors de l'approvisionnement en nouvelles sources de cobalt-60. Cet événement met en évidence la nécessité de renforcer les mesures prises après une contamination similaire survenue en 2021.

LES INSTALLATIONS DE TRAITEMENT DES DÉCHETS SOLIDES ET DES EFFLUENTS LIQUIDES

Le CEA exploite des installations de natures diverses : des laboratoires liés aux recherches sur le « cycle du combustible » et également des réacteurs de recherche. Par ailleurs, le CEA procède à de nombreuses opérations de démantèlement. Ainsi, les types de déchets produits par le CEA sont variés. Pour les gérer, le CEA dispose d'installations spécifiques de traitement, de conditionnement et d'entreposage.

Zone de gestion de déchets solides radioactifs

La Zone de gestion de déchets solides radioactifs (ZGDS – INB 72) a été autorisée par le décret du 14 juin 1971. Cette installation, exploitée par le CEA, assure le traitement, le conditionnement et l'entreposage des déchets de haute, moyenne et faible activité des installations du centre de Saclay. Elle assure également l'entreposage de matières et de déchets anciens (combustibles usés, sources scellées, liquides scintillants, résines échangeuses d'ions, déchets technologiques, etc.) en attente d'évacuation.

Compte tenu de « l'inventaire dispersable[1] » actuellement présent dans l'installation, l'INB 72 fait partie des priorités de la stratégie de démantèlement du CEA qui a été examinée par l'ASN, laquelle s'est prononcée en mai 2019 sur ces priorités (*voir chapitre 14*).

L'INB 72 est à l'arrêt définitif depuis le 31 décembre 2022. Néanmoins, certains déchets peuvent être pris en charge par l'installation jusqu'en 2025. Après analyse du rapport de réexamen de l'INB 72 transmis fin 2017, instruit conjointement avec le dossier de démantèlement, l'ASN a encadré, par la décision n° CODEP-CLG-2022-005822 du président de l'ASN du 2 février 2022, les conditions de poursuite d'exploitation de l'installation. Par ailleurs, le décret n°2022-1107 du 2 août 2022 prescrivant au CEA de procéder aux opérations de démantèlement de l'INB 72 a été publié au *Journal Officiel*. Celui-ci est entré en vigueur le 26 juillet 2023, date à laquelle l'ASN a approuvé la révision des règles générales d'exploitation (RGE).

L'ASN a constaté de nombreux retards dans la réalisation des opérations de désentreposage de combustibles ou de déchets. En 2024, les opérations de désentreposage des crayons de combustible contenus dans un emballage spécifique ont été interrompues à la suite du constat d'une perte d'intégrité des pastilles de combustible lors des manipulations. L'ASNR sera attentive à la mise à jour du dossier de sûreté par le CEA et la reprise des opérations.

Le projet « Évacuation des poubelles de combustibles » (EPOC[2]) a connu des difficultés en raison notamment d'une rupture du marché de maîtrise d'œuvre du projet en 2020 et le CEA a pris des dispositions pour reprendre cette maîtrise. Un puits a été ouvert en 2023 et des investigations complémentaires ont été réalisées en 2024, afin de consolider les données d'entrée du projet. L'ASNR restera cependant vigilante sur la gestion de ce projet par le CEA, en particulier sur les travaux à réaliser en vue de la reprise du premier fût.

L'ASN note toutefois positivement la fin de l'évacuation des quinze étuis de combustibles présents en piscine dans un bâtiment, ainsi que l'évacuation de quatre générateurs isotopiques contenant des sources en 2024. Ces opérations contribuent à la réduction progressive de « l'inventaire dispersable » de l'installation.

Enfin, des améliorations sont attendues sur la surveillance des intervenants extérieurs. Une attention particulière devra également être portée par le CEA sur la conservation de la mémoire, notamment concernant les équipements nécessaires aux opérations de démantèlement et de désentreposage.

Zone de gestion des effluents liquides

La Zone de gestion des effluents liquides (ZGEL) constitue l'INB 35. Déclarée par le CEA par courrier du 27 mai 1964, elle est dédiée au traitement des effluents liquides radioactifs. Par décret du 8 janvier 2004, le CEA a été autorisé à créer dans l'INB une extension, dénommée « Stella », ayant pour fonction le traitement et le conditionnement des effluents aqueux de faible activité du centre de Saclay. Ces effluents sont concentrés par évaporation puis bloqués dans une matrice de ciment, afin de confectionner des colis acceptables par les centres de stockage de surface de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

L'installation d'évaporation utilisée pour traiter les effluents radioactifs est à l'arrêt depuis 2019, en raison d'anomalies techniques sur un équipement. À ce jour, l'installation n'est plus en capacité de remplir ses différentes fonctions (évaporation des effluents, cimentation des concentrats, reprise des effluents des producteurs de Saclay). En 2023, l'ASN a autorisé une modification, concernant la virole du séparateur, qui permet de reprendre les campagnes d'évaporation. Les travaux correspondants ont débuté en fin d'année 2024.

Le procédé de cimentation, utilisé pour traiter les concentrats présents dans l'installation, a été arrêté provisoirement par le CEA en juin 2021, à la suite de la production de deux colis actifs 12H non conformes à l'approbation de conditionnement délivrée par l'Andra. En 2024, le CEA a obtenu l'approbation de l'Andra permettant d'évacuer les colis 12H entreposés sous régime dérogatoire, ce qui permettra une reprise des évacuations en 2025. Des travaux sont également en cours pour obtenir une nouvelle approbation.

Par ailleurs, le CEA a suspendu, depuis 2016, la réception d'effluents provenant d'autres INB, en raison d'investigations complémentaires concernant la stabilité de la structure du local d'entreposage des effluents liquides de faible activité (local 97). La majorité des effluents radioactifs de faible et moyenne activité produits par les producteurs du site de Saclay est désormais orientée vers la Station de traitement des effluents liquides (STEL) de Marcoule.

1. *Partie de l'inventaire des radionucléides d'une installation nucléaire qui regroupe les radionucléides susceptibles d'être dispersés dans l'installation lors d'un incident ou d'un accident, voire, pour une fraction d'entre eux, d'être rejetés dans l'environnement.*
2. *Ce projet comprend un procédé destiné à reprendre et conditionner des fûts actuellement entreposés en puits dans l'installation et contenant un mélange de déchets et de morceaux de combustibles. La reprise de ces fûts requiert un équipement spécifique, compte tenu des incertitudes sur leur intégrité.*

Cette situation soulève des interrogations quant à la reprise future de la gestion des effluents liquides dans l'installation. L'ASNR suivra ce dossier avec attention et attend un investissement important du CEA pour rendre l'installation opérationnelle, afin de pouvoir reprendre et conditionner les effluents historiques entreposés dans des délais adaptés.

La vidange et l'assainissement des cuves MA 500 et des cuves de la fosse 99 constituent des enjeux majeurs pour l'installation. En 2024, la vidange d'une cuve prioritaire de la fosse 99 a été réalisée. Cependant, des résidus impompables restent présents au fond de la cuve. Les inspections réalisées en 2024 ont mis en évidence la bonne réalisation de ce chantier de vidange, l'amélioration des conditions d'entreposage des déchets dans un hall et l'avancement du plan d'action issu du réexamen, notamment sur la maîtrise du risque incendie. Toutefois, des améliorations doivent être apportées sur la surveillance des intervenants extérieurs et sur la mise en œuvre des préconisations issues de l'étude de maîtrise du risque incendie.

LES INSTALLATIONS EN DÉMANTÈLEMENT

Les opérations de démantèlement conduites sur le site de Saclay concernent deux INB, le Laboratoire de haute activité (LHA) et la zone de gestion des déchets solides radioactifs (INB 72). Des OPDEM sont réalisées dans deux INB définitivement arrêtées, les réacteurs Osiris et Isis (INB 40) et le réacteur Orphée (INB 101). Des opérations sont également réalisées dans la ZGEL (INB 35) en fonctionnement, sur des parties ayant cessé leur activité. Sont également concernées par le démantèlement deux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE – EL2 et EL3) qui étaient précédemment des INB mais qui ne sont pas complètement démantelées, en l'absence d'une filière pour les déchets de faible activité à vie longue. Leur déclassement d'INB en ICPE dans les années 1980, conforme à la réglementation de l'époque, ne pourrait pas être pratiqué aujourd'hui.

De façon générale, la stratégie de démantèlement et de gestion des déchets du CEA a été examinée par l'ASN qui s'est prononcée en mai 2019 sur les priorités définies par le CEA (*voir chapitres 14 et 15*).

Laboratoire de haute activité

Le Laboratoire de haute activité (LHA) comporte plusieurs laboratoires qui étaient destinés à la réalisation de travaux de recherche ou de production de différents radionucléides. Il constitue l'INB 49. À l'issue des travaux de démantèlement et d'assainissement autorisés par décret du 18 septembre 2008, seuls deux laboratoires en exploitation aujourd'hui devraient subsister à terme sous le régime des ICPE. Ces deux laboratoires sont le laboratoire de caractérisation chimique et radiologique d'effluents et de déchets et l'installation de conditionnement et d'entreposage pour la reprise des sources sans emploi.

Malgré l'avancement des opérations d'assainissement et de démantèlement, les retards accumulés n'ont pas permis au CEA de respecter l'échéance du 21 septembre 2018 fixée par le décret autorisant le démantèlement du LHA. La découverte, en 2017, de pollution dans certaines « cours intercellules » a également conduit à faire évoluer les opérations à réaliser. Des investigations sur l'état radiologique des sols ont été menées entre 2019 et 2021. Un dossier de modification du décret de démantèlement a été déposé par l'exploitant en décembre 2021. La justification du délai nécessaire pour achever les opérations de démantèlement autorisées par le décret du 18 septembre 2008 sera examinée dans le cadre de l'instruction actuellement en cours.

En 2024, l'ASN a estimé, à la suite de l'instruction du rapport de conclusions du réexamen périodique transmis par le CEA en 2017, n'avoir pas d'objection à la poursuite de l'exploitation de l'INB 49, dans l'attente de la modification de son décret de démantèlement. Dans le cadre de ce réexamen, des actions de mise en conformité, notamment en matière de maîtrise des risques liés à l'incendie, ont été identifiées. L'ASN a également demandé au CEA de prendre des mesures permettant de garantir l'intégrité de certains équipements dont le démantèlement a été retardé.

Les investigations et études permettant la gestion des déchets non identifiés découverts fin 2022 dans l'ensemble des caissons constitutifs de la chaîne blindée TOTEM se sont poursuivies en 2024.

L'ASN considère que le niveau de sûreté de l'INB 49 en démantèlement est satisfaisant dans l'ensemble. Cependant, une vigilance particulière est attendue quant au suivi de l'état des gaines de ventilation, notamment pour les portions internes non accessibles ou présentant des dégradations. Une attention particulière doit également être portée sur le fonctionnement de l'extracteur du collecteur général au regard des problèmes techniques rencontrés. De plus, des améliorations sont nécessaires pour garantir le suivi des installations de protection contre la foudre, qui, en l'état, ne permettent pas de garantir le niveau de protection attendu.

L'ASN reste vigilante sur la gestion des zones de déchets de très faible activité de l'INB 49, notamment en raison des travaux de démantèlement à venir qui engendreront une production de déchets supplémentaires. Aussi, l'adéquation des zones d'entreposage de déchets existantes avec les besoins futurs constitue un enjeu important pour le déroulement des opérations de démantèlement selon le planning envisagé.

Appréciation portée sur le site CEA de Saclay

L'ASN considère que les INB du site CEA de Saclay sont exploitées dans des conditions de sûreté satisfaisantes dans l'ensemble et constate la poursuite, au cours de l'année 2024, et conformément à ce qui a été entamé depuis plusieurs années, d'opérations visant à réduire l'inventaire radiologique entreposé dans les INB.

Les OPDEM et les travaux de démantèlement continuent de se poursuivre pour les installations concernées. La gestion de leur avancement, ainsi que la maîtrise des calendriers associés, demeurent un enjeu majeur pour le CEA de Saclay. Ce sujet, qui fait l'objet d'inspections et de réunions régulières par l'ASN, reste à améliorer au vu des dérives calendaires observées au fil des années.

Par ailleurs, à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon), l'ASN avait prescrit la mise en œuvre sur le site de Saclay de nouveaux moyens pour la gestion de crise résistant à des conditions extrêmes. Après la découverte de défauts de ferraillage du génie civil, qui ont entraîné l'interruption du chantier, le CEA n'a pas respecté son engagement de mise en service des locaux avant fin 2021. En 2022, une inspection a permis de constater l'absence de mise en service des nouveaux locaux, en contradiction avec une prescription d'une décision de l'ASN de 2016. À la suite de l'analyse de la réponse du CEA au rapport contradictoire établi, et compte tenu de la baisse du risque nucléaire du site de Saclay après l'arrêt des INB 40 et 101, la prescription concernée a été abrogée. Une nouvelle prescription technique encadre désormais la finalisation de la construction de locaux robustes de gestion des situations d'urgence, avec une mise en service prévue en 2024. Lors d'inspections en 2023 et 2024, l'ASN a constaté la reprise et l'avancement du chantier. Fin 2024, le CEA a informé l'ASN de la mise en service des nouveaux locaux. Une mise à jour du plan d'urgence interne (PUI) reste attendue pour formaliser les évolutions relatives à ces locaux.

En matière d'environnement, deux décisions de l'ASN datant de 2009 et mises à jour en 2023 encadrent l'ensemble des rejets des INB du CEA. Lors d'une inspection avec prélèvements effectuée en 2024, portant notamment sur les rejets d'effluents et les eaux souterraines, l'ASN a constaté la cohérence des mesures réalisées par un laboratoire indépendant avec celles effectuées par le CEA.

L'organisation mise en place pour prévenir le risque de fraudes a également été examinée en inspection. Si des sessions de formation des personnels ont été organisées, un travail doit cependant être mené pour mettre en place un processus global de gestion de la prévention des irrégularités et du risque de fraudes.

Deux ans après la mise en place des pôles de compétence en radioprotection, le sujet a fait l'objet d'une inspection des services centraux du CEA, qui a notamment porté sur les pôles de compétence du centre CEA Paris-Saclay et a montré une situation satisfaisante.

Enfin une inspection de revue, impliquant plusieurs équipes d'inspection, a été réalisée en 2024 pour examiner la surveillance des intervenants extérieurs sur le site CEA de Saclay. L'ASN considère que la surveillance des intervenants extérieurs n'est pas assurée de manière satisfaisante et se révèle globalement insuffisante. Elle souligne également des défauts importants de maîtrise des exigences de la réglementation, en particulier concernant l'identification des éléments et des activités importants pour la protection. Les premières réponses apportées par le CEA sont apparues satisfaisantes et l'ASNR contrôlera en 2025 l'évolution de la situation.

USINE DE PRODUCTION DE RADIOÉLÉMENTS ARTIFICIELS DE CIS BIO INTERNATIONAL

L'Usine de production de radioéléments artificiels (UPRA) constitue l'INB 29. Elle a été mise en service en 1964 par le CEA sur le site de Saclay, qui créa en 1990 la filiale CIS bio international, l'actuel exploitant. Cette filiale fut rachetée, à partir du début des années 2000, par plusieurs sociétés spécialisées dans la médecine nucléaire. En 2017, la maison mère de CIS bio international a fait l'acquisition de *Mallinckrodt Nuclear Medicine LCC*, pour former aujourd'hui le groupe Curium, qui possède trois sites de production (États-Unis, France et Pays-Bas).

Le groupe Curium est un acteur important du marché français et international pour la fabrication et la mise au point de produits radiopharmaceutiques. Les produits sont majoritairement utilisés pour établir des diagnostics médicaux, mais également à des fins thérapeutiques. Ils sont fabriqués à partir d'un cyclotron présent sur le site ou à l'aide de radionucléides produits par des fournisseurs extérieurs ou d'autres installations du groupe Curium. L'INB 29 avait également pour mission, jusqu'en 2019, d'assurer la reprise des sources scellées usagées qui étaient utilisées à des fins de radiothérapie et d'irradiation industrielle. L'évacuation de ces sources, entreposées dans l'installation, a été achevée en 2024. Le groupe a par ailleurs décidé d'arrêter fin 2019 ses productions à base d'iode-131 sur le site de Saclay, ce qui a significativement réduit les conséquences d'éventuelles situations accidentelles sur le site. En 2024, la fabrication d'un nouveau radiopharmaceutique a été autorisée par l'ASN, en vue de l'obtention d'une autorisation de mise sur le marché.

Au regard des actions de contrôle et d'instruction, l'ASN considère que la dégradation du niveau général de sûreté de l'installation constatée en 2023 n'a pas été rattrapée en 2024, malgré les efforts de l'exploitant mobilisant son personnel aux différents niveaux de l'organisation. Si le nombre d'événements significatifs déclarés à l'ASN a diminué en 2024, les FOH restent surreprésentés dans les causes identifiées de ces événements. Un nombre important d'événements en lien avec des défauts de port ou d'activation de dosimètres opérationnels reste constaté. Les inspections, dont une réalisée sous l'angle des FOH, ont permis d'identifier une certaine accoutumance aux écarts au sein de l'installation, qui a conduit l'ASN à demander à l'exploitant de mener une analyse globale de cette situation pour en déterminer les causes profondes.

Sur la thématique de l'incendie, si certaines actions identifiées dans le cadre du dernier réexamen périodique ont été finalisées, les travaux de qualification du système de sécurité incendie doivent encore être réalisés dans des délais adaptés aux enjeux. Par ailleurs, l'exploitant n'a pas été en capacité de transmettre les mises à jour du rapport de sûreté et des RGE requises, afin de démontrer la bonne prise en compte des conclusions de l'important travail réalisé dans le cadre du réexamen.

De plus, au regard des contrôles réalisés en inspection, plusieurs documents en lien avec la gestion des situations d'urgence ne sont plus à jour et des actions doivent être mises en œuvre pour y remédier. Des améliorations sont attendues sur la formation du personnel aux situations d'urgence, l'amélioration de l'étanchéité des enceintes et boîtes à gants de l'installation, les modalités de réception des colis de substances radioactives et la gestion des déchets. Sur cette dernière thématique, l'ASN a mis en demeure CIS bio international en fin d'année 2024 d'évacuer avant fin janvier 2025 certains déchets nucléaires, entreposés au-delà des délais prévus dans le référentiel de l'installation.

Une récurrence de non-conformité concernant l'efficacité des derniers niveaux de filtration du système de ventilation de l'installation est observée depuis 2022. La recherche des causes techniques de ces écarts n'a, à ce stade, pas abouti et devra se poursuivre en 2025, afin d'apporter des mesures préventives robustes. Par ailleurs, le délai fixée par la décision de mise en demeure de l'ASN de 2023 sur la thématique des équipements sous pression a été respecté par CIS bio international, même si des compléments sont encore attendus sur ce sujet.

Plus généralement, l'ASN note, comme l'année précédente, les difficultés rencontrées par CIS bio international pour respecter les échéances associées aux actions décidées à la suite d'inspections ou d'événements significatifs et issues du plan d'action associé au réexamen. De plus, et malgré le travail conséquent engagé, des retards sont toujours constatés dans la transmission des réponses aux lettres de suite de l'ASN et des comptes-rendus d'événements significatifs. Néanmoins, la qualité rédactionnelle des comptes-rendus d'événements significatifs est toujours à souligner et doit être maintenue.

Les nombreux projets, études et travaux engagés par CIS bio international nécessitent une meilleure programmation, afin de permettre l'élaboration et la transmission suffisamment en amont des dossiers à destination de l'ASN. La rigueur d'exploitation, le maintien de la culture de sûreté et le pilotage des projets industriels ou visant à améliorer la sûreté ou la radioprotection restent les axes sur lesquels CIS bio international doit porter ses efforts. Afin d'améliorer les performances sur les thématiques de la sûreté, de la radioprotection et de l'environnement, il est nécessaire que l'exploitant exerce une vigilance particulière sur la bonne adéquation des moyens humains et techniques à mettre en œuvre, et s'assure que ces moyens sont suffisants pour exploiter l'installation en toute sûreté.

Site CEA de Fontenay-aux-Roses

Premier centre de recherche du CEA, créé en 1946, le site de Fontenay-aux-Roses poursuit la mutation de ses activités nucléaires vers des activités de recherche dans le domaine des sciences du vivant.

Le site CEA de Fontenay-aux-Roses, composante du centre CEA Paris-Saclay depuis 2017, est constitué de deux INB, Procédé (INB 165) et Support (INB 166). Dans l'INB 165, se déroulaient des activités de recherche et de développement sur le retraitement des combustibles nucléaires, des éléments transuraniens, des déchets radioactifs et sur l'examen des combustibles irradiés. Ces activités ont cessé dans les années 1980-1990. L'INB 166 est une installation de caractérisation, traitement, reconditionnement et entreposage de déchets radioactifs anciens provenant du démantèlement de l'INB 165.

De façon générale, la stratégie de démantèlement et de gestion des déchets du CEA a été examinée par l'ASN, qui s'est prononcée en mai 2019 sur les priorités définies (*voir chapitres 14 et 15*).

Le démantèlement du site de Fontenay-aux-Roses contient des opérations prioritaires, car il présente des enjeux particuliers liés, d'une part, à la quantité de déchets radioactifs présents dans ces installations ; d'autre part, à la contamination radiologique des sols sous une partie d'un bâtiment de l'INB 165. Par ailleurs, le centre de Fontenay-aux-Roses, situé en zone urbaine dense, est engagé dans un processus global de dénucléarisation.

Installation Procédé et installation Support

Le démantèlement des deux installations Procédé et Support, qui constituent respectivement l'INB 165 et l'INB 166, a été autorisé par deux décrets du 30 juin 2006. La durée initiale prévue pour les opérations de démantèlement était d'une dizaine d'années. Le CEA a informé l'ASN qu'en raison de fortes présomptions de contamination radioactive sous un des bâtiments, de difficultés imprévues et d'un changement de la stratégie globale de démantèlement des centres civils du CEA, la durée des opérations de démantèlement devrait être prolongée et que le plan de démantèlement serait modifié. Le CEA a déposé, en juin 2015, une demande de modification des échéances prescrites pour ces démantèlements.

L'ASN a jugé que les premières versions de ces dossiers de demande de modification des décrets de démantèlement n'étaient pas recevables. Conformément aux engagements pris en 2017, le CEA a transmis en 2018 une nouvelle version de ces dossiers. Ceux-ci ont fait l'objet de compléments sur la période 2019-2022, portant notamment sur les opérations de démantèlement prévues et leur échéancier. Le CEA envisage une fin de démantèlement des INB au-delà de 2050, voire de 2060 pour l'INB 165. Ces deux projets sont en cours d'instruction. Les nouveaux décrets fixeront les caractéristiques du démantèlement à venir, et notamment leur délai de réalisation.

Appréciation portée sur le site CEA de Fontenay-aux-Roses

L'ASN considère que le niveau de sûreté du CEA de Fontenay-aux-Roses est acceptable. Le CEA doit toutefois maintenir ses efforts pour assurer la sûreté d'exploitation de ses installations.

Après des retards identifiés les années précédentes dans la réalisation des études, dans la programmation des projets et dans le calendrier de démantèlement des installations nucléaires de Fontenay-aux-Roses, le CEA a connu en 2023 l'arrêt de deux chantiers majeurs liés au démantèlement, pour des raisons contractuelles et techniques.

Cette situation a entraîné des modifications techniques dans le choix de conception des équipements et un décalage des échéances de démantèlement. Une vigilance particulière devra être portée par le CEA quant à l'articulation des dossiers et des travaux projetés sur le site, afin de diminuer l'inventaire radiologique mobilisable au sein des installations. Il doit également poursuivre la mise en place d'actions fortes pour maîtriser et fiabiliser les délais associés à ces projets, en particulier ceux liés à la remise des études préparatoires aux chantiers de démantèlement.

En 2023, l'ASN a encadré la poursuite d'exploitation de l'INB 165, au regard des conclusions de son réexamen périodique, par une décision fixant des prescriptions techniques. Pour l'INB 166, compte tenu des engagements pris par le CEA et du plan d'action élaboré à l'issue de réexamen, l'ASN a estimé, en 2024, à la suite de l'instruction du rapport de conclusions du réexamen périodique, n'avoir pas d'objection à la poursuite de l'exploitation de l'INB 166.

Au regard des inspections réalisées en 2024, l'ASN note une gestion satisfaisante des TSR, ainsi qu'une amélioration de la gestion des déchets dans un bâtiment de l'INB 166. Néanmoins, les points de vigilance identifiés depuis plusieurs années, concernant notamment les moyens de gestion de crise et la maîtrise du risque incendie, demeurent. Une mise à jour du PUI est attendue à la suite notamment des évolutions des locaux de crise. Malgré les travaux engagés pour remettre en conformité un bâtiment de l'INB 165, les efforts fournis sur ces opérations doivent être poursuivis en 2025 pour atteindre le niveau de sûreté attendu. Bien que le nombre d'événements significatifs déclarés ait diminué par rapport aux années précédentes, ils concernent principalement le thème de l'incendie. Au regard de la récurrence de ce sujet, l'ASN estime qu'un approfondissement de l'analyse des causes est nécessaire.

Enfin, l'ASN souligne positivement les actions menées en 2024 par le CEA pour améliorer la sûreté des installations. Ces actions concernent la mise à jour de l'ensemble des RGE, obsolètes depuis plusieurs années, et la mise en œuvre d'un plan d'action maintenance. Ce plan comporte deux axes principaux : améliorer la connaissance et la maîtrise de la configuration physique des installations en lien avec les éléments importants pour la protection des intérêts, et renforcer le suivi quotidien grâce à la création d'un bureau en charge de la coordination des interventions. L'ASN engage l'exploitant à poursuivre ses actions en 2025.

Les sites et sols pollués en Île-de-France

En Île-de-France, la division de Paris contrôle les activités de dépollution de sites pollués radiologiques, qui concernent le plus souvent des pollutions historiques issues d'activités passées, industrielles ou de recherche, qui mettaient en œuvre du radium. Les acteurs peuvent être des industriels, mais aussi des particuliers.

La division de Paris peut intervenir, à la demande du Préfet de département, pour rendre des avis techniques sur les mesures envisagées de gestion de la pollution et sur la réalisation effective des assainissements (*voir chapitre 15, point 4*).

Au titre de son expertise sur les enjeux des sites et sols pollués, la division de Paris de l'ASN a émis en 2024 :
- trois avis concernant des opérations d'assainissement ou de leurs suites : arrêt de la surveillance au voisinage de la déposante de l'Orme des Merisiers à Saint-Aubin (91), assainissement total d'un chantier de construction à Gentilly (94) et assainissement d'une parcelle d'un particulier à Gif-sur-Yvette (91) ;
- quatre avis concernant la gestion de la pollution des sites de Budin (93), du Fort d'Aubervilliers (93), Vaujours (93 et 77) et Charvet (93) ;
- deux avis à destination de l'autorité environnementale, concernant la zone d'aménagement concerté (ZAC) d'Aubervilliers (93) et la ZAC du collège de Clamart (92) ;
- un avis sur une levée de doute concernant l'inondation d'un collège à proximité du site Federal Mogul à Gif-sur-Yvette (91).

De plus, la division de Paris a réalisé en 2024 quatre inspections pour contrôler les opérations d'assainissement ou d'aménagement, respectivement sur le site de l'ancien fort de Vaujours (93 et 77), sur le site d'un ancien laboratoire de Marie Curie à Arcueil (94), sur le site Charvet – VLM de l'Île Saint-Denis (93) et sur le site de l'Institut Curie (75).

Par ailleurs, dans le cadre du suivi de ces dossiers au long cours, dont l'assainissement dure depuis plusieurs années, la division de Paris a également participé en 2024 aux commissions de suivi de site du fort de Vaujours (93 et 77) et du laboratoire de Marie Curie à Arcueil (94).

La division de Paris a également réalisé en 2024 les actions suivantes :
- trois saisines de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) pour des levées de doute et des mises en sécurité après des découvertes d'objets radioactifs chez des particuliers et au sein d'un lycée du Val-de-Marne ;
- différentes réunions techniques avec le corps préfectoral et la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports (DRIEAT) concernant la dépollution du site Charvet – VLM (93) ;
- rédaction d'un secteur d'information sur les sols concernant la pollution radiologique résiduelle d'une parcelle de Gif-sur-Yvette après assainissement ;
- différents échanges techniques réunissant le corps préfectoral, la DRIEAT, l'ASN, l'IRSN, le bureau d'études et le porteur de projet, concernant la réalisation des diagnostics du site pollué des Galeries Lafayette en Seine-Saint-Denis, en vue de son assainissement ;
- une réunion technique, avec la mairie de Gif-sur-Yvette (91) et la DRIEAT, concernant l'avenir du site Federal Mogul ;
- des réponses à des sollicitations de particuliers confrontés à des pollutions radiologiques dans certaines zones de Gif-sur-Yvette (91).

Normandie

La division de Caen contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 5 départements de la région Normandie.

213 inspections

20 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2023, l'ASN a réalisé 213 inspections en Normandie, dont 72 dans les centrales nucléaires de Flamanville, Paluel et Penly et 17 sur le réacteur EPR de Flamanville, 64 sur des installations du « cycle du combustible », de recherche ou en démantèlement, 41 dans le nucléaire de proximité, 11 dans le domaine du transport de substances radioactives et huit concernant les organismes et laboratoires agréés par l'ASN.

En outre, 21 journées d'inspection du travail ont été réalisées dans les centrales nucléaires et sur le chantier EPR de Flamanville 3.

En 2023, 20 événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) ont été déclarés à l'ASN, dont 18 sur les INB et deux dans le nucléaire de proximité.

Enfin, dans le cadre de leurs missions de contrôle, les inspecteurs de l'ASN ont dressé un procès-verbal.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE FLAMANVILLE

La centrale nucléaire de Flamanville, exploitée par EDF dans le département de la Manche, sur le territoire de la commune de Flamanville, à 25 km au sud-ouest de Cherbourg, est constituée de deux réacteurs à eau sous pression (REP) d'une puissance de 1 300 mégawatts électriques (MWe), mis en service en 1985 et 1986. Le réacteur 1 constitue l'installation nucléaire de base (INB) 108, le réacteur 2, l'INB 109.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Flamanville en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'environnement rejoignent l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF.

Dans le domaine de la sûreté nucléaire, l'ASN a observé une situation stable concernant la maîtrise de l'état des installations et l'application des principes fondamentaux de sûreté par les agents et les entreprises extérieures. Concernant la conduite et l'exploitation des réacteurs, l'ASN considère que les performances du site sont stables, mais restent fragiles. Le redémarrage du réacteur 2, réalisé à l'issue d'un arrêt comportant de nombreuses opérations de maintenance, dont les requalifications décennales des circuits secondaires, s'est globalement bien déroulé. Néanmoins, l'année 2024 a été marquée, comme les années précédentes, par un nombre important d'événements significatifs déclarés à l'ASN en lien avec un défaut de surveillance de l'installation ou un non-respect du référentiel d'exploitation. Sur ces points, l'exploitant doit notamment mettre en œuvre des actions pour améliorer la rigueur au sein du service chargé de la conduite des réacteurs.

Concernant les opérations de maintenance, l'ASN considère qu'elles ont été réalisées de manière maîtrisée par l'exploitant pendant les arrêts de réacteur qui se sont déroulés en 2024, et ce malgré l'avarie survenue durant un essai sur un groupe électrogène de secours en début d'arrêt du réacteur 2, qui a conduit à revoir la planification des activités. Pour 2025, l'exploitant doit porter une attention particulière à la coordination et à la surveillance des activités sous-traitées, en particulier lors de l'arrêt du réacteur 2, durant lequel le remplacement des quatre générateurs de vapeur est programmé.

Les performances en matière de radioprotection sont demeurées stables en 2024, avec un processus de détection et d'analyse des événements significatifs pour la radioprotection efficace. Néanmoins, des anomalies en matière de port des équipements de dosimétrie et de maîtrise du risque de dispersion de la contamination sont encore présentes cette année. Des améliorations sont attendues par l'ASN sur ces deux points.

En matière de protection de l'environnement, l'ASN observe une situation stable, avec un exploitant maîtrisant les impacts de ses installations et cherchant à les réduire. L'année 2025 doit être mise à profit pour améliorer la réactivité lors de la détection d'anomalies et rendre plus rigoureux le traitement des déchets produits en phase d'arrêt de réacteur.

En matière d'inspection du travail, l'ASN considère que, malgré une organisation apparemment robuste, l'exploitant ne progresse pas suffisamment sur ses points faibles pour considérer la situation comme satisfaisante. La survenue de plusieurs accidents, dont un particulièrement marquant, a justifié le déploiement par l'exploitant d'un plan d'action dédié en fin d'année 2024. L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sera particulièrement vigilante dans l'avancement et le suivi de ce plan d'action.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE PALUEL

La centrale nucléaire de Paluel, exploitée par EDF dans le département de la Seine-Maritime sur le territoire de la commune de Paluel, à 30 km au sud-ouest de Dieppe, est constituée de quatre REP d'une puissance de 1 300 MWe chacun, mis en service entre 1984 et 1986. Les réacteurs 1, 2, 3 et 4 constituent respectivement les INB 103, 104, 114 et 115.

La centrale nucléaire dispose d'une des bases régionales de la Force d'action rapide du nucléaire (FARN), force spéciale d'intervention créée en 2011 par EDF à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima au Japon. Son objectif est d'intervenir, en situation préaccidentelle ou accidentelle, sur n'importe quelle centrale nucléaire en France, en apportant des renforts humains et des moyens matériels de secours.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Paluel en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement rejoignent globalement l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire sont satisfaisantes. Cependant, même si la rigueur d'exploitation a progressé pour certaines activités, comme par exemple la surveillance des installations lors de la gestion des phases transitoires d'exploitation, elle doit encore être renforcée pour les activités liées à la configuration des circuits et des organes (consignations, condamnations administratives). L'année 2024 a été marquée par l'incendie du transformateur du réacteur 3, au cours duquel les équipes d'exploitation et d'intervention ont fait preuve d'une bonne réactivité. Néanmoins, le site doit porter une attention particulière à la qualité et à l'ergonomie des documents d'exploitation, en particulier aux procédures utilisées dans les phases de conduite incidentelle ou accidentelle.

Dans le domaine de la maintenance et des travaux liés aux arrêts de réacteur, l'ASN considère que la centrale nucléaire de Paluel a globalement maîtrisé le programme et la qualité de réalisation des activités prévues, alors que le volume d'activités à réaliser était très important. L'ASN note que des progrès restent à accomplir dans le domaine de la gestion des écarts affectant l'installation et que les efforts sur l'amélioration de la surveillance des interventions doivent être poursuivis. L'ASNR portera également une attention particulière au suivi en service des équipements sous pression à la suite des lacunes relevées en 2024.

En matière de radioprotection, l'ASN considère que l'organisation du site est globalement satisfaisante, notamment pour la préparation des opérations à fort enjeu dosimétrique. Néanmoins, malgré des actions volontaristes de la part de l'exploitant, des insuffisances persistent concernant la maîtrise du risque de contamination et la culture de radioprotection en période d'arrêt de réacteur.

Concernant la protection de l'environnement, l'ASN considère que l'organisation mise en œuvre par le site permet de respecter globalement les exigences associées. L'incendie du transformateur du réacteur 3 a néanmoins mis en exergue des insuffisances sur la gestion des effluents issus des eaux d'extinction. L'exploitant devra définir une stratégie de gestion de ces effluents claire et applicable en situation incidentelle. Enfin, l'exploitant doit poursuivre ses efforts en matière de gestion du transport interne des matières dangereuses, encore en retrait cette année.

En matière d'inspection du travail, l'ASN constate que les exigences de sécurité sont globalement connues et respectées par les intervenants.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base :**
  - les centrales nucléaires, exploitées par EDF, de Flamanville (2 réacteurs de 1 300 MWe), Paluel (4 réacteurs de 1 300 MWe), Penly (2 réacteurs de 1 300 MWe), et de Flamanville 3 (1 réacteur de 1 600 MWe),
  - le chantier de construction de deux réacteurs de type EPR 2 de Penly,
  - l'établissement de retraitement de combustibles nucléaires usés d'Orano de La Hague,
  - le Centre de stockage de la Manche (CSM) de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra),
  - le Grand accélérateur national d'ions lourds (Ganil) à Caen ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 8 services de radiothérapie externe (27 appareils),
  - 1 service de protonthérapie,
  - 3 services de curiethérapie,
  - 12 services de médecine nucléaire,
  - 50 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 70 scanners,
  - environ 2 100 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - environ 450 établissements industriels et de recherche, dont 20 entreprises exerçant une activité de radiographie industrielle,
  - 5 accélérateurs de particules, dont 1 cyclotron,
  - 21 laboratoires, principalement implantés dans les universités de la région,
  - 5 entreprises utilisant des gammadensimètres,
  - environ 260 cabinets ou cliniques vétérinaires pratiquant le radiodiagnostic, 1 centre de recherche équine et 1 centre hospitalier équin ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 9 sièges de laboratoires pour les mesures de la radioactivité de l'environnement,
  - 1 organisme pour le contrôle de la radioprotection.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE PENLY

La centrale nucléaire de Penly, exploitée par EDF dans le département de la Seine-Maritime sur le territoire de la commune de Penly, à 15 km au nord-est de Dieppe, est constituée de deux REP d'une puissance de 1 300 MWe chacun, mis en service entre 1990 et 1992. Le réacteur 1 constitue l'INB 136, le réacteur 2 l'INB 140.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Penly en matière de sûreté nucléaire se distinguent favorablement par rapport à l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF, et que ses performances en matière de radioprotection et de protection de l'environnement rejoignent globalement cette appréciation générale.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN estime que les performances de la centrale nucléaire, dont notamment la rigueur d'exploitation, sont en léger progrès. Toutefois, quelques fragilités persistent. En effet, de nombreux événements significatifs pour la sûreté (ESS) sont dénombrés, notamment liés à des lacunes dans la gestion de la configuration de l'installation (lignage ou condamnation), des défaillances de communication au sein du collectif de conduite (facteurs organisationnels et humains – FOH) et dans l'exhaustivité des documents d'exploitation. L'ASN estime qu'une vigilance particulière doit être portée sur la qualité de la préparation des activités et des documents associés aux activités d'exploitation courante (essais périodiques, lignages, etc.) et sur l'amélioration de la prise en compte des FOH.

En ce qui concerne la maintenance, l'ASN considère que l'organisation mise en place est robuste et permet de garantir la conformité et le maintien en bon état général des matériels. Cependant, l'ASN a constaté des lacunes dans les gammes et procédures utilisées, conduisant à des erreurs lors des opérations de maintenance. Les efforts doivent être poursuivis afin de limiter ces erreurs dues à des défauts d'ergonomie ou de complétude des documents. Par ailleurs, la superposition calendaire des deux arrêts de réacteur sur la deuxième partie de l'année 2024 a mis en exergue des fragilités dans la réalisation et la traçabilité des opérations visant à garantir la conformité des installations. Une attention particulière sera apportée par l'ASNR sur ces points en 2025, notamment pour le redémarrage du réacteur 2 à l'issue de sa visite décennale.

Dans le domaine de la radioprotection, l'ASN considère que des progrès ont été réalisés en matière d'organisation, notamment dans le cadre de la poursuite du déploiement des pôles de compétence en radioprotection. Les inspections menées ont permis de constater un bon niveau de suivi de l'état des installations. L'ASN considère que le site doit poursuivre les efforts engagés pour la prévention du risque de contamination, et être vigilant sur les processus à fort enjeu de radioprotection (tirs radios, balisage des zones orange), pour lesquels des fragilités sont apparues en fin d'année.

Concernant la protection de l'environnement, l'ASN considère que la centrale nucléaire de Penly dispose d'une organisation robuste pour la gestion et la surveillance des rejets dans l'environnement. L'ASN a pu observer, dans le cadre d'un exercice inopiné, une organisation réactive et adaptée des équipes d'EDF pour la mise en œuvre des moyens mobiles de prélèvement et de mesure dans l'environnement. De plus, l'amélioration des dispositions prises pour maîtriser les rejets de gaz appauvrissant la couche d'ozone semble pérenne.

En matière d'inspection du travail, l'ASN constate que les exigences de sécurité sont globalement connues et respectées par les intervenants. Cependant, les contrôles ont ponctuellement mis en évidence des écarts concernant la prévention des risques vitaux (tels que la prévention du risque de chute de hauteur et ceux liés aux activités de levage), ainsi que sur l'aération des locaux de travail. L'ASNR sera ainsi particulièrement attentive aux actions engagées pour renforcer les mesures de prévention de ces risques.

RÉACTEUR EPR – FLAMANVILLE 3

En construction depuis septembre 2007, le réacteur EPR de Flamanville a été mis en service le 8 mai 2024, à la suite de l'autorisation de l'ASN. La première réaction nucléaire en chaîne est intervenue le 3 septembre 2024, et le réacteur a fait l'objet d'un premier couplage au réseau national d'électricité le 21 décembre 2024. À la fin de l'année 2024, le réacteur poursuivait ses essais de démarrage.

Concernant les opérations préalables à la mise en service, l'ASN considère qu'un travail important a été mené par EDF pour aboutir à la délivrance de l'autorisation de mise en service du réacteur. L'ASN a consolidé sa position sur la base en particulier du contrôle des essais de démarrage, de l'état d'achèvement des installations, de l'aptitude à l'exploitation, ainsi que de l'évaluation de la conformité des équipements sous pression nucléaires (ESPN).

La finalisation du programme d'essais de démarrage préalables à la mise en service a fait l'objet de deux inspections dédiées, et le bilan des résultats de ces essais a fait l'objet d'une instruction par l'ASN. Par ailleurs, conformément à la demande formulée par l'ASN, EDF a réalisé plusieurs essais périodiques complémentaires permettant de s'assurer que les critères de sûreté, vérifiés lors d'essais réalisés parfois il y a plusieurs années, étaient toujours respectés.

En ce qui concerne l'achèvement de l'installation, EDF a rendu compte à l'ASN de l'avancement de ses actions de façon quasi quotidienne jusqu'à la mise en service du réacteur. De plus, l'ASN a mené deux inspections dédiées à la préparation du combustible en préalable au chargement et à la mise en service de la zone contrôlée, ainsi qu'une campagne de six inspections sur la préparation et la réalisation du chargement du combustible dans la cuve du réacteur.

La préparation des équipes appelées à exploiter le réacteur a fait l'objet d'une inspection renforcée. Cette inspection, mobilisant six inspecteurs de l'ASN et un expert de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) durant deux jours, a permis notamment de s'assurer de la mise en œuvre des dispositions prises par EDF en réponse aux demandes de l'ASN formulées à l'issue de l'inspection de

revue menée du 22 au 26 mai 2023. Les suites de cette inspection ont fait l'objet d'un suivi rapproché par l'ASN jusqu'à la mise en service du réacteur.

La conformité des ESPN a été établie sur la base de la revue de qualité, du traitement des cas d'irrégularités affectant certains équipements, ainsi que de la conservation appropriée des matériels. Jusqu'au mois de mai 2024, l'ASN a poursuivi les évaluations de conformité des équipements au travers d'instructions et d'inspections, permettant de délivrer les procès-verbaux d'évaluation de la conformité des ESPN de niveau N1, ainsi que le procès-verbal de la chaudière du réacteur.

Ainsi, entre le début 2024 et la délivrance de l'autorisation de mise en service (7 mai 2024), l'ASN a réalisé un contrôle équivalent à 18 jours d'inspection sur le réacteur EPR de Flamanville.

Depuis la mise en service du réacteur, l'ASN a essentiellement orienté son contrôle sur le traitement des événements significatifs, le suivi des actions prises à la suite des aléas rencontrés par l'exploitant et le suivi des essais de démarrage. Sur cette phase de démarrage, l'ASN a réalisé un contrôle équivalent à neuf jours d'inspection.

Concernant les opérations de démarrage du réacteur postérieures à la mise en service, l'ASN considère que l'exploitant a su maîtriser les activités, en particulier les essais de démarrage, et traiter de manière adéquate les aléas rencontrés.

Depuis la mise en service du réacteur, EDF a déclaré un nombre important d'événements significatifs pour la sûreté dont un tiers environ ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES. L'ASN est particulièrement vigilante quant à l'analyse des causes profondes de ces événements et aux actions menées par EDF pour en tirer pleinement le retour d'expérience et sécuriser les activités de démarrage à venir et la future exploitation du réacteur. Le nombre important d'événements déclarés est notamment lié à la montée en compétence des agents dans la mise en œuvre des premiers gestes d'exploitation du réacteur et au passage d'une culture de chantier à une culture d'exploitation. En effet, la grande majorité des événements ont des causes organisationnelles et humaines, et peu d'entre eux sont liés à des défaillances matérielles. Par ailleurs, une part importante des événements est liée à des erreurs humaines immédiatement détectées et aboutissant à une remise en conformité rapide de l'installation. L'ASN considère que les mesures mises en place par EDF à la suite de ces constats sont pertinentes et adaptées aux difficultés rencontrées durant cette phase.

De manière plus spécifique, l'ASN attend une rigueur accrue de l'exploitant notamment dans la mise en œuvre des fondamentaux de conduite de l'installation. L'exploitant devra rester vigilant sur la maîtrise de la réactivité et la bonne appropriation du fonctionnement des groupes électrogènes principaux de secours.

En parallèle de la mise en service et du démarrage, l'ASN a initié des inspections comme elle le fait sur les autres réacteurs d'EDF sur des thématiques variées, telles que le confinement, la maîtrise du risque incendie, les rejets dans l'environnement, la gestion des déchets, la maîtrise de la configuration de l'installation ou encore le suivi en service des ESPN. Sur ces sujets, l'ASN a ainsi réalisé un contrôle équivalent à dix jours d'inspection et considère que l'organisation mise en œuvre par EDF est satisfaisante, excepté pour le suivi et la réalisation des prélèvements d'eau et des rejets d'effluents, ainsi que pour la gestion des déchets. Sur ces points, l'ASN attend une meilleure appropriation et gestion par l'exploitant des équipements participant au suivi des rejets, et considère qu'il est nécessaire d'améliorer l'organisation de la gestion des flux de déchets en vue des arrêts de réacteur à venir.

L'ASN assure également les missions d'inspection du travail sur le réacteur EPR de Flamanville. En 2024, outre le contrôle du respect par les entreprises des dispositions relatives au droit du travail, l'ASN a examiné plus particulièrement la conformité des installations d'assainissement de l'air des bâtiments d'exploitation. L'ASN considère que l'organisation de la sécurité est globalement adaptée.

CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE

Mis en service en 1969, le Centre de stockage de la Manche (CSM) fut le premier centre de stockage de déchets radioactifs exploité en France. 527 225 m³ de colis de déchets y sont stockés. Les derniers colis de déchets ont été pris en charge par ce centre en juillet 1994. Le CSM est réglementairement en phase de démantèlement (opérations préalables à sa fermeture) jusqu'à la fin de la mise en place de la couverture pérenne. Une décision de l'ASN précisera la date de fermeture du stockage (passage en phase de surveillance), ainsi que la durée minimale de la phase de surveillance.

Le 29 avril 2024, à l'issue de l'instruction du rapport de réexamen périodique transmis en 2019 par l'Andra, l'ASN a autorisé la poursuite du fonctionnement du centre. Elle a toutefois édicté un certain nombre de prescriptions visant à poursuivre les études sur le comportement de la couverture actuelle, de la couverture pérenne et la mémoire du site. Une prescription concerne également la poursuite des études concernant la reprise de colis contenant des radioéléments à vie longue.

Par ailleurs, l'ASN considère que l'organisation définie et mise en œuvre pour l'exploitation des installations du CSM est globalement satisfaisante en matière de sureté, de radioprotection, de surveillance de l'environnement et de respect des engagements. Au titre de la démarche d'amélioration continue, l'exploitant devra toutefois conforter, au sein de son référentiel, les éléments relatifs à l'analyse du risque de fraude, notamment vis-à-vis des intervenants extérieurs.

GRAND ACCÉLÉRATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS

Le groupement d'intérêt économique Ganil a été autorisé en 1980 à créer un accélérateur d'ions à Caen (INB 113). Cette installation de recherche produit, accélère et distribue dans des salles d'expérience des faisceaux d'ions à différents niveaux d'énergie pour étudier la structure de l'atome. Les faisceaux de forte énergie produisent des champs importants de rayonnements ionisants, activant les matériaux en contact, qui émettent alors des rayonnements ionisants, même après l'arrêt des faisceaux. L'irradiation constitue donc le risque principal du Ganil.

Les « noyaux exotiques » sont des noyaux qui n'existent pas à l'état naturel sur Terre. Ils sont créés artificiellement dans le Ganil pour des expériences de physique nucléaire sur les origines et la structure de la matière. Afin de produire ces noyaux exotiques, le Ganil a été autorisé en 2012 à construire la phase 1 du projet SPIRAL2, dont la mise en service a été autorisée par l'ASN en 2019.

Un nouveau projet est en cours de réalisation sur le site avec l'installation « Désintégration, Excitation et Stockage d'Ions Radioactifs », dite « DESIR ». Le projet DESIR aura pour fonction première la création de nouveaux espaces d'expérimentation sur la base de faisceaux d'ions radioactifs issus des installations SPIRAL1 et S3 (aire expérimentale de l'installation SPIRAL2 phase 1). Ce projet s'accompagne d'une modification du périmètre de l'INB. L'instruction de ce dossier s'est poursuivie en 2024, l'ASN a émis un avis favorable sur le projet de décret le 10 décembre 2024.

L'instruction du second réexamen de sûreté de l'installation est également en cours. L'inspection de réexamen réalisée le 20 décembre 2023 a permis de constater les progrès du Ganil dans la caractérisation des exigences définies associées aux activités et éléments importants pour la protection des intérêts et le bon avancement de l'intégration de ces évolutions dans le référentiel d'exploitation. L'exploitant devra formaliser de façon plus précise les modalités de prise en compte des aspects organisationnels et humains dans les modifications apportées à l'installation.

L'ASN a pu constater en 2024, en lien avec une campagne nationale sur le domaine des contrefaçons, falsifications et suspicions de fraudes, que l'exploitant avait mis en œuvre des actions visant à les prévenir, les détecter et les traiter. Toutefois, ces actions ne sont pas structurées dans un seul processus dans le système de gestion intégrée de l'exploitant. L'ASNR sera attentive à la mise en place d'une telle structuration.

L'exploitant a présenté en 2024 une modification de son organisation, qui devrait être effective en 2025. L'ASNR sera attentive à la bonne prise en compte des enjeux de sûreté nucléaire et de radioprotection lors de sa mise en œuvre.

Site de La Hague

L'établissement Orano de La Hague est implanté sur la pointe nord-ouest de la presqu'île du Cotentin, dans le département de la Manche (50), à 20 km à l'ouest de Cherbourg et à 6 km du cap de La Hague. Le site se trouve à une quinzaine de kilomètres des îles anglo-normandes.

LES USINES DE RETRAITEMENT ORANO RECYCLAGE DE LA HAGUE EN FONCTIONNEMENT

Les usines de La Hague, destinées au traitement des assemblages de combustibles irradiés dans les réacteurs nucléaires, sont exploitées par Orano Recyclage La Hague.

La mise en service des différents ateliers des usines de traitement des combustibles et conditionnement des déchets UP3-A (INB 116) et UP2-800 (INB 117) et de la Station de traitement des effluents (STE3 – INB 118) s'est déroulée de 1986 (réception et entreposage des assemblages de combustibles usés) à 2002 (atelier de traitement du plutonium R4), avec la mise en service de la majorité des ateliers de procédé en 1989-1990.

Les décrets du 10 janvier 2003 fixent la capacité individuelle de traitement de chacune des deux usines à 1 000 tonnes par an (t/an), comptées en quantité d'uranium et de plutonium contenus dans les assemblages de combustible avant irradiation (passage en réacteur), et limitent la capacité totale des deux usines à 1 700 t/an. Les limites et conditions de rejet et de prélèvement d'eau du site sont définies par deux décisions de l'ASN n° 2022-DC-0724 et n° 2022-DC-0725 du 16 juin 2022.

Les opérations réalisées dans les usines

Les usines de retraitement comprennent plusieurs unités industrielles, chacune destinée à une opération particulière. On distingue ainsi les installations de réception et d'entreposage des assemblages de combustible usés, de cisaillage et de dissolution de ceux-ci, de séparation chimique des produits de fission, de l'uranium et du plutonium, de purification de l'uranium et du plutonium et de traitement des effluents, ainsi que de conditionnement des déchets.

À leur arrivée dans les usines, les assemblages de combustibles usés disposés dans leurs emballages de transport sont déchargés soit « sous eau » en piscine, soit « en air » en cellule blindée étanche. Les assemblages sont alors entreposés dans des piscines pour refroidissement.

Ils sont ensuite cisaillés et dissous dans l'acide nitrique, afin de séparer les morceaux de gaine métallique du combustible nucléaire usé. Les morceaux de gaine, insolubles dans l'acide nitrique, sont évacués du dissolveur, rincés à l'acide puis à l'eau et transférés vers une unité de compactage et de conditionnement.

Les installations de La Hague

Les installations arrêtées, en démantèlement

INB 80 • Atelier haute activité oxyde (HAO) :

- **HAO/Nord** : atelier de déchargement « sous eau » et d'entreposage des éléments combustibles usés,
- **HAO/Sud** : atelier de cisaillage et de dissolution des éléments combustibles usés ;

INB 33 • Usine UP2-400, première unité de retraitement :

- **HA/DE** : atelier de séparation de l'uranium et du plutonium des produits de fission,
- **HAPF/SPF (1 à 3)** : atelier de concentration et d'entreposage des produits de fission,
- **MAU** : atelier de séparation de l'uranium et du plutonium, de purification et d'entreposage de l'uranium sous forme de nitrate d'uranyle,
- **MAPu** : atelier de purification, de conversion en oxyde et de premier conditionnement de l'oxyde de plutonium,
- **LCC** : laboratoire central de contrôle qualité des produits,
- **ACR** : atelier de conditionnement des résines ;

INB 38 • Installation STE2, collecte, traitement des effluents et entreposage des boues de précipitation et atelier AT1, installation prototype en cours de démantèlement ;

INB 47 • Atelier ELAN IIB, installation de recherche en cours de démantèlement.

Les installations en fonctionnement

INB 116 • Usine UP3-A :

- **T0** : atelier de déchargement à sec des éléments combustibles usés,
- **Piscines D et E** : piscines d'entreposage des éléments combustibles usés,
- **T1** : atelier de cisaillage des éléments combustibles, de dissolution et de clarification des solutions obtenues,
- **T2** : atelier de séparation de l'uranium, du plutonium et des produits de fission, et de concentration/entreposage des solutions de produits de fission,
- **T3/T5** : ateliers de purification et d'entreposage du nitrate d'uranyle,
- **T4** : atelier de purification, de conversion en oxyde et de conditionnement du plutonium,
- **T7** : atelier de vitrification des produits de fission,
- **BSI** : atelier d'entreposage de l'oxyde de plutonium,
- **BC** : salle de conduite de l'usine, atelier de distribution des réactifs et laboratoires de contrôle de marche du procédé,
- **ACC** : atelier de compactage des coques et embouts,
- **AD2** : atelier de conditionnement des déchets technologiques,
- **ADT** : aire de transit des déchets,
- **EDS** : entreposage de déchets solides,
- **E/D EDS** : atelier de désentreposage/entreposage de déchets solides,
- **ECC** : ateliers d'entreposage et de reprise des déchets technologiques et de structures conditionnés,
- **E/EV Sud-Est** : atelier d'entreposage des résidus vitrifiés,
- **E/EV/LH et E/EV/LH 2** : extensions de l'entreposage des résidus vitrifiés ;

INB 117 • Usine UP2-800 :

- **NPH** : atelier de déchargement « sous eau » et d'entreposage des éléments combustibles usés en piscine,
- **Piscine C** : piscine d'entreposage des éléments combustibles usés,
- **R1** : atelier de cisaillage des éléments combustibles, de dissolution et de clarification des solutions obtenues (incluant l'URP : atelier de redissolution du plutonium),
- **R2** : atelier de séparation de l'uranium, du plutonium et des produits de fission et de concentration des solutions de produits de fission (incluant l'UCD : unité centralisée de traitement des déchets alpha),
- **SPF (4, 5, 6)** : ateliers d'entreposage des produits de fission,
- **R4** : atelier de purification, de conversion en oxyde et de premier conditionnement de l'oxyde de plutonium,
- **BST1** : atelier de deuxième conditionnement et d'entreposage de l'oxyde de plutonium,
- **R7** : atelier de vitrification des produits de fission,
- **AML • AMEC** : ateliers de réception et d'entretien des emballages ;

INB 118 • Installation STE3, collecte, traitement des effluents et entreposage des colis bitumés :

- **E/D EB** : entreposage/désentreposage des déchets alpha,
- **MDS/B** : minéralisation des déchets de solvant.

La solution d'acide nitrique comprenant les substances radioactives dissoutes est ensuite traitée, afin d'en extraire l'uranium et le plutonium et d'y laisser les produits de fission et les autres éléments transuraniens.

Après purification, l'uranium est concentré et entreposé sous forme de nitrate d'uranyle ($UO_2(NO_3)_2$). Il est destiné à être converti, dans l'installation TU5 du site du Tricastin, en un composé solide stable (U_3O_8). L'uranium issu de ce procédé est dit « uranium de retraitement ».

Après purification et concentration, le plutonium est précipité par de l'acide oxalique, séché, calciné en oxyde de plutonium, conditionné en boîtes étanches et entreposé. Le plutonium est ensuite destiné à la fabrication de combustibles MOX (Mélanges d'OXydes) dans l'usine Orano de Marcoule (Melox).

Les effluents et les déchets produits par le fonctionnement des usines

Les produits de fission et autres éléments transuraniens issus du retraitement sont concentrés, vitrifiés et conditionnés en colis standards de déchets vitrifiés (CSD-V). Les morceaux de gaines métalliques sont compactés et conditionnés en colis standards de déchets compactés (CSD-C).

Par ailleurs, les opérations de retraitement décrites au paragraphe précédent mettent en œuvre des procédés chimiques et mécaniques qui, par leur exploitation, produisent des effluents gazeux et liquides, ainsi que des déchets solides.

Les déchets solides sont conditionnés sur le site, soit par compactage, soit par enrobage dans du ciment. Les déchets radioactifs solides issus du traitement des assemblages

de combustibles usés dans des réacteurs français sont, selon leur composition, envoyés au Centre de stockage de l'Aube (CSA) ou entreposés sur le site Orano Recyclage de La Hague dans l'attente d'une solution pour leur stockage définitif (notamment les colis CSD-V et les colis CSD-C).

Conformément à l'article L. 542-2 du code de l'environnement, les déchets radioactifs issus du traitement des assemblages de combustibles usés d'origine étrangère sont réexpédiés à leurs propriétaires. Cependant, il est impossible de séparer physiquement les déchets en fonction des combustibles dont ils proviennent. Afin de garantir une répartition équitable des déchets issus du traitement des combustibles de ses différents clients, l'exploitant a proposé un système comptable permettant le suivi des entrées et des sorties de l'usine de La Hague. Ce système, appelé « système EXPER », a été approuvé par arrêté du 2 octobre 2008 du ministre chargé de l'énergie.

Les effluents gazeux se dégagent principalement lors du cisaillage des assemblages et pendant l'opération de dissolution. Le traitement de ces effluents gazeux s'effectue par lavage dans une unité de traitement des gaz. Les gaz radioactifs résiduaires, en particulier le krypton et le tritium, sont contrôlés avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

Les effluents liquides sont traités et généralement recyclés. Certains radionucléides, tels que l'iode et le tritium, sont dirigés, après contrôle, vers l'émissaire marin de rejet en mer. Cet émissaire, comme les autres émissaires du site, sont soumis à des limites de rejet. Les autres effluents sont dirigés vers des unités de conditionnement du site (matrice solide de verre ou de bitume).

LES OPÉRATIONS DE MISE À L'ARRÊT DÉFINITIF ET DÉMANTÈLEMENT DE CERTAINES INSTALLATIONS

L'ancienne usine de traitement des combustibles irradiés UP2-400 (INB 33) a été mise en service en 1966 et est arrêtée définitivement depuis le 1er janvier 2004.

L'arrêt définitif concerne également trois INB associées à l'usine UP2-400 : l'INB 38 (qui regroupe la Station de traitement des effluents et des déchets solides n° 2 – STE2 – et l'Atelier de traitement des combustibles nucléaires oxyde n° 1 – AT1), l'INB 47 (atelier de fabrication de sources radioactives – ELAN IIB) et l'INB 80 (atelier « haute activité oxyde » – HAO).

Orano a transmis en avril 2018 deux demandes d'autorisation de démantèlement partiel des INB 33 et 38. Les reports demandés par l'exploitant conduisent à des échéances de fin de démantèlement en 2046 et 2043, au lieu de la date de 2035 précédemment prescrite pour les deux INB. À la suite des compléments apportés au dossier par Orano concernant, d'une part, la suppression des interactions en cas de séisme entre l'atelier MAPu et l'atelier BST1 ; d'autre part, le mémoire en réponse à l'avis de l'autorité environnementale, l'enquête publique s'est déroulée du 20 octobre au 20 novembre 2020. À l'issue de celle-ci, la commission d'enquête a émis un avis favorable. L'ASN a ensuite émis en juillet 2022 un avis sur les projets de décrets. Les décrets n° 2022-1480 et n° 2022-1481 en date du 28 novembre 2022 ont été publiés au *Journal Officiel* du 29 novembre 2022.

L'ASN note que les reports d'échéances demandés sont significatifs et dus en grande partie aux retards pris dans la reprise et le conditionnement des déchets anciens (RCD). De ce fait, l'ASNR poursuivra en 2025 sa démarche de contrôle de la gestion de ces projets.

LES OPÉRATIONS DE REPRISE ET DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS ANCIENS

Contrairement aux déchets conditionnés directement en ligne, que produisent les nouvelles usines UP2-800 et UP3-A de La Hague, la majeure partie des déchets produits par la première usine UP2-400 a été entreposée en vrac, sans conditionnement définitif. Les opérations de reprise de ces déchets sont complexes et nécessitent la mise en œuvre de moyens importants. Elles présentent des enjeux de sûreté et de radioprotection majeurs, que l'ASN contrôle particulièrement.

La reprise des déchets contenus dans les entreposages anciens du site de La Hague constitue, en outre, un préalable aux opérations de démantèlement et d'assainissement de ces installations.

Reprise et conditionnement des boues de STE2

La station STE2 servait à collecter les effluents de l'usine UP2-400, à les traiter et à entreposer les boues de précipitation issues du traitement. Les boues de STE2 sont ainsi les précipités qui fixent l'activité radiologique contenue dans les effluents ; elles sont entreposées dans sept silos. Une partie des boues a été enrobée dans du bitume et conditionnée dans des fûts en acier inoxydable dans l'atelier STE3. À la suite de l'interdiction du bitumage par l'ASN en 2008, Orano a étudié d'autres modes de conditionnement pour les boues non conditionnées ou entreposées.

Le scénario concernant la reprise et le conditionnement des boues de STE2 présenté en 2010 était découpé en trois étapes :

- reprise des boues entreposées dans des silos de STE2 (INB 38) ;
- transfert et traitement, initialement envisagé par séchage et compactage, dans STE3 (INB 118) ;
- conditionnement des pastilles obtenues en colis « C5 », en vue du stockage en couche géologique profonde.

L'ASN a autorisé la première phase de travaux pour la reprise des boues de STE2 en 2015. Le décret d'autorisation de création de STE3 a été modifié par décret du 29 janvier 2016, afin de permettre l'implantation du procédé de traitement des boues de STE2.

Fin 2017, Orano a cependant informé l'ASN que le procédé retenu pour le traitement des boues dans STE3 pouvait entraîner des difficultés pour l'exploitation et la maintenance des équipements. Orano a proposé un scénario alternatif par centrifugation et a transmis en août 2019 un dossier d'options de sûreté (DOS), qui repose cependant sur des hypothèses encore trop peu étayées. Une inspection réalisée fin 2019 a confirmé que le projet n'était pas suffisamment mûr pour que l'ASN puisse donner un avis sur ce DOS.

En 2022, dans le cadre des échanges techniques menés entre Orano, l'ASN et l'IRSN, Orano s'est engagé sur une nouvelle feuille de route pour ce projet. Ainsi, Orano a abandonné le scénario de centrifugation et s'est engagé à mener en parallèle de nouvelles études visant d'une part à approfondir les solutions de traitement et de conditionnement des boues ; d'autre part, à mettre en place un entreposage intermédiaire (nouveaux silos) dans des conditions de sûreté satisfaisantes, permettant de dissocier la reprise et la mise en sûreté de ces boues, de leur conditionnement définitif. Orano a transmis à l'ASN le DOS associé à ce projet de création de nouveaux silos d'entreposage des boues (projet nommé « NABUCO ») en décembre 2023. Celui-ci est actuellement en phase d'instruction par l'ASNR.

Silo 130

Le silo 130 est un entreposage enterré en béton armé, muni d'un cuvelage en acier noir utilisé pour l'entreposage à sec de déchets solides issus du traitement des combustibles des réacteurs « uranium naturel-graphite-gaz » (UNGG), ainsi que de déchets technologiques et de terres et gravats contaminés. Le silo a reçu des déchets de ce type à partir de 1973, jusqu'à son incendie en 1981, qui a contraint l'exploitant à noyer ces déchets. L'étanchéité du silo, ainsi rempli d'eau n'est aujourd'hui assurée qu'au moyen d'une unique barrière de confinement, constituée d'une « peau » en acier. Par ailleurs, la structure du génie civil du silo 130 est fragilisée par son vieillissement et par l'incendie survenu en 1981. L'eau est en contact direct avec les déchets et peut contribuer à la corrosion du cuvelage en acier noir.

Un des risques majeurs de cette installation concerne la dispersion des substances radioactives dans l'environnement par infiltration de l'eau contaminée dans la nappe phréatique. L'étanchéité du silo 130 est notamment surveillée par un réseau de piézomètres situés à proximité. Un autre facteur pouvant compromettre la sûreté du silo 130 est lié à la nature des substances présentes dans les déchets, comme le magnésium, qui est pyrophorique. L'hydrogène, gaz hautement inflammable, peut aussi être produit par des phénomènes de radiolyse ou de corrosion (présence d'eau). Ces éléments contribuent aux risques incendie et d'explosion.

Le scénario de RCD comporte quatre étapes :
- reprise et conditionnement des déchets UNGG solides ;
- reprise des effluents liquides ;
- reprise et conditionnement des déchets UNGG résiduels et des boues de fond de silo ;
- reprise et conditionnement des terres et gravats.

Orano a construit une cellule de reprise au-dessus de la fosse contenant les déchets et un nouveau bâtiment dédié aux opérations de tri et de conditionnement.

L'exploitant a validé la mise en service industrielle du procédé de reprise des déchets en 2022, à la suite des essais menés en 2020 et 2021. Sur le plan quantitatif, l'année 2023 avait permis la reprise d'une cinquantaine de fûts de déchets et l'année 2024 a permis d'atteindre le chiffre de 200 fûts de déchets repris : c'est ainsi environ un tiers de la quantité totale de déchets de la phase n°1 qui a été repris depuis le début des opérations en 2020. L'augmentation du rythme de reprise en 2024 s'explique notamment par la mise en place d'une équipe de maintenance dédiée au silo 130 et par le passage en fonctionnement en 3*8 des équipes de reprise depuis novembre 2023 au lieu du 2*8 initial.

L'ASN considère que ces mesures sont positives, mais que les différents aléas techniques observés en 2024 sur les équipements confirment la nécessité pour Orano d'améliorer la fiabilité des installations de reprise des déchets.

Silo HAO et stockage organisé des coques

L'atelier HAO (INB 80) assurait les premières étapes du processus de traitement des combustibles nucléaires usés : réception, entreposage, puis cisaillage et dissolution. Les solutions de dissolution produites dans l'INB 80 étaient ensuite transférées dans l'ensemble industriel UP2-400, dans lequel avait lieu la suite des opérations de traitement.

L'INB 80 est composée de :
- HAO Nord, lieu de déchargement et d'entreposage des combustibles usés ;
- HAO Sud, où étaient effectuées les opérations de cisaillage et dissolution ;
- le bâtiment « filtration », qui comporte le système de filtration de la piscine de HAO Sud ;
- le silo HAO, dans lequel sont entreposés des coques et embouts (morceaux de gaine et embouts de combustible) en vrac, des fines provenant essentiellement du cisaillage, des résines et des déchets technologiques issus de l'exploitation de l'atelier HAO entre 1976 et 1997 ;
- le stockage organisé des coques (SOC), composé de trois piscines dans lesquelles sont entreposés des fûts contenant coques et embouts.

En 2024, l'exploitant a poursuivi les opérations préalables à la reprise des déchets du silo HAO et la mise en œuvre des modifications matérielles définies à l'issue de l'analyse des points durs identifiés lors des essais fonctionnels du dispositif de reprise des déchets. Par la décision n° 2024-DC-0784 de l'ASN du 3 septembre 2024, l'exploitant a été autorisé à mettre en service la cellule de reprise et de conditionnement en fût ECE des déchets du silo HAO et des piscines du SOC. Toutefois, l'exploitant a rencontré plusieurs difficultés techniques lors des essais et a subi des retards de mise à disposition de certains équipements de reprise qui l'ont conduit à annoncer un retard de deux ans sur le planning du projet. Dans ce cadre, Orano a déterminé les causes techniques, organisationnelles et humaines, puis a défini et mis en œuvre des dispositions pour en réduire les conséquences. À cet effet, l'ASN note le plan de surveillance renforcé du fournisseur concerné afin de mieux maîtriser les délais de fourniture, même si des risques de nouveaux retards dans la mise à disposition des équipements subsistent.

Appréciation portée sur le site d'Orano

En 2024, l'ASN considère que les performances de l'établissement Orano Recyclage La Hague sont satisfaisantes pour ce qui concerne la sûreté nucléaire, la radioprotection et la protection de l'environnement.

En matière de sûreté nucléaire, l'ASN relève un niveau de maîtrise satisfaisant du référentiel interne et des opérations de conduite. L'ASN note également positivement le suivi effectué concernant les compétences et les effectifs des équipes de conduite. Cependant, dans le cadre des évolutions d'organisation liées au projet « Convergence », il convient d'améliorer la sérénité dans la salle de conduite centralisée, notamment en supprimant les alarmes intempestives, en améliorant les fonctionnalités du cahier de quart numérique et en limitant les sollicitations externes. Une plus grande rigueur reste également attendue concernant le suivi des contrôles périodiques.

Par ailleurs, l'ASN note positivement le déploiement en cours d'une organisation visant à mettre en œuvre de manière plus efficace les opérations de maintenance des installations. Toutefois, une action globale visant à identifier les pièces de rechange pour les équipements importants pour la sûreté concernées par un risque d'obsolescence technologique est attendue.

L'ASN souligne une bonne organisation globale dans la surveillance des intervenants extérieurs. Toutefois, la surveillance des opérations de maintenance doit être renforcée. Orano doit également veiller à assurer une surveillance suffisante des sous-traitants de ses prestataires. Enfin, l'ASN confirme la nécessité d'améliorer la rigueur du renseignement des rapports de surveillance (référence des actes de surveillance, cohérence entre l'attendu et le rendu, etc.).

En matière de gestion du risque incendie, l'ASN relève positivement la bonne réactivité du personnel lors de la réalisation d'exercices inopinés, ainsi que la bonne réalisation par les équipes de conduite et par le service protection du site des actions leur incombant. En revanche, des améliorations sont attendues concernant la gestion des inhibitions du système de détection incendie, ainsi que l'intégration des nouveaux équipements de maîtrise du risque incendie dans le système de gestion de la maintenance. Une action globale est également attendue afin d'identifier, puis corriger ou justifier les écarts aux normes de référence relatives à la maintenance et aux contrôles périodiques des équipements concourant à la maîtrise du risque incendie.

En matière de radioprotection, l'ASN note positivement le fonctionnement du pôle de compétence au sein de l'établissement. Cependant, un nombre conséquent d'écarts en radioprotection subsiste et des dysfonctionnements sont identifiés dans le cadre du contrat de suivi des appareils liés à la radioprotection. L'ASN prend note des plans d'action spécifiques engagés pour traiter ces sujets et plus largement reste attentive à l'action en cours de modernisation et de transformation des métiers de la radioprotection. Concernant la gestion des sources radioactives, l'ASN retient les avancées obtenues en matière de remplacement des sources périmées, même si celles-ci sont à poursuivre en 2025. Par ailleurs, les actions visant à l'évacuation des sources périmées ou hors service doivent être renforcées en 2025.

Concernant la protection de l'environnement en 2024, il n'a pas été relevé d'écart majeur du point de vue du respect des limites de rejets, du contrôle des effluents et de la surveillance de l'environnement. En revanche, l'ASN considère qu'il convient de renforcer l'appropriation des dispositions de maîtrise des risques non radiologiques sur l'établissement. En particulier, des contrôles réalisés sur ce thème ont montré des dissemblances entre les barrières de sécurité prévues par l'étude des dangers et les pratiques mises en œuvre. Ces constats sont appuyés par la survenue d'une fuite d'une cuve d'acide nitrique sur un parc extérieur de stockages de réactifs qui doit donner lieu à un retour d'expérience approfondi à l'échelle de l'établissement. Par ailleurs, l'ASN relève la survenue d'écarts récurrents impliquant la maîtrise des fluides frigorigènes et gaz à effets de serre fluorés et considère qu'Orano doit améliorer les dispositions prises pour prévenir, détecter et réduire à un niveau aussi faible que possible les émissions associées.

Pour ce qui concerne l'ouvrage hydraulique du barrage des Moulinets, la décision de l'ASN du 19 juin 2024 met Orano en demeure de remettre cet équipement en pleine conformité avant la fin de l'année 2025, et, pour ce faire, prescrit des échéances intermédiaires. L'ASN considère qu'Orano s'est conformé aux échéances de l'année 2024.

Par ailleurs, l'ASN considère que les opérations d'achèvement des projets relatifs à la mise en place des nouvelles unités de concentration de produits de fission (NCPF) se sont déroulées de manière satisfaisante, ce qui a permis de mettre en service le projet NCPF associé à l'atelier R2 en juin 2024. L'ASN note cependant que des modifications intégrées tardivement à ce projet ont conduit à des difficultés lors de la fin de l'instruction de la mise en service.

L'ASN constate le maintien d'une organisation satisfaisante pour les transports externes et internes de substances radioactives, ainsi que pour la maintenance des emballages opérés sur le site de La Hague. De nouveaux itinéraires de transports internes intégrant de nouvelles mesures de prévention des accidents ont été mis en place en 2024, afin de tenir compte de la nouvelle zone de protection renforcée, et un retour d'expérience de sa mise en œuvre est attendu, particulièrement sur l'impact de l'infrastructure sur les systèmes de transport. Par ailleurs, Orano a poursuivi la mise en place des améliorations du système de transport EMEM. Cependant, l'ASN déplore les difficultés rencontrées par l'exploitant pour réaliser ses améliorations dans les délais prescrits.

Concernant l'avancement des projets de démantèlement et de RCD, les travaux se sont poursuivis en 2024 dans des conditions de sûreté globalement satisfaisantes.

Toutefois, l'ASN constate à nouveau que plusieurs projets de démantèlement et de RCD anciens continuent de rencontrer des difficultés conduisant à de nouveaux retards. En matière de démantèlement, Orano doit poursuivre les efforts engagés pour traiter les sujets ayant un impact sur le calendrier des opérations.

Pour ce qui concerne le silo 130, qui est le projet le plus avancé et en phase d'exploitation industrielle, le rythme de reprise des déchets s'est amélioré depuis les évolutions d'organisation mises en place en fin d'année 2023 par Orano (passage en équipe 3*8 au lieu de 2*8, mise en place d'une équipe de maintenance dédiée, etc.). Toutefois, de nombreux aléas sur les matériels de reprise des déchets ont de nouveau été rencontrés en 2024, ce qui a conduit à plusieurs périodes d'arrêt. Aussi, l'ASN considère qu'Orano doit améliorer la fiabilité des équipements et continuer d'intégrer le retour d'expérience du silo 130 dans les autres projets de reprise de déchets anciens.

Pour ce qui concerne le projet de reprise des déchets du silo HAO, Orano a confirmé en 2024 un décalage de deux ans du planning du projet, notamment compte tenu de retard pris dans la fourniture de certains équipements de reprise. Dans ce cadre, Orano a déterminé les causes techniques, organisationnelles et humaines, puis a défini et mis en œuvre des dispositions pour en réduire les conséquences. Parmi ces dispositions, l'ASN note le plan de surveillance renforcé du fournisseur concerné afin de mieux maîtriser les délais de fourniture, même si des risques de nouveaux retards dans la mise à disposition des équipements subsistent.

S'agissant du silo 115, l'ASN note positivement la réalisation des travaux de sécurisation de la charpente, achevés en 2024. Cependant, l'ASN retient également le décalage des études d'avant-projet détaillé et du planning de reprise des déchets, décalage qui reste à quantifier compte tenu du changement de la technique de reprise qui sera utilisée.

Concernant l'atelier HAPF, des évaporateurs de cet atelier ont été utilisés pour gérer les effluents des usines en fonctionnement jusqu'à la fin de l'année 2024. L'exploitant a sollicité l'ASN pour poursuivre l'utilisation de ces équipements dans le cadre du démantèlement des installations, mais la nécessité de mieux justifier l'aptitude de ces appareils à un fonctionnement prolongé en toute sûreté a conduit à prolonger l'instruction de ce dossier. L'ASNR sera attentive à la définition de solutions alternatives permettant de poursuivre les opérations de démantèlement quelle que soit la décision prise sur la prolongation des évaporateurs.

Enfin, l'ASN relève que des dispositions ont été prises par Orano afin que la gestion des interfaces entre les ateliers en exploitation et les projets de démantèlement et de RCD au sein de l'établissement de La Hague soit globalement satisfaisante.

Nouvelle-Aquitaine

La division de Bordeaux contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 12 départements de la région Nouvelle-Aquitaine.

135 inspections

9 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 135 inspections dans la région Nouvelle-Aquitaine, dont 63 dans les centrales nucléaires du Blayais et de Civaux, 62 dans les installations nucléaires de proximité, cinq dans le domaine du transport de substances radioactives et cinq concernant les organismes et laboratoires agréés par l'ASN.

L'ASN a, par ailleurs, réalisé 17 journées d'inspection du travail à la centrale nucléaire du Blayais et 12 journées à la centrale nucléaire de Civaux.

Au cours de l'année 2024, huit événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) ont été déclarés par les exploitants des centrales nucléaires de Nouvelle-Aquitaine. Dans les activités nucléaires de proximité, un événement classé au niveau 2 de l'échelle ASN-SFRO a été déclaré à l'ASN.

L'ASN a effectué un signalement au procureur en application de l'article 40 du code de procédure pénale en matière de sécurité des travailleurs.

CENTRALE NUCLÉAIRE DU BLAYAIS

La centrale nucléaire du Blayais, exploitée par EDF dans le département de la Gironde, à 50 km au nord de Bordeaux, est constituée de quatre réacteurs à eau sous pression (REP) d'une puissance de 900 mégawatts électriques (MWe), mis en service en 1981 et 1982. Les réacteurs 1 et 2 constituent l'installation nucléaire de base (INB) 86 et les réacteurs 3 et 4 l'INB 110.

L'ASN considère de nouveau que les performances de la centrale nucléaire du Blayais en matière de sûreté nucléaire sont en retrait par rapport à l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF. Les performances en matière de radioprotection et d'environnement rejoignent quant à elles cette appréciation générale.

En matière de sûreté nucléaire, la centrale nucléaire du Blayais n'est pas parvenue en 2024 à enrayer la dégradation des performances constatée depuis 2022. Dans le domaine de la conduite des réacteurs, l'ASN considère que les performances de l'exploitant sont très en retrait, comme en témoignent le nombre et la nature des événements significatifs déclarés. Dans le domaine de la maîtrise du risque incendie, l'ASN relève un manque de résultats sur le terrain, en dépit du déploiement d'un plan de rigueur. Enfin, dans le domaine de la maintenance, où une réaction forte de l'exploitant était attendue, l'ASN a constaté que le site rencontre toujours des difficultés dans la maîtrise et la préparation des activités, ainsi que dans la surveillance des interventions. L'ASN attend des résultats à la suite des plans d'action engagés en 2023 et 2024 pour rehausser significativement le niveau de performance, et elle mènera une inspection de revue en juin 2025 afin d'effectuer un bilan approfondi de la situation.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base :**
  - la centrale nucléaire du Blayais (4 réacteurs de 900 MWe),
  - la centrale nucléaire de Civaux (2 réacteurs de 1 450 MWe) ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 19 services de radiothérapie externe,
  - 6 services de curiethérapie,
  - 23 services de médecine nucléaire,
  - 97 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 135 scanners,
  - environ 6 000 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - environ 960 établissements industriels et de recherche, dont 60 entreprises exerçant une activité de radiographie industrielle,
  - 1 accélérateur de particules de type cyclotron,
  - 45 laboratoires, principalement implantés dans les universités de la région,
  - environ 450 cabinets ou cliniques vétérinaires pratiquant le radiodiagnostic ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 1 organisme pour le contrôle de la radioprotection,
  - 12 organismes pour la mesure du radon,
  - 9 laboratoires pour les mesures de la radioactivité de l'environnement.

Sur le plan de la radioprotection des travailleurs, l'ASN considère que les performances se sont légèrement dégradées par rapport à l'année 2023, pour laquelle elles avaient été jugées en progrès. Elle souligne le maintien de l'engagement de l'exploitant dans ce domaine, mais constate qu'il se heurte toujours à des difficultés chroniques dans le respect des fondamentaux de la radioprotection par certains intervenants.

Concernant la protection de l'environnement, l'ASN souligne les efforts produits ces dernières années par l'exploitant dans ce domaine, par exemple concernant la gestion des déchets et le traitement complet de l'aléa déclaré fin 2023 concernant la détérioration d'une rétention de la station de déminéralisation. Toutefois, le site a déclaré quelques événements révélateurs de dysfonctionnements, en particulier en matière de rejets gazeux ou liquides. De plus, à la suite d'une inspection renforcée réalisée en 2024, l'ASN attend des justifications concernant les capacités des dispositifs de confinement liquide.

En matière d'inspection du travail, l'ASN relève que les résultats poursuivent leur dégradation en ce qui concerne la sécurité des travailleurs. L'ASN a demandé à l'exploitant de remédier aux situations à risques rencontrées concernant la circulation et le risque de heurts entre piétons et engins, ainsi qu'aux risques de chute de hauteur. Des situations accidentelles ont été rencontrées en 2024 lors de l'utilisation de machines-outils. L'ASN considère par ailleurs que les analyses de risques doivent être améliorées et souligne, malgré les efforts engagés, encore trop d'expositions accidentelles aux fibres d'amiante lors des travaux de maintenance.

Enfin, l'ASNR sera vigilante au maintien dans la durée de la conformité des installations aux exigences du code du travail.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE CIVAUX

La centrale nucléaire de Civaux, exploitée par EDF dans le département de la Vienne, à 30 km au sud de Poitiers, en région Nouvelle-Aquitaine, comprend deux REP d'une puissance de 1 450 MWe, mis en service en 1997 et 1999. Les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB 158 et 159. Ce site dispose d'une des bases régionales de la Force d'action rapide du nucléaire (FARN), créée en 2011 par EDF à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima au Japon. Son objectif est d'intervenir, en situation pré-accidentelle ou accidentelle, sur n'importe quelle centrale nucléaire en France, en apportant des renforts humains et des moyens matériels de secours.

L'ASN considère qu'en 2024 les performances de la centrale nucléaire de Civaux en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement rejoignent l'appréciation générale que l'ASN porte sur les centrales nucléaires d'EDF.

Dans le domaine de la sûreté nucléaire, l'ASN considère que les performances se sont améliorées en 2024, notamment en ce qui concerne la conduite des installations et la maintenance. La maîtrise des arrêts et des redémarrages des deux réacteurs a en particulier progressé. Les actions d'amélioration du management de la sûreté, qui ont permis ces progrès, sont à poursuivre. Des marges de progrès subsistent dans la documentation utilisée, la préparation et l'appropriation des différentes activités, notamment dans le domaine de la maintenance, ainsi que dans la rigueur de leur réalisation. Les compétences des intervenants dans certaines spécialités constituent également un point de vigilance. Enfin, l'ASN a pu apprécier la gestion satisfaisante d'une situation d'urgence simulée lors d'un exercice national de crise.

Dans le domaine de la radioprotection, l'ASN a constaté une amélioration des performances lors des arrêts de réacteur sur les chantiers particulièrement sensibles. Le site a tiré les enseignements de l'événement de dispersion de contamination survenu en 2023 dans le bâtiment réacteur, pendant l'arrêt du réacteur 2. Cependant, des lacunes ont été relevées par l'ASN en dehors des périodes d'arrêts, démontrant que la culture de radioprotection chez les intervenants, ainsi que la surveillance exercée par EDF demeurent perfectibles.

Concernant la protection de l'environnement, l'ASN a mené une inspection renforcée en 2024. Même si les perspectives sont encourageantes avec le démarrage des travaux de création d'un bassin de confinement des eaux d'extinction d'incendie, l'ASN considère que le confinement liquide actuel des effluents n'est pas suffisamment maîtrisé : un contrôle plus efficace du niveau de performance du matériel d'isolement utilisé est attendu. Aucun écart majeur n'a été constaté concernant la gestion des effluents liquides en fonctionnement normal et de la préservation de la ressource en eau utilisée pour les besoins du site.

En matière d'inspection du travail, l'ASN souligne positivement la profondeur des analyses conduites à la suite de presqu'accidents. Cependant, en matière de sécurité des travailleurs, des défauts ont été constatés au niveau de l'exhaustivité des analyses de risques. En outre, l'ASN attend une mobilisation de l'exploitant sur la remise en conformité réglementaire des voies de circulation du site, des ponts lourds et des locaux présentant un risque d'explosion.

Occitanie

Les divisions de Bordeaux et Marseille contrôlent conjointement la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 13 départements de la région Occitanie.

115 inspections

8 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 115 inspections dans la région Occitanie, dont 53 dans les installations nucléaires de base (INB), 53 dans le nucléaire de proximité, cinq dans le domaine du transport de substances radioactives (TSR) et quatre concernant les organismes et laboratoires agréés par l'ASN.

Par ailleurs, l'ASN a réalisé 12 journées d'inspection du travail à la centrale nucléaire de Golfech.

Au cours de l'année 2024, quatre événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) ont été déclarés par les exploitants des installations nucléaires d'Occitanie, et un dans le domaine industriel. Dans le domaine du nucléaire de proximité, un événement significatif pour la radioprotection classé au niveau 4 de l'échelle ASN-SFRO et deux classés au niveau 2 de cette échelle ont été déclarés à l'ASN.

Enfin, dans le cadre de leur mission de contrôle, les inspecteurs de l'ASN ont dressé un procès-verbal.

CENTRALE NUCLÉAIRE DE GOLFECH

La centrale nucléaire de Golfech, exploitée par EDF, est située dans le département de Tarn-et-Garonne, à 40 km à l'ouest de Montauban. Elle est constituée de deux réacteurs à eau sous pression (REP) d'une puissance de 1 300 mégawatts électriques (MWe), mis en service en 1990 et 1993. Les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB 135 et 142.

L'ASN considère que les performances de la centrale nucléaire de Golfech en matière de sûreté nucléaire, de protection de l'environnement et de radioprotection rejoignent l'appréciation générale portée sur les centrales nucléaires d'EDF.

Dans le domaine de la sûreté nucléaire, l'ASN considère que les performances sont désormais à un niveau satisfaisant, dans un contexte industriel cependant moins chargé que les années précédentes. Au cours de l'année 2024, le réacteur 2 a réalisé plusieurs arrêts pour économie de combustible et le réacteur 1 a réalisé un arrêt à la suite de la détection d'une fuite sur un équipement du circuit secondaire. L'ASN juge positivement la gestion des régimes transitoires associés à ces situations. Des faiblesses ont toutefois été relevées dans la mise en configuration des circuits et la maîtrise de la documentation. De plus, les inspections de l'ASN ont révélé des défauts dans la maîtrise du risque d'explosion interne et la gestion des moyens de crise. En matière de maintenance, plusieurs aléas techniques en lien avec des automatismes se sont produits, dont trois ont conduit à des arrêts automatiques de réacteur. Enfin, les modifications de la programmation des arrêts de réacteur ont entraîné plusieurs reports d'activités, à l'origine de quelques défauts de planification de contrôles périodiques.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base :**
  - la centrale nucléaire de Golfech, (2 réacteurs de 1 300 MWe),
  - le centre de recherche du CEA de Marcoule, qui inclut les INB civiles Atalante et Phénix, ainsi que le chantier de construction de l'installation d'entreposage de déchets Diadem,
  - l'usine Melox de production de combustible nucléaire « MOX »,
  - l'installation Centraco de traitement de déchets faiblement radioactifs,
  - l'irradiateur industriel Gammatec,
  - l'installation d'entreposage de déchets Écrin sur le site de Malvési ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :**
  Chapitre 7 p. 210
  - 14 services de radiothérapie externe,
  - 6 services de curiethérapie,
  - 20 services de médecine nucléaire,
  - 91 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 121 scanners,
  - environ 5 000 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :**
  Chapitre 8 p. 250
  - environ 800 établissements industriels et de recherche, dont 4 accélérateurs de particules de type cyclotron, 29 entreprises exerçant une activité de radiographie industrielle et 60 laboratoires, principalement implantés dans les universités de la région,
  - environ 600 cabinets ou cliniques vétérinaires pratiquant le radiodiagnostic ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;**
  Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 6 laboratoires pour les mesures de la radioactivité dans l'environnement,
  - 7 organismes pour la mesure du radon,
  - 2 organismes pour le contrôle de la radioprotection.

Ainsi, l'ASN considère que l'exploitant doit consolider en 2025 ses efforts et confirmer le maintien des performances du site en matière de sûreté nucléaire dans le contexte des arrêts programmés des deux réacteurs.

En matière de radioprotection, la situation est jugée satisfaisante. Le nombre d'événements significatifs est resté faible, et l'ASN souligne la bonne prise en compte par les intervenants des règles de radioprotection. Une vigilance particulière doit cependant être maintenue sur les contaminations de voieries et sur la bonne réalisation des évaluations préalables d'exposition.

Dans le domaine de la protection de l'environnement, l'ASN a réalisé une inspection renforcée sur le site, qui a mis en évidence des améliorations intervenues dans le domaine de la protection de l'environnement et notamment dans la maîtrise du risque d'écoulement de substances dangereuses dans l'environnement. Toutefois, le site n'est pas encore totalement à l'attendu, en particulier dans la gestion des effluents rejetés dans le bassin d'orage.

En matière d'inspection du travail, les résultats en ce qui concerne la sécurité des travailleurs restent stables par rapport à 2023. Une situation accidentelle est cependant survenue lors de l'utilisation d'une machine-outil. L'ASN a demandé à l'exploitant de remédier aux situations à risque rencontrées concernant la circulation et le risque de heurts entre piétons et engins. Des efforts sont toujours attendus pour assurer une meilleure maîtrise des situations de travail exposant au risque de chute de hauteur. L'ASN considère par ailleurs que la pertinence des analyses de risques doit être améliorée. Enfin, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sera vigilante au maintien dans la durée de la conformité des installations aux exigences du code du travail.

– Plateforme de Marcoule

La plateforme nucléaire de Marcoule est située à l'ouest d'Orange, dans le département du Gard. Elle est dédiée, pour ce qui concerne ses six installations civiles, à des activités de recherche relatives à l'aval du « cycle du combustible » et à l'irradiation de matériaux, ainsi qu'à des activités industrielles, notamment concernant la fabrication de combustible MOX (Mélanges d'OXydes), le traitement de déchets radioactifs et l'irradiation de matériaux. La majeure partie du site est en outre constituée par l'installation nucléaire de base secrète (INBS) contrôlée par le ministère en charge de la défense.

CENTRE CEA DE MARCOULE

Créé en 1955, le centre CEA de Marcoule comporte trois installations civiles : les laboratoires Atalante (INB 148), la centrale Phénix (INB 71) et l'installation d'entreposage Diadem (INB 177).

Installation Atalante – CENTRE DU CEA

Les Ateliers alpha et laboratoires d'analyses des transuraniens et d'études de retraitement (Atalante – INB 148), créés dans les années 1980, ont pour mission principale de mener des activités de recherche et développement en matière de recyclage des combustibles nucléaires, de gestion des déchets ultimes et d'exploration de nouveaux concepts pour les systèmes nucléaires de quatrième génération. Afin d'étendre ces activités de recherche, des activités et des équipements provenant du Laboratoire d'études et de fabrication des combustibles avancés (Lefca – INB 123) du centre CEA de Cadarache y ont été transférés en 2017.

L'ASN a publié la décision n° 2022-DC-0720 du 19 avril 2022 qui fixe au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) les prescriptions applicables à Atalante, destinées à encadrer la poursuite de fonctionnement de l'INB. Cette décision fixe notamment au 31 décembre 2035 l'échéance de traitement des liquides organiques radioactifs (LOR) entreposés dans l'installation. Dans l'attente de leur évacuation, le CEA doit prendre des dispositions pour s'assurer que les fûts d'entreposage de LOR ne se corrodent pas et pour disposer de capacités d'échantillonnage afin de suivre la qualité physico-chimique des LOR. Dans cette même décision, l'ASN a prescrit la mise en œuvre d'un système de détection et de coupure automatique des alimentations en eau et en électricité de l'INB, en cas de séisme. La mise en service de ce dispositif a été autorisée en 2023. L'échéance de mise en service effective du dispositif, fixée par la prescription de l'ASN, a été modifiée par la décision n° 2024-DC-0785 du 11 septembre 2024, la repoussant de fin décembre 2024 à fin août 2027. L'ASNR reste vigilante au suivi des actions engagées.

Le CEA a transmis à l'ASN en juin 2024 le dossier d'orientation (DOR) de son prochain réexamen, dont le rapport de conclusions est attendu en décembre 2026.

Deux événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle INES, en lien avec la prévention du risque de criticité, ont été déclarés par le CEA en 2024. Ces événements étaient relatifs à un manque de préparation lors de transferts de matières fissiles au sein des laboratoires d'Atalante. Le CEA a examiné les causes de ces événements, essentiellement liés à des facteurs organisationnels et humains, et a défini un plan d'action afin de corriger à court terme les écarts constatés et d'améliorer à plus long terme la prévention des risques de criticité. Ces éléments ont été partagés avec les autres INB du CEA concernées par les risques de criticité. L'ASNR restera vigilante à la mise en œuvre par l'exploitant des actions de long terme de son plan d'action, visant à renforcer la prévention des risques de criticité.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire d'Atalante est assez satisfaisant, en raison des événements significatifs survenus relatifs à la prévention du risque de criticité. Toutefois, les dispositions mises en œuvre pour assurer la surveillance des intervenants extérieurs, le suivi des écarts et des contrôles et essais périodiques sont globalement satisfaisantes. En ce qui concerne la gestion des déchets nucléaires dans l'installation, l'ASN attend que l'exploitant prenne des dispositions pour améliorer le respect des durées limites d'entreposage de ces déchets, durées définies dans le référentiel de sûreté d'Atalante.

Centrale Phénix – CENTRE DU CEA

La centrale Phénix (INB 71) est un réacteur surgénérateur de démonstration de la filière dite « à neutrons rapides », refroidi au sodium. Ce réacteur, d'une puissance électrique de 250 MWe, a été définitivement arrêté en 2009 et est en cours de démantèlement.

Le démantèlement est encadré dans ses grandes phases par le décret n° 2016-739 du 2 juin 2016. La décision n° 2016-DC-0564 de l'ASN du 7 juillet 2016 prescrit au CEA différents jalons et opérations de démantèlement.

L'évacuation des combustibles irradiés et la dépose d'équipements se sont poursuivies en 2024.

Cependant, le scénario de référence du démantèlement de l'installation, fixé dans le décret de démantèlement de juin 2016, est en cours de redéfinition par l'exploitant. Cette redéfinition concerne principalement le cadencement des opérations de démantèlement, pour privilégier le traitement du sodium, en accord avec la stratégie de démantèlement de l'ensemble des installations du CEA. Le CEA prévoit le dépôt d'une demande de modification du décret de démantèlement de l'INB 71, visant à intégrer ce nouveau scénario de référence.

La construction de l'installation NOAH, dont la demande de mise en service a été déposée en 2022, et qui assurera une partie du traitement du sodium de Phénix et d'autres installations du CEA, a progressé en 2024. Les essais de fonctionnement se sont poursuivis, essais préalables à la mise en service prévue par le CEA en 2028.

L'installation continue de déclarer des écarts relatifs au respect de certains paramètres physico-chimiques des rejets aqueux. Des dispositions pérennes pour garantir le respect de limite physico-chimique de rejets aqueux en 2025 sont envisagées par l'exploitant.

Le rapport de réexamen périodique de 2022 de l'INB 71 est en cours d'instruction par l'ASNR.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de la centrale Phénix est globalement satisfaisant. Les actions récurrentes concernant les contrôles et essais périodiques, ainsi que la surveillance des activités réalisées par des intervenants extérieurs sont globalement satisfaisantes. L'exploitant doit néanmoins veiller au respect de ses engagements dans les délais qu'il s'est fixé.

Installation Diadem – CENTRE DU CEA

L'installation Déchets radioactifs irradiants ou alpha de démantèlement (Diadem), en cours de construction, sera dédiée à l'entreposage de conteneurs de déchets radioactifs émetteurs de rayonnements bêta et gamma, ou riches en émetteurs alpha, dans l'attente de la construction d'installations permettant le stockage de déchets à vie longue, ou de déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC), dont les caractéristiques – notamment le débit de dose – ne permettent pas l'acceptation en l'état dans les installations de stockages existantes.

Appréciation du centre CEA de Marcoule

L'ASN a relevé lors de ses inspections en 2024 que l'organisation et les dispositions mises en place par l'exploitant afin de garantir la maîtrise des risques liés aux agressions externes sont globalement satisfaisantes. L'organisation mise en place pour la gestion des situations d'urgence est perfectible. Des améliorations sont attendues dans la définition des fonctions de gestion de crise et des exigences associées, dans le suivi de la documentation et des équipements, ainsi que dans la formalisation et le suivi des actions retenues dans le retour d'expérience des exercices.

L'ASN considère que le centre de Marcoule s'est approprié la politique de protection des intérêts du CEA en la déclinant et en l'adaptant à ses spécificités locales. Des progrès sont attendus sur l'allocation des ressources et la priorisation associée aux actions, ainsi que dans le respect de ses indicateurs. Des progrès sont également attendus en ce qui concerne l'évaluation des mesures correctives à la suite d'écarts.

Dans le domaine du TSR, l'ASN considère que la maintenance des emballages est correctement réalisée.

Le CEA a remis en 2020 son étude relative à l'évaluation sanitaire et environnementale des rejets chimiques liquides et gazeux de la plateforme de Marcoule. L'ASN a prescrit au CEA, par décision n° CODEP-MRS-2023-013061 du 9 mars 2023, en association avec les autres exploitants des installations de la plateforme de Marcoule, la réalisation par un organisme extérieur d'une tierce expertise portant sur la méthodologie du CEA pour réaliser l'évaluation de l'impact sur la santé et l'environnement occasionné par les rejets liquides et gazeux de l'ensemble des activités nucléaires du site de Marcoule. Le CEA a présenté en novembre 2024 les résultats de cette expertise qui seront instruits par l'ASNR.

L'étude technico-économique des dispositions pour éviter ou réduire le rejet d'eaux pluviales susceptibles d'être polluées et leur impact sur l'environnement a été remise à l'ASN fin 2020. L'exploitant a finalisé en 2022 la mise en œuvre des dispositions retenues à la suite de l'étude. Un retour d'expérience concernant leur efficacité est attendu par l'ASNR.

L'ASN a autorisé en décembre 2024 la mise à jour du plan d'urgence interne (PUI) du centre CEA de Marcoule. Le PUI étant conjoint aux INB et aux installations individuelles de l'INBS, sa mise en œuvre est également soumise à approbation de l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND).

Concernant la conformité du bâtiment de gestion de crise – Surveillance Centralisée de Marcoule (SCM) – l'instruction porte sur les justifications apportées par le CEA pour démontrer le respect des exigences de sûreté définies pour les équipements du « noyau dur » dans la décision n° 2015-DC-0481 de l'ASN du 8 janvier 2015. Des éléments complémentaires seront attendus par l'ASNR.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection du centre CEA de Marcoule est globalement satisfaisant.

Une inspection a été réalisée en 2024 et a principalement porté sur la méthodologie et la réalisation des essais de qualification à la chute des futurs conteneurs d'entreposage.

L'ASN considère que les efforts engagés par le CEA pour assurer ses responsabilités d'exploitant nucléaire ont permis une reprise en main de la gestion du projet, mais que des améliorations sont encore nécessaires sur l'identification des actions et attendus des activités importantes pour la protection (AIP), ainsi que sur la qualification des équipements et le contrôle technique des AIP. De plus, les critères de contrôle et de vérification des exigences définies nécessitent une meilleure déclinaison.

L'ASN rappelle que cette installation est appelée à jouer un rôle central dans la stratégie globale de démantèlement et de gestion des déchets du CEA, dans la mesure où elle est la seule prévue pour l'entreposage des colis de déchets de type « moyenne activité à vie longue » (MA-VL) ou FMA-VC.

La demande de modification du décret d'autorisation de création, concernant le changement de technologie de fermeture des colis et l'augmentation du délai de mise en service de l'installation, est en cours d'instruction, ainsi que le dossier de demande d'autorisation de mise en service de l'installation.

L'ASN considère que le CEA doit poursuivre ses efforts dans la maîtrise du chantier et des travaux restant à réaliser, pour permettre la mise en service attendue de cette installation clé.

USINE MELOX

L'INB 151, dénommée « Melox », créée en 1990 et exploitée par Orano Recyclage, est une usine de production de combustible MOX, combustible constitué d'un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection est globalement satisfaisant dans les domaines des équipements sous pression, des agressions externes, du management de la sûreté, de la maintenance, des déchets, de la conception et de la construction, ainsi que de la fraude. Une inspection sur les suites du réexamen périodique, dont le rapport de conclusions a été déposé en septembre 2021, a relevé que la mise en œuvre du plan d'action du réexamen est satisfaisante et que son suivi est de bonne qualité.

Les barrières de confinement sont maintenues à un niveau satisfaisant d'efficacité. Les ruptures de confinement, qui peuvent survenir en conditions normales d'exploitation, font l'objet d'un suivi particulier et de dispositions pour les limiter, comme l'utilisation de gants renforcés spécifiques.

L'exploitant a été confronté ces dernières années à des difficultés pour assurer la production des quantités prévues de combustible conforme aux spécifications de sûreté des réacteurs nucléaires. Cette situation a engendré la production d'une quantité importante de rebuts de fabrication, envoyés sur le site de La Hague pour entreposage, induisant notamment un risque de saturation à court terme des entreposages de matières plutonifères dans cet établissement. L'ensemble du « cycle du combustible » et la production électronucléaire française pourraient être déstabilisés par ces difficultés. Le rattrapage de plusieurs années de fonctionnement dégradé de l'installation induit par ailleurs, à Melox, des besoins importants de maintenance. Le grand nombre d'activités de maintenance a des conséquences en matière de radioprotection, avec un appel croissant à des intervenants extérieurs et une dosimétrie collective très importante.

Pour pallier les difficultés de production, l'exploitant a qualifié en 2022 une nouvelle poudre d'oxyde d'uranium qui a permis une réduction de la quantité de rebuts générés depuis 2023. Cette amélioration doit maintenant être confirmée à plus long terme. La qualification de ce type de poudre, produite par un nouveau fournisseur, le site Orano de Malvési (*voir chapitre 12*), est en cours.

Plusieurs autres actions sont mises en œuvre pour rendre pérenne l'amélioration de la production de l'usine ainsi que la radioprotection de ses travailleurs. Tout d'abord, l'exploitant met en œuvre un projet dénommé « GOMOX » qui comprend notamment le doublement de certains postes clés de la chaîne de production de l'usine. Les travaux d'implantation du poste de dosage secondaire ont ainsi été autorisés par la décision n° CODEP-MRS-2024-040128 du 26 juillet 2024. Par ailleurs, l'exploitant procède à des nettoyages approfondis et réguliers des boîtes à gants pour réduire les niveaux de dose ambiants. Enfin, il déploie un important programme de maintenance (projet « PPRM ») qui vise à restaurer le taux de disponibilité des outils de production. Ce programme s'est poursuivi en 2024. Un renforcement des équipes maintenance, par du personnel Orano, a été effectué en 2024.

USINE CENTRACO

L'INB 160, dénommée « Centraco » et créée en 1996, est exploitée par la société Cyclife France, filiale à 100 % d'EDF. L'usine Centraco trie, décontamine, valorise, traite et conditionne – en particulier en réduisant leur volume – des déchets et des effluents faiblement et très faiblement radioactifs. Les déchets issus de son procédé sont ensuite acheminés vers le Centre de stockage de l'Aube (CSA) de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). L'installation est constituée :

- **d'une unité de fusion, où sont fondus les déchets métalliques, pour un tonnage annuel maximal de 3 500 tonnes (t) ;**
- **d'une unité d'incinération, où sont brûlés les déchets incinérables, pour un tonnage annuel maximal de 3 000 t de déchets solides et 2 000 t de déchets liquides ;**
- **de capacités d'entreposage.**

En 2024, l'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire de l'installation est globalement satisfaisant, notamment sur le thème de la gestion des écarts constatés en inspection. Cette appréciation générale sur l'organisation de

l'exploitant doit cependant être nuancée par les déclarations consécutives de trois événements significatifs en lien avec la préparation des opérations de maintenance. En effet, des lacunes importantes lors de la préparation de ces opérations ont été mises en évidence lors de l'inspection réactive menée par l'ASN. La mise en place d'une nouvelle organisation visant à fiabiliser les opérations de maintenance en lien avec la sûreté était attendue pour fin 2024. Par ailleurs, une mise en situation conduisant à un gréement du poste de commande de crise s'est déroulée de manière satisfaisante.

Le rapport de conclusions de réexamen de l'installation a été transmis le 18 février 2021, conformément à la décision n°2014-DC-0446 du 17 juillet 2014. L'instruction de ce dossier est toujours en cours. Une inspection sur le thème du respect des engagements a relevé que le suivi des engagements pris dans le cadre du réexamen est perfectible.

Par ailleurs, l'ASNR finalise la révision des autorisations de rejets de l'installation pour prendre notamment en compte, lorsque cela est justifié, la réglementation « IED » (directive européenne sur les émissions industrielles) en matière d'émissions industrielles des installations d'incinération, afin de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement grâce à une prévention et à une réduction des pollutions.

IRRADIATEUR GAMMATEC

La société Steris exploite depuis 2013 un irradiateur industriel, dénommé « Gammatec » (INB 170), qui assure le traitement de produits par ionisation (émission de rayonnement gamma) dans l'objectif de les stériliser ou d'améliorer les performances des matériaux. L'installation est constituée d'une casemate industrielle et d'une casemate expérimentale. Toutes les deux renferment des sources scellées de cobalt-60 de haute activité, qui produisent le rayonnement nécessaire aux opérations.

L'exploitant a apporté en octobre 2024 des compléments au rapport de conclusions du réexamen remis fin décembre 2023. Le dossier est en cours d'instruction par l'ASNR.

De plus, le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection reste globalement satisfaisant en 2024, notamment sur les thèmes inspectés de la gestion des écarts et du suivi des intervenants extérieurs.

INSTALLATION ÉCRIN

L'INB 175, dénommée « Écrin », est située sur le territoire de la commune de Narbonne, dans le département de l'Aude, au sein du site de Malvési, exploité par Orano, qui constitue la première étape du « cycle du combustible » (hors extraction de minerais). Le procédé de transformation produit des effluents liquides contenant des boues nitratées chargées en uranium naturel. Deux bassins d'entreposage historiques de boues de l'usine (B1 et B2) constituent l'INB Écrin. Le classement de ces deux bassins comme INB est dû à la présence de radio-isotopes artificiels. L'ensemble de l'usine est soumis au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) Seveso seuil haut.

L'installation Écrin a été mise en service par la décision de l'ASN n° 2018-DC-0645 du 12 octobre 2018. Les travaux définis dans le décret du 20 juillet 2015, débutés en 2019, se sont achevés en 2023, avec la finalisation de la mise en place de la couverture bitumineuse sur la zone de l'alvéole PERLE (« Projet d'entreposage réversible des lagunes dans l'INB Écrin »), creusée au sud du bassin B2. Les dispositions finales de confinement de l'entreposage de déchets au sein de l'INB sont désormais en place.

Une inspection inopinée a eu lieu en octobre 2024 et a notamment porté sur le traitement des écarts, la réalisation des contrôles et essais périodiques et les actions de surveillance des intervenants extérieurs.

Par ailleurs, l'ASN a finalisé l'instruction du rapport transmis le 12 février 2021, en application de l'article 7 du décret du 20 juillet 2015, décrivant l'état d'avancement des études et investigations menées, afin d'évaluer la faisabilité des options de stockage des déchets actuellement entreposés au sein d'Écrin. Des demandes ont été formulées pour être prises en compte dans le rapport attendu en 2025.

L'ASN a également instruit le DOR périodique, dont le rapport de conclusions doit être transmis au plus tard le 20 juillet 2025.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de protection de l'environnement de l'installation est satisfaisant au regard des enjeux présentés par l'installation. L'ASN attend désormais de la part de l'exploitant une volonté ferme et des efforts dans l'appropriation des exigences réglementaires spécifiques aux INB, notamment pour améliorer la réalisation et la traçabilité du contrôle technique des activités réalisées, ainsi que la gestion des écarts.

Pays de la Loire

La division de Nantes contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 5 départements de la région Pays de la Loire.

56
inspections

En 2024, l'ASN a réalisé 56 inspections, dont trois dans les installations de la société Ionisos à Pouzauges et Sablé-sur-Sarthe (deux sur le thème de la sûreté nucléaire et une sur le transport de substances radioactives), trois concernant des organismes agréés et 50 dans le nucléaire de proximité (20 dans le secteur médical, 29 dans les secteurs industriel, de la recherche ou vétérinaire et une dans le domaine de la radioactivité naturelle, le radon).

Aucun événement significatif n'a été classé au niveau 1 ou plus de l'échelle internationale des risques nucléaires et radiologiques (échelle INES).

IRRADIATEURS IONISOS

La société Ionisos exploite, sur les sites de Pouzauges (85) et de Sablé-sur-Sarthe (72), deux installations industrielles d'ionisation qui mettent en œuvre des sources radioactives scellées de haute activité de cobalt-60. Ces installations constituent respectivement les INB 146 et 154.

Les rayonnements gamma émis servent à stériliser ou à renforcer (par la réticulation) les propriétés techniques de certains polymères, en exposant les produits à ioniser (matériel médical à usage unique, conditionnements, matières premières ou produits finis destinés aux industries pharmaceutiques et cosmétiques, films d'emballage) pendant un laps de temps déterminé.

Chaque installation est constituée d'un bassin dans lequel les sources radioactives sont entreposées « sous eau », surmonté d'une casemate où sont effectuées les opérations d'ionisation, de locaux d'entreposage des produits avant et après traitement, de bureaux et de locaux techniques.

L'ASN considère que l'exploitation des irradiateurs de Pouzauges et de Sablé-sur-Sarthe présente un niveau de sûreté nucléaire stable par rapport à l'année précédente. Ainsi, en 2024, l'exploitant a renouvelé et réorganisé ses équipes en charge de la sûreté, après plusieurs départs concomitants en 2023 qui avaient fragilisé son organisation. Cette organisation est aujourd'hui en place et l'exploitant a présenté à l'ASN en septembre 2024 un plan d'action pour assurer la conformité de ses installations à la réglementation des installations nucléaires de base (INB). L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sera vigilante en 2025 sur la mise en œuvre et le solde des différents engagements pris par l'exploitant qui doit assurer une priorisation adaptée et mettre en œuvre des exigences compatibles avec les enjeux de sûreté des installations.

Deux modifications notables ont été déposées par l'exploitant en 2024 pour le site de Pouzauges : l'une concernant la prolongation d'utilisation des sources au-delà de dix ans et l'autre concernant la modification de la cuve d'appoint en eau déminéralisée de la piscine. Une demande de modification notable a également été déposée pour le site de Sablé-sur-Sarthe pour la prolongation de sources radioactives. Enfin, une modification du référentiel de sûreté a été accordée en mai 2024.

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base :**
  - l'irradiateur Ionisos de Pouzauges,
  - l'irradiateur Ionisos de Sablé-sur-Sarthe ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 7 services de radiothérapie,
  - 2 unités de curiethérapie,
  - 12 services de médecine nucléaire,
  - 37 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 56 scanners,
  - environ 2 500 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - 1 cyclotron,
  - 25 sociétés de radiologie industrielle, dont 7 prestataires en gammagraphie,
  - 16 unités de recherche,
  - environ 400 utilisateurs d'équipements industriels, vétérinaires et de recherche ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 6 établissements pour la mesure du radon,
  - 1 siège de laboratoire pour les mesures de la radioactivité dans l'environnement.

Provence-Alpes-Côte d'Azur

La division de Marseille contrôle la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de substances radioactives dans les 6 départements de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

127 inspections

5 événements significatifs de niveau supérieur ou égal à 1

En 2024, l'ASN a réalisé 127 inspections en région Provence-Alpes-Côte d'Azur dont 60 dans les installations nucléaires de base (INB), 60 dans le nucléaire de proximité, cinq dans le domaine du transport de substances radioactives (TSR) et deux concernant les organismes et laboratoires agréés par l'ASN.

Au cours de l'année 2024, deux événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (échelle INES) ont été déclarés par les exploitants des installations nucléaires.

Dans le domaine du nucléaire de proximité, deux événements significatifs classés au niveau 1 de l'échelle INES ont été déclarés à l'ASN, l'un dans le domaine industriel et l'autre dans le domaine médical. Un événement significatif classé au niveau 1 de l'échelle INES a par ailleurs été déclaré à l'ASN dans le domaine du TSR.

Site de Cadarache

CENTRE CEA DE CADARACHE

Créé en 1959, le centre CEA de Cadarache se situe sur le territoire de la commune de Saint-Paul-lez-Durance, dans le département des Bouches-du-Rhône et occupe une superficie de 1 600 hectares. Ce site concentre principalement son activité sur l'énergie nucléaire et est dédié, pour ce qui concerne ses installations civiles en fonctionnement, à la recherche et au développement pour le soutien et l'optimisation des réacteurs existants, et à la conception de systèmes de nouvelle génération. Une part importante des installations du centre est par ailleurs impliquée dans la conduite de la stratégie de démantèlement et de gestion des matières et déchets radioactifs du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

Les INB situées dans le centre sont :
- l'installation Pégase-Cascad (INB 22) ;
- le réacteur de recherche Cabri (INB 24) ;
- le réacteur de recherche Rapsodie (INB 25) ;
- l'Atelier de technologie du plutonium (ATPu – INB 32) ;
- la Station de traitement des déchets solides (STD – INB 37-A) ;
- la Station de traitement des effluents actifs (STE – INB 37-B) ;
- le réacteur de recherche Masurca (INB 39) ;
- le réacteur de recherche Éole / Minerve (INB 42-U) ;
- les Ateliers de traitement de l'uranium enrichi (ATUe – INB 52) ;
- le Magasin central de matières fissiles (MCMF – INB 53) ;
- le Laboratoire de purification chimique (LPC – INB 54) ;

Le parc d'installations et d'activités à contrôler comporte :

- **des installations nucléaires de base :**
  - le centre de recherche du CEA Cadarache qui compte 21 INB civiles, dont le Réacteur Jules Horowitz (RJH) en cours de construction,
  - le chantier de construction de l'installation ITER, attenant au centre CEA de Cadarache,
  - l'irradiateur industriel Gammaster ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine médical :** Chapitre 7 p. 210
  - 13 services de radiothérapie externe,
  - 3 services de curiethérapie,
  - 16 services de médecine nucléaire,
  - 86 établissements mettant en œuvre des pratiques interventionnelles radioguidées,
  - 96 scanners,
  - environ 8 200 appareils de radiologie médicale et dentaire ;
- **des activités nucléaires de proximité du domaine industriel, vétérinaire et de la recherche :** Chapitre 8 p. 250
  - environ 400 établissements industriels et de recherche, dont 3 accélérateurs de particules de type cyclotron et 11 entreprises exerçant une activité de radiographie industrielle,
  - environ 600 cabinets ou cliniques vétérinaires pratiquant le radiodiagnostic ;
- **des activités liées au transport de substances radioactives ;** Chapitre 9 p. 282
- **des laboratoires et organismes agréés par l'ASN :**
  - 3 laboratoires pour les mesures de la radioactivité dans l'environnement,
  - 3 organismes pour la mesure du radon,
  - 2 organismes pour le contrôle de la radioprotection.

- le Laboratoire de haute activité LECA-STAR (INB 55) ;
- le Parc d'entreposage des déchets radioactifs solides (INB 56) ;
- le réacteur de recherche Phébus (INB 92) ;
- le Laboratoire d'études et de fabrications des combustibles avancés (Lefca – INB 123) ;
- le laboratoire Chicade (INB 156) ;
- l'installation d'entreposage Cedra (INB 164) ;
- le magasin d'entreposage Magenta (INB 169) ;
- l'Atelier de gestion avancée et de traitement des effluents (Agate – INB 171) ;
- le Réacteur Jules Horowitz (RJH – INB 172), en construction.

Le centre CEA de Cadarache assure l'exploitation de nombreuses installations, de nature variée et aux enjeux de sûreté divers. Sur le centre de Cadarache, dix installations sont définitivement arrêtées, neuf installations sont en fonctionnement et une installation est en construction. L'ASN a engagé ou poursuivi l'instruction des dossiers d'orientation de réexamen (DOR) périodique ou des rapports de réexamen pour 15 des 20 installations : Pégase et Cascad, Cabri, Rapsodie, STE, Masurca, ATUe, MCMF, LECA, le parc d'entreposage, Phébus, Lefca, Chicade, Cedra, Magenta et Agate, et a rendu ses conclusions sur le réexamen de Cascad, de l'ATPu, du LPC et de STAR. Dans l'instruction de ces rapports, l'ASN est particulièrement attentive à la robustesse des plans d'action proposés et déployés. Elle veille à la mise en conformité des installations par rapport à la réglementation applicable et à l'efficacité de la maîtrise des risques et inconvénients.

Installation Pégase-Cascad – CENTRE DU CEA

L'INB 22 est constitué de deux installations distinctes, Pégase et Cascad :
• le réacteur Pégase a été mis en service en 1964, puis exploité une dizaine d'années sur le site de Cadarache. Par décret du 17 avril 1980, le CEA a été autorisé à réutiliser l'installation Pégase pour entreposer des substances radioactives, en particulier des éléments combustibles irradiés en piscine ;
• l'installation Cascad, autorisée par le décret du 4 septembre 1989 modifiant l'installation Pégase et exploitée depuis 1990, est pérenne et dédiée à l'entreposage à sec, dans des puits, de combustible irradié.

Le décret du 4 septembre 1989 impose au CEA de solliciter auprès de l'ASN une autorisation de prolongation de l'entreposage à sec de combustible irradié dans Cascad tous les dix ans. Sur la base des conclusions des derniers réexamens périodiques de sûreté de l'installation et des actions de contrôle réalisées par l'ASN aux cours des dernières années, l'ASN a autorisé, par décision n° CODEP-DRC-2024-014408 du 6 juin 2024, cette prolongation d'entreposage pour une période supplémentaire de dix ans.

L'instruction du dossier de démantèlement de l'installation Pégase s'est poursuivie en 2024 avec l'analyse de compléments reçus par l'exploitant et l'avis de l'autorité environnementale. Dans le cadre de l'évacuation des substances radioactives de l'installation, nécessaire à ce démantèlement, l'ASN note que l'exploitant respecte le calendrier fixé par la décision n° CODEP-CLG-2017-006524 du président de l'ASN du 10 février 2017 relative aux opérations de désentreposage des combustibles araldités de Pégase, dénommé projet « DECAP » (désentreposage des combustibles araldités de Pégase).

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection est globalement satisfaisant en ce qui concerne les dispositions mises en œuvre pour prévenir des agressions externes, la gestion des effluents et la surveillance des rejets de l'installation. La réalisation des actions identifiées dans le cadre des derniers réexamens périodiques est également cohérente avec les informations transmises à l'ASN sur l'avancée du plan d'action.

En 2025, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) restera vigilante sur le traitement des étuis contenant du combustible dans le procédé DECAP, sur la réalisation de leurs transports internes vers Cascad, ainsi que sur le respect des prescriptions associées.

Réacteur de recherche Cabri – CENTRE DU CEA

Le réacteur expérimental Cabri (INB 24) créé le 27 mai 1964 est destiné à la réalisation de programmes expérimentaux visant à une meilleure compréhension du comportement du combustible nucléaire en cas d'accident de réactivité. Le réacteur est équipé d'une boucle à eau sous pression depuis 2006, afin d'étudier le comportement du combustible à taux de combustion élevé en situations accidentelles d'augmentation de la réactivité dans un réacteur à eau sous pression (REP). Depuis janvier 2018, un programme d'essais dénommé « CIP » (Cabri *International Program*) est mené dans l'installation, qui avait été engagé au début des années 2000 et a nécessité d'importants travaux de modification de l'installation et de mise à niveau en matière de sûreté.

Le programme d'essais CIP et d'essais d'irradiation de composants électroniques s'est poursuivi en 2024 avec la réalisation d'un essai.

L'instruction par l'ASN du réexamen de sûreté, dont le rapport de conclusion a été déposé en 2017, s'est poursuivie en 2024, et les conclusions de l'ASN ont été transmises à l'exploitant en novembre 2024. Les prescriptions sont essentiellement liées à la maîtrise des risques sismique et incendie, mais aussi au vieillissement de l'installation.

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection est globalement satisfaisant notamment sur le suivi des engagements pris auprès de l'ASN, aussi bien dans le cadre du réexamen de sûreté que dans celui du suivi des actions correctives mises en place à la suite des inspections.

L'exploitant devra être plus rigoureux dans la réalisation et l'analyse des résultats des contrôles et essais périodiques. Enfin, l'exploitant devra mettre en place une stratégie de gestion, associée à un planning prévisionnel, concernant la reprise des déchets sodés et du sodium contaminé encore présents dans l'INB.

De plus, une information de l'ASNR par le CEA est attendue concernant la pérennisation des activités du réacteur au-delà du programme d'essais en cours. Le CEA a ainsi engagé une démarche destinée à garantir les ressources en compétences spécifiques nécessaires au bon

fonctionnement du réacteur Cabri. Cette poursuite de fonctionnement est notamment conditionnée à la réparation d'un défaut du réacteur relatif à la présence de corrosion sur le tympan de l'hodoscope.

Réacteur de recherche Rapsodie – CENTRE DU CEA

Le réacteur Rapsodie (INB 25) est le premier réacteur à neutrons rapides (RNR) refroidi au sodium construit en France. Il a fonctionné de 1967 à 1978. Un défaut d'étanchéité de la cuve du réacteur a conduit à son arrêt définitif en 1983. Des opérations de démantèlement ont été entreprises par la suite, mais ont été, en partie, arrêtées consécutivement à un accident mortel survenu en 1994, lors du lavage d'un réservoir de sodium.

Le cœur est actuellement déchargé de son combustible ; celui-ci a été évacué de l'installation. Par ailleurs, une grande partie des fluides et des composants radioactifs ont été éliminés, et la cuve du réacteur est confinée. La piscine du réacteur a été vidée, partiellement assainie et démantelée, et les déchets contenant du sodium, évacués.

Le décret de démantèlement a été signé le 9 avril 2021. Ce décret fixe le périmètre de l'installation et encadre, jusqu'en 2030, les opérations de traitement du sodium du réacteur jusqu'à la mise en air de la cuve le contenant. L'opération de lavage de la cuve du réacteur fera l'objet d'un dossier de demande d'autorisation auprès de l'ASNR. Les opérations de démantèlement, telles que le démantèlement du bloc réacteur et du génie civil, devront faire l'objet d'une mise à jour du dossier de démantèlement.

Durant l'année 2024, les travaux de démantèlement relatifs à la caractérisation, au reconditionnement et à l'évacuation des colis de déchets se sont poursuivis. Afin de pouvoir engager les opérations de traitement du sodium secondaire du réacteur Rapsodie, dites « Recure Na », le CEA a transmis à l'ASN une demande d'autorisation en application de l'article R. 593-70 du code de l'environnement. Néanmoins, le CEA a annoncé des modifications du scénario de cette opération, qui impliqueraient une prolongation de plus de 20 ans de la durée de l'opération. Le CEA ne sera donc pas en mesure de respecter l'échéance prescrite dans le décret de fin de ces opérations en 2030. L'exploitant devra déposer un dossier de demande de modification de ce décret, qui sera instruit par l'ASNR.

L'opération « Pétole », qui consiste à mettre à l'arrêt définitif et à déposer les équipements participant au confinement dynamique de cellules chaudes assainies, s'est poursuivie. Les travaux devraient être achevés en 2025.

L'exploitant a déposé son DOR fin décembre 2022. À la suite de l'examen de ce dossier, l'ASN a demandé à l'exploitant de prendre en compte certains points supplémentaires dans le rapport de réexamen périodique dont la remise est prévue en 2025.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de cette installation est globalement satisfaisant en 2024, en ce qui concerne le suivi de l'état des systèmes, matériels et bâtiments, les agressions externes et la gestion des charges calorifiques, thèmes inspectés en 2024.

Station de traitement des déchets solides – CENTRE DU CEA

L'INB 37 du CEA de Cadarache comportait historiquement la Station de traitement des effluents actifs (STE) et la Station de traitement des déchets solides (STD), regroupées en une installation unique. Le CEA souhaitant pérenniser la STD et procéder à l'arrêt définitif de la STE, l'INB 37 a été séparée en deux INB : 37-A (STD) et 37-B (STE), par décisions n° CODEP-DRC-2015-027232 et n° CODEP-DRC-2015-027225 de l'ASN du 9 juillet 2015. Ces enregistrements ont été réalisés consécutivement à la définition des périmètres de ces deux INB par arrêtés du 9 juin 2015.

La STD constitue à ce jour la seule INB civile du CEA autorisée à conditionner des déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue (MA-VL), avant leur entreposage dans l'installation Cedra (INB 164), dans l'attente d'une expédition vers une installation de stockage en couche géologique profonde. Cette situation particulière rend la STD incontournable dans la stratégie de démantèlement et de gestion des déchets du CEA.

En début d'année 2024, plusieurs opérations de rénovation de l'installation prévues par le projet dénommé « Pagode » ont été réalisées, avec le doublement des équipements de mesure des rejets sur un émissaire, et l'implantation de micropieux. La réalisation complète des travaux du projet Pagode conditionne la poursuite de fonctionnement de la STD.

Cependant, un événement significatif a été déclaré en mai 2024, relatif à la découverte de défauts de génie civil sur la structure des bâtiments. La découverte de ces défauts a entraîné l'arrêt de l'exploitation de l'installation et des travaux de rénovation. En particulier, les activités de traitement de déchets moyennement irradiants (MI) et de compactage des déchets faiblement irradiants (FI) et MI sont suspendues. Les activités de réception de colis de déchets, mesures, injections et expéditions des déchets FI qui ne sont pas impactées par les défauts découverts se poursuivent, dans la limite des entreposages disponibles. Le redémarrage des activités suspendues est conditionné à la réalisation d'études complémentaires, visant à évaluer le niveau de tenue du génie civil de l'installation. Les résultats de ces études sont attendus au premier trimestre 2025. Les éléments examinés relatifs aux premières investigations sur les structures en béton ne permettent pas, à ce stade, de conclure sur la tenue de l'installation en situation accidentelle. Au regard de l'importance des défauts de génie civil, l'ASN a classé cet événement au niveau 1 de l'échelle INES.

L'échéance de fin des travaux du projet Pagode, prescrite au 30 juin 2028, devrait ainsi être remise en question, au regard des investigations et mesures compensatoires à mettre en œuvre.

Les inspections réalisées par l'ASN en juillet et octobre 2024 montrent que la situation apparaît globalement maîtrisée. Cependant, des compléments sont attendus concernant notamment la mise en œuvre des dispositions compensatoires décidées, l'analyse de sûreté effectuée dans le cadre de cet événement significatif et le calendrier consolidé de reprise envisagée des activités d'exploitation.

Compte tenu de la gestion des défauts de génie civil, nécessitant la mise en œuvre d'un mode de fonctionnement dégradé de l'installation, et une réévaluation de la démonstration de sûreté, l'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'installation doit impérativement être rétabli. Les autres thèmes inspectés en 2024 concernant la qualification des équipements, le respect des engagements et la défense contre l'incendie, sont globalement satisfaisants.

Station de traitement des effluents actifs – CENTRE DU CEA

La Station de traitement des effluents actifs (STE – INB 37-B) est à l'arrêt depuis le 1er janvier 2014. Le CEA a transmis en décembre 2021 le dossier de démantèlement de cette installation.

L'instruction du dossier de démantèlement de l'installation s'est poursuivie en 2024. Les consultations publiques requises par la réglementation devraient être réalisées en 2025 sur la base d'un dossier intégrant les demandes de l'ASN issues de l'examen de recevabilité du dossier. Ces demandes de compléments concernent les capacités financières de l'exploitant, la gestion des compétences, le plan de démantèlement, l'étude d'impact et la démonstration de sûreté.

Dans le cadre des opérations préparatoires au démantèlement (OPDEM), l'exploitant poursuit l'évacuation des déchets et prépare le chantier de remise en état des radiers du bâtiment 322.

La décision n°CODEP-DRC-2024-024338 de l'ASN du 9 octobre 2024 fixe les prescriptions applicables au vu des conclusions du réexamen périodique de 2017. Le CEA a ainsi réalisé des opérations de jouvence des dômes des cuves au bâtiment 322, mis en service un nouveau dispositif de mesure des rejets atmosphériques et prépare le chantier d'installation de la nouvelle centrale incendie. Cette décision prescrit également la transmission pour 2025 d'un plan de gestion muni d'échéances des sols du champ de la Grande Bastide, dans lequel se trouvent des marquages radiologiques, afin de mener un assainissement de la parcelle et d'éliminer toute source de pollution du réseau d'eaux pluviales avoisinant, dans un délai aussi court que possible. L'installation a connu en effet, depuis 2013, plusieurs marquages des eaux pluviales entraînant la présence de radionucléides artificiels en dehors des zones contaminées identifiées. Ceci a fait l'objet de déclarations d'événements significatifs à l'ASN. Un plan d'action sur la gestion des eaux pluviales a été mis en œuvre pour assurer le confinement des matières. Néanmoins, au regard des conclusions de l'évaluation de l'efficacité de ce plan de gestion des eaux pluviales, la surveillance doit se poursuivre et des actions complémentaires seront à déployer en 2025, en lien avec le plan de gestion du champ de la Grande Bastide.

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'INB 37-B sur les thématiques inspectées de la ventilation, de la gestion des écarts et de la défense contre l'incendie en 2024 est globalement satisfaisant.

Atelier de technologie du plutonium et Laboratoire de purification chimique – CENTRE DU CEA

L'Atelier de technologie du plutonium (ATPu – INB 32) assurait la production d'éléments combustibles à base de plutonium, destinés aux RNR ou réacteurs expérimentaux à partir de 1967, puis, de 1987 à 1997, aux REP utilisant du combustible MOX (Mélanges d'OXydes). Les activités du Laboratoire de purification chimique (LPC – INB 54) étaient associées à celles de l'ATPu : contrôles physico-chimiques et examens métallurgiques, traitement des effluents et déchets contaminés. Les deux installations ont été arrêtées en 2003 et sont en cours de démantèlement.

En 2024, l'ASN a finalisé l'instruction des réexamens périodiques des deux installations. Elle estime que l'analyse de conformité aux dispositions réglementaires et techniques, ainsi que la réévaluation de la maîtrise des risques et des inconvénients réalisées par l'exploitant sont satisfaisantes. Les compléments apportés en 2024 par le CEA sur la modification des dossiers de démantèlement des deux INB se sont également révélés satisfaisants.

Les inspections menées par l'ASN sur l'année 2024 ont principalement porté sur la gestion des opérations complexes de démantèlement, en particulier dans l'ancien Atelier de traitement des déchets (ATD) du LPC, ainsi que sur la gestion des déchets générés par ces opérations. L'ASN estime que, sur ces thématiques, le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'installation est globalement satisfaisant.

Un événement significatif, classé au niveau 1 de l'échelle INES, a cependant été déclaré en 2024 par le CEA après la découverte d'un crayon de matière fissile non inventorié dans l'installation ATPu. La présence de matière fissile à cet emplacement constitue un écart par rapport aux règles générales d'exploitation (RGE). Des compléments sont attendus concernant la réalisation de contrôles de vacuité dans l'ensemble des locaux de l'installation. En 2025, l'ASNR maintiendra également sa vigilance sur les opérations d'évacuation du terme source restant dans l'installation.

Réacteur de recherche Masurca – CENTRE DU CEA

Le réacteur Masurca (INB 39), dont la création a été autorisée par décret du 14 décembre 1966, était destiné aux études neutroniques, principalement pour les cœurs de la filière des RNR, et au développement de techniques de mesures neutroniques. Le réacteur est à l'arrêt depuis 2007.

L'arrêt définitif de l'installation a été déclaré par le CEA le 31 décembre 2018. L'exploitant a transmis le dossier de démantèlement de l'installation en décembre 2020 et réalise, dans l'intervalle, des travaux de préparation au démantèlement tels que le désamiantage des locaux, la réhabilitation de bâtiments, le démontage de bâtiments nucléaires ou la dépose de matériel conventionnel. Le dossier de démantèlement est en cours d'instruction. L'enquête publique s'est déroulée au premier trimestre 2024 et le dossier a reçu un avis favorable. L'évacuation des articles contenant du sodium devrait débuter en 2025.

Le rapport de conclusion du réexamen périodique de l'installation est attendu pour 2025.

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection, concernant la gestion des déchets, l'organisation et la gestion des moyens de crise, ainsi que la gestion des risques associés aux substances dangereuses, qui ont été inspectés en 2024, est globalement satisfaisant.

Réacteurs de recherche Éole et Minerve – CENTRE DU CEA

Les réacteurs expérimentaux Éole et Minerve sont des maquettes critiques, de très faible puissance (moins d'un kilowatt), qui permettaient la réalisation d'études neutroniques, en particulier pour l'évaluation de l'absorption des rayons gamma ou des neutrons par les matériaux.

Le réacteur Éole (INB 42), dont la création a été autorisée par décret du 23 juin 1965, était principalement destiné à l'étude neutronique des réseaux modérés, en particulier ceux des REP et des réacteurs à eau bouillante (REB). Le réacteur Minerve (INB 95), dont le transfert du centre d'études de Fontenay-aux-Roses vers le centre d'études de Cadarache a été autorisé par décret du 21 septembre 1977, est situé dans le même hall que le réacteur Éole. Des activités d'enseignement et de recherche ont eu lieu sur ces maquettes jusqu'à leur arrêt définitif le 31 décembre 2017. Le décret n° 2023-1176 du 12 décembre 2023 a réuni les deux INB 42 et 95 au sein d'une INB unique (INB 42-U), dénommée « Éole / Minerve », et a prescrit les opérations de démantèlement de cette installation.

L'ASN a approuvé, par décision n° CODEP-DRC-2024-049444 du 24 septembre 2024, les RGE de démantèlement transmises par l'exploitant à la suite de la parution du décret de démantèlement n° 2023-1176 du 12 décembre 2023 des installations. Ces règles d'exploitation intègrent à la fois les conclusions du dossier de démantèlement, ainsi que les conclusions de l'instruction du dernier réexamen périodique. Cette décision marque une étape importante dans le cycle de vie de ces deux réacteurs : conformément au IV de l'article R. 593-69 du code de l'environnement, le décret prend effet à la date à laquelle l'ASN approuve la révision des RGE. Elle permet ainsi notamment la réunion des INB 42 et 95 au sein d'une INB unique (INB 42-U).

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'INB 42-U est globalement satisfaisant. Les actions relatives aux opérations de conditionnement et d'évacuation de matières nucléaires, préalable au lancement de certaines opérations de démantèlement, sont tracées de manière rigoureuse. Ces opérations se sont poursuivies en 2024 conformément au calendrier annoncé par l'exploitant. Des progrès sont également observés sur l'évacuation des déchets ou matériels sans devenir.

L'ASNR reste cependant vigilante sur la réalisation des OPDEM non finalisées avant l'entrée en vigueur du décret de démantèlement. En particulier, cela concerne l'avancement des opérations de caractérisation et de conditionnement des dernières matières nucléaires, ainsi que l'évacuation des sources sans emploi.

Ateliers de traitement de l'uranium enrichi – CENTRE DU CEA

De 1963 à 1995, les Ateliers de traitement de l'uranium enrichi (ATUe – INB 52) assuraient la conversion en oxyde frittable de l'hexafluorure d'uranium en provenance des usines d'enrichissement de Cadarache, et effectuaient le retraitement chimique des déchets de fabrication des éléments combustibles. Le démantèlement de cette installation a été autorisé par décrets en février 2006 et 2021, accompagnés de prescriptions de l'ASN décrivant les conditions de réalisation des futures opérations de démantèlement du 14 octobre 2021.

Les activités de l'installation ont été en 2024 principalement des opérations courantes de maintenance et de contrôle périodique et règlementaire. Un cahier des charges est en cours de rédaction par le CEA pour contractualiser la reprise des opérations de démantèlement avec un redémarrage des travaux prévu en 2028.

En 2024, l'ASN considère que le niveau de sûreté de l'INB 52 (ATUe) est globalement satisfaisant.

Les actions issues du réexamen périodique de 2017 sont soldées à l'exception d'une action concernant les travaux d'étanchéité en toiture, dont l'achèvement est prévu fin 2025. Le CEA a déposé en 2024 le dossier d'orientation du prochain réexamen. Ce dossier est en cours d'instruction par l'ASNR.

Magasin central de matières fissiles

– CENTRE DU CEA

Créé en 1968, le Magasin central des matières fissiles (MCMF – INB 53) était un magasin d'entreposage d'uranium enrichi et de plutonium, jusqu'à sa mise à l'arrêt définitif et à l'évacuation de l'ensemble de ses matières radioactives le 31 décembre 2017. Son décret de démantèlement est paru le 22 mars 2024. Il prescrit une fin des opérations de démantèlement le 31 décembre 2034.

L'ASN estime que les OPDEM se sont poursuivies de manière satisfaisante en 2024. La première phase de mise en service de la ventilation simplifiée pour l'adapter à la vacuité de l'installation a notamment été réalisée.

L'exploitant a déposé son rapport de réexamen périodique à l'ASN fin décembre 2024.

Laboratoire de haute activité LECA-STAR – CENTRE DU CEA

L'INB 55 regroupe le Laboratoire d'examens des combustibles actifs (LECA) et la Station de traitement, d'assainissement et de reconditionnement (STAR), extension du LECA. Ces deux unités constituent des outils d'expertise du CEA pour l'analyse des combustibles irradiés. Mis en service en 1964, le LECA permet au CEA de réaliser des examens destructifs et non destructifs sur des combustibles irradiés de la filière électronucléaire, de recherche et de la propulsion navale. L'installation étant ancienne, elle a été partiellement renforcée au début des années 2010 pour améliorer sa tenue au séisme.

Le rapport de conclusion du réexamen périodique du LECA a été déposé en juillet 2024. L'instruction en cours de ce dossier va conduire l'ASNR à demander des compléments au CEA concernant l'examen de conformité réalisé, la réévaluation de la maîtrise des risques et inconvénients, et le plan d'action associé.

Les opérations de désentreposage de matières fissiles qui ne sont associées à aucun programme de recherche se poursuivent, conformément au planning prescrit par l'ASN à la suite du dernier réexamen de sûreté.

Le CEA a déclaré en 2024 un événement significatif en lien avec une non-conformité de certains renforcements au séisme du génie civil du LECA, réalisés pendant la rénovation de 2004 à 2007, par rapport au cahier de soudage et aux notes de calculs associées. Le CEA a mis en œuvre un plan d'action visant à remettre en conformité les structures impactées, ainsi qu'à mettre à jour le référentiel associé. Le CEA devra également réévaluer la suffisance des contrôles internes et les dispositions de surveillance des activités des intervenants extérieurs.

De plus, deux événements significatifs sont survenus en 2024 au LECA relatifs à deux décrochages, en sortie de puits d'entreposage de la cellule 1 du LECA, de sur-conteneurs utilisés pour le transfert de déchets radioactifs MA-VL. Ces événements n'ont pas eu de conséquences sur la sûreté nucléaire ou la radioprotection. L'ASN attend que le CEA analyse le retour d'expérience de ces événements pour les autres INB, et propose des dispositions pour éviter tout renouvellement.

Mise en service en 1999, l'installation STAR est une extension du laboratoire LECA, conçue pour la stabilisation et le reconditionnement des combustibles irradiés.

Au terme de l'instruction du rapport de réexamen de STAR, remis en 2018, l'ASN a estimé que l'examen de conformité aux dispositions réglementaires et techniques, ainsi que la réévaluation de la maîtrise des risques et des inconvénients permettent de justifier la poursuite de l'exploitation de l'installation pour les dix prochaines années. Le CEA devra notamment examiner les dispositions de sûreté à prendre en cas de séisme, afin d'éviter un accident induit, lié à des problèmes électriques.

Un événement significatif survenu en juin 2024, concernant la perte de deux onduleurs de STAR, ayant entraîné l'indisponibilité de la ventilation, de la surveillance liée à la radioprotection et de la surveillance des rejets à la cheminée, fait l'objet d'investigations complémentaires de la part du CEA. L'ASNR sera attentive aux suites données à cet événement et à son caractère potentiellement générique.

L'ASN estime qu'en 2024 le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'installation LECA-STAR est globalement satisfaisant, notamment concernant les dispositions mises en œuvre par l'exploitant pour assurer le confinement statique et dynamique, la surveillance des activités des intervenants extérieurs et la gestion des déchets nucléaires. Le suivi des actions du réexamen du LECA est satisfaisant, néanmoins le suivi de l'inventaire radiologique, conformément aux prescriptions permanentes de la décision du 10 juillet 2020, reste à améliorer. La sûreté des opérations de manutention en cellule blindée restera également un point de vigilance pour l'ASNR.

Parc d'entreposage des déchets radioactifs solides – CENTRE DU CEA

L'INB 56, déclarée en janvier 1968 pour le stockage de déchets, assure l'entreposage de déchets solides radioactifs historiques du centre de Cadarache. Elle comprend trois piscines, six fosses, cinq tranchées et des hangars, qui contiennent notamment des déchets MA-VL provenant du fonctionnement ou du démantèlement d'installations du CEA. L'INB 56 fait partie des priorités identifiées par le CEA dans sa stratégie de démantèlement et de gestion des déchets.

L'instruction du dossier de démantèlement de l'installation s'est poursuivie en 2024. Les consultations publiques requises par la réglementation ont été lancées en fin d'année et se poursuivront jusqu'à mi-2025. L'exploitant a également transmis sa stratégie de reprise des tranchées conformément à son engagement.

Les opérations de reprise et de reconditionnement des déchets (RCD) de l'INB se sont poursuivies en 2024. Le CEA a finalisé l'évacuation vers l'INB 164 (Cedra) de l'ensemble des colis moyennement irradiants en inox de la fosse 6, visés par un grand engagement de sûreté (GES). L'ASNR restera vigilante en 2025 au reconditionnement et à l'évacuation des déchets issus de la reprise de colis dont le contenu n'est pas bloqué dans une matrice cimentaire.

Les inspections réalisées en 2024 par l'ASN ont principalement porté sur la gestion des déchets produits par l'installation, sur les modalités de protection contre les agressions externes, la radioprotection, ainsi que la conformité de l'installation à son référentiel, actualisé à la suite du dernier réexamen de sûreté. L'ASN considère que l'organisation mise en place par l'exploitant permet d'atteindre un niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection globalement satisfaisant sur ces thématiques. Elle reste cependant attentive à la propreté radiologique des eaux pluviales de l'INB, ainsi qu'à l'avancement des travaux nécessaires aux prochaines opérations de reconditionnement.

Préalablement au prochain réexamen de sureté de l'installation, le CEA a transmis à l'ASN en 2024 un DOR qui présente la méthodologie, le périmètre des contrôles et études, ainsi que les modalités relatives au déroulement de l'examen de conformité et de la réévaluation de sûreté.

Réacteur de recherche Phébus – CENTRE DU CEA

Le réacteur Phébus (INB 92) est un réacteur expérimental de type piscine, d'une puissance de 38 mégawatts thermiques (MWth), qui a fonctionné de 1978 à 2007. Ce réacteur était destiné à l'étude des accidents graves des réacteurs de la filière à eau légère, ainsi qu'à la définition de procédures opératoires visant à éviter la fusion du cœur ou à en limiter les conséquences.

Le décret n° 2024-256 prescrivant au CEA de procéder aux opérations de démantèlement de Phébus a été publié le 22 mars 2024. Le démarrage des opérations de démantèlement est prévu par le CEA à l'issue d'une phase de surveillance de cinq ans suivant la publication de ce décret de démantèlement. L'exploitant a déposé le rapport de sûreté

et les règles générales d'exploitation de démantèlement qui ont été autorisés par l'ASN en août 2024. Le dossier de réexamen périodique, déposé en 2018, est en cours d'instruction par l'ASNR.

Depuis décembre 2021, l'installation est vide de toute matière radioactive conformément aux objectifs prioritaires des OPDEM. La source neutronique de démarrage, présente dans la piscine du bâtiment réacteur, est entreposée dans l'attente de l'identification d'une filière d'évacuation.

En 2024, l'ASN a réalisé une inspection à Phébus et estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'installation est globalement satisfaisant.

Laboratoire d'études et de fabrications expérimentales de combustibles nucléaires avancés – CENTRE DU CEA

Le Laboratoire d'études et de fabrications expérimentales de combustibles nucléaires avancés (Lefca – INB 123), mis en service en 1983, était un laboratoire chargé de la réalisation d'études sur le plutonium, l'uranium, les actinides et leurs composés, visant à la compréhension du comportement de ces matériaux en réacteur et dans les différentes étapes du « cycle du combustible ». En 2018, le Lefca a finalisé le transfert, vers les laboratoires d'Atalante (INB 148) de Marcoule, d'une partie de ses matériels de recherche et développement.

Le Lefca n'a plus qu'une activité dans la caractérisation et le conditionnement de déchets liquides et solides. Après avoir envisagé une mise à l'arrêt définitif, le CEA prévoit depuis fin 2021 de poursuivre l'exploitation de l'installation, afin de réaliser des activités de reconditionnement et d'entreposage de matières nucléaires. Cette nouvelle activité devra faire l'objet d'une modification du décret d'autorisation de l'installation.

L'exploitant a déposé son rapport de conclusions de réexamen en décembre 2023. Celui-ci est en cours d'instruction par l'ASNR et présente la perspective de poursuite d'exploitation de l'installation.

En 2024, l'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'installation est globalement satisfaisant en ce qui concerne la radioprotection des travailleurs et la gestion des déchets, thèmes contrôlés en inspection.

Laboratoire Chicade – CENTRE DU CEA

L'installation Chicade (INB 156) réalise, depuis 1993, des travaux de recherche et développement sur des objets et déchets de faible et moyenne activité, principalement :
- **la caractérisation, destructive ou non destructive, d'objets radioactifs, de colis d'échantillons de déchets et d'objets irradiants ;**
- **le développement et la qualification de systèmes de mesures nucléaires ;**
- **le développement de méthodes d'analyses chimiques et radiochimiques, ainsi que leur mise en œuvre ;**
- **l'expertise et le contrôle de colis de déchets conditionnés par les producteurs de déchets.**

Le CEA a rencontré des difficultés en 2024 pour obtenir une qualité de bêton suffisante pour réaliser les colis de déchets dans l'unité de conditionnement des sources scellées usagées en colis dits « 870L Vrac Source », unité de conditionnement autorisée par décision de l'ASN en 2023. Cinq colis ont pu être conditionnés en 2024.

En 2024, l'instruction de la demande de modification du décret d'autorisation de création (DAC) de l'installation s'est poursuivie. Cette demande vise notamment à faire évoluer le périmètre de l'installation afin d'y intégrer le puits drainant gravitaire, ainsi que des aires d'entreposage extérieures et, concernant la protection de l'environnement, permettre des rejets gazeux d'effluents radioactifs.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection est globalement satisfaisant. Néanmoins, l'exploitant devra être vigilant et informer l'ASNR du retard pris dans les délais prescrits pour la mise en œuvre de certaines actions identifiées à la suite des conclusions de son dernier réexamen périodique.

Installation d'entreposage Cedra – CENTRE DU CEA

L'installation Cedra (INB 164) assure, depuis 2006, l'entreposage des colis de déchets MA-VL dans l'attente de l'ouverture de filières de stockage appropriées. Le CEA anticipe une saturation de cette installation d'entreposage à l'horizon 2030. Les études concernant un projet de doublement de la capacité d'entreposage ont débuté en 2020.

Le CEA a présenté à l'ASN fin 2024 un premier projet d'extension de l'installation (tranche 3) qui fera l'objet d'une demande de modification notable, afin de repousser la date de saturation des entreposages, aujourd'hui estimée aux alentours de 2032.

Des compléments au rapport de conclusions du réexamen, remis en 2022, ont été fournis à l'ASN au cours de l'année 2024. L'expertise de ce rapport a été lancée et se poursuivra en 2025.

L'ASN considère le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection comme globalement satisfaisant sur l'installation.

L'ASN estime que le suivi des engagements pris par l'exploitant à la suite des inspections est satisfaisant. Néanmoins des améliorations sont encore attendues concernant la surveillance des activités réalisées par des intervenants extérieurs au sein de l'installation, en particulier sur la traçabilité de cette surveillance, ainsi que sur l'exploitation du retour d'expérience d'événements survenus, qui peut être mieux intégré dans les plans de surveillance.

Magasin d'entreposage Magenta – CENTRE DU CEA

L'installation Magenta (INB 169), qui remplace le MCMF, en démantèlement, est dédiée, depuis 2011, à l'entreposage de matières fissiles non irradiées, ainsi qu'à la caractérisation, par des mesures non destructives, des matières nucléaires réceptionnées.

En 2024, le CEA a déposé des demandes d'autorisation de modification pour étendre le domaine de fonctionnement de l'installation et notamment le type de matière reçue. Elles ont été instruites et autorisées par l'ASN.

L'ASN a poursuivi l'instruction du rapport de conclusions du réexamen périodique déposé en 2021.

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'installation est globalement satisfaisant, notamment sur les thèmes inspectés de gestion du risque incendie et des risques de contrefaçons, falsifications et suspicions de fraude.

Atelier de gestion avancée et de traitement des effluents – CENTRE DU CEA

L'Atelier de gestion avancée et de traitement des effluents (Agate – INB 171), mis en service en 2014 en remplacement de l'INB 37-B aujourd'hui à l'arrêt, a pour fonction de concentrer par évaporation des effluents liquides aqueux radioactifs contenant majoritairement des radionucléides émetteurs bêta et gamma.

En 2024, le CEA a déposé une nouvelle demande de modification du décret de création de l'installation, pour traiter de nouveaux types d'effluents radioactifs, et disposer de nouveaux exutoires pour le traitement des concentrats produits, la première demande de 2023 ayant été jugée irrecevable par l'ASN. Cette demande est en cours d'instruction par l'ASNR. Le CEA a également transmis à l'ASN le rapport présentant les conclusions de son premier réexamen périodique de sûreté le 25 avril 2024.

L'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection de l'installation est satisfaisant. L'exploitant devra cependant consolider et améliorer la traçabilité des actions de surveillance des intervenants extérieurs.

L'ASN souligne que cette installation joue un rôle central dans la gestion des effluents du CEA et constitue, à ce titre, une installation sensible dans la stratégie de démantèlement et de gestion des matières et déchets du CEA.

Projet de réacteur Jules Horowitz

– CENTRE DU CEA

Le Réacteur Jules Horowitz (RJH – INB 172), en cours de construction depuis 2009, est un réacteur de recherche à eau sous pression dont l'objectif est d'étudier le comportement des matériaux sous irradiation et des combustibles des réacteurs de puissance. Il permettra également de produire des radionucléides artificiels destinés à la médecine nucléaire. Sa puissance est limitée à 100 MWth.

L'année 2024 a vu la poursuite des activités de construction et de fabrication d'équipements de nombreux lots du chantier RJH, notamment dans le bâtiment réacteur, avec le lancement des réparations des échangeurs primaires, ou le bâtiment des annexes nucléaires, avec la finalisation des piscines d'entreposage et des canaux, ainsi que les travaux sur les équipements des cellules chaudes.

L'ASN a réalisé quatre inspections en 2024. Les vérifications par sondage ont notamment porté sur le circuit primaire, dont le traitement des écarts sur les trois échangeurs thermiques primaire/secondaire, des éléments du bloc pile, dont la vanne de convection naturelle « entrée cœur » et les réflecteurs et mécanismes de commande des barres de contrôle du cœur, ainsi que les ancrages à scellement chimique. La réparation du cuvelage de la piscine réacteur (RER) a également fait l'objet de contrôles, ainsi que la démarche de qualification de divers équipements participant aux fonctions de sûreté de l'installation, le contrôle-commande centralisé, et la protection incendie de chemins de câbles électriques.

Les instructions thématiques de la révision du rapport de sûreté de l'installation, transmis en 2021, et prenant en compte les modifications apportées depuis le début de la construction, se sont poursuivies en 2024, dans le cadre de la préparation de la future mise en service. La demande de modification du DAC nº 2009-1219 du 12 octobre 2009, pour porter la date de mise en service au plus tard au 14 octobre 2037, en prenant en compte des marges pour le projet, s'est poursuivie en 2024.

L'ASN juge l'organisation du projet globalement satisfaisante du point de vue de la sûreté nucléaire, en particulier dans le traitement des écarts sur les échangeurs primaires ou le développement d'outils pour assurer la déclinaison et la traçabilité des exigences définies. Le projet doit s'assurer que la démarche de qualification des éléments importants pour la protection reste aboutie pour l'ensemble des exigences définies. La formalisation et la déclinaison de certains processus doivent également être améliorées. Enfin, il convient de rester vigilant à la priorité devant être accordée à la protection des intérêts, ainsi qu'à la recherche permanente de l'amélioration des dispositions prises pour la protection de ces intérêts.

ITER

Le réacteur thermonucléaire expérimental international (*International Thermonuclear Experimental Reactor* – ITER) en cours de construction depuis 2010 sur le site de Cadarache (INB 174) et attenante aux installations du CEA sera un réacteur expérimental de fusion, dont l'objectif est la démonstration scientifique et technique de la maîtrise de l'énergie de fusion thermonucléaire obtenue par confinement magnétique d'un plasma de deutérium-tritium, lors d'expériences de longue durée avec une puissance significative (puissance de 500 MW développée pendant 400 s). Ce projet international bénéficie du soutien financier de la Chine, de la Corée du Sud, des États-Unis, de l'Inde, du Japon, de la Russie et de l'Union européenne, qui fournissent en nature certains équipements du projet.

Les quantités importantes de tritium qui seront mises en jeu dans cette installation, le flux neutronique intense, ainsi que l'activation des matériaux qui en résulte constituent des enjeux particuliers du point de vue de la radioprotection et représenteront d'importants défis pour la gestion sûre des déchets pendant l'exploitation et lors du démantèlement de l'installation.

Appréciation portée sur le site de Cadarache

En 2024, l'ASN considère que le niveau de sûreté nucléaire du centre CEA de Cadarache se maintient à un niveau globalement satisfaisant.

En matière de respect des engagements, l'ASN a constaté, comme les années précédentes, que certaines échéances ont tendance à être reportées. Il s'agit notamment du respect des plans d'action issus des réexamens de sûreté des installations, ainsi que de certaines opérations de démantèlement.

Une forte proportion des AIP des intérêts est sous-traitée, tant en matière de réalisation d'opérations préventives de contrôle et de maintenance, que d'opérations concernant la gestion des déchets. Ces activités sont identifiées, listées et surveillées selon une démarche proportionnée. L'ASN a relevé qu'il était encore nécessaire de rendre plus homogènes les programmes de surveillance, et de les faire évoluer pour mieux y intégrer le retour d'expérience des années précédentes. De plus, l'ASN souligne les avancées dans la revue des gammes de maintenance, qui doit être poursuivie.

En ce qui concerne les référentiels de sûreté, le CEA poursuit son harmonisation entre les différentes INB du centre, notamment en matière de gestion du risque incendie, des contrôles et essais périodiques, après la refonte des chapitres radioprotection, déchet et transport.

Par ailleurs, les installations du centre progressent dans la prévention des impacts liés aux agressions externes, notamment grâce aux actions mises en œuvre à la suite des réexamens périodiques de sûreté. Ces actions visent essentiellement à remettre les installations en conformité face aux risques sismique, de foudre et d'inondation. Cependant, des améliorations restent attendues concernant l'analyse des risques liés aux températures extrêmes, notamment la prise en compte des épisodes de chaleur intense, dont la fréquence et l'intensité augmentent.

L'ASN estime que des améliorations sont encore nécessaires dans le domaine de la protection de l'environnement. Certains projets avancent plus lentement que prévu, notamment les travaux visant à améliorer la représentativité des mesures et la surveillance radiologique des nappes dans les zones à risque. Bien que des efforts aient été entrepris ces dernières années pour remettre en conformité les ouvrages piézométriques sur le périmètre des INB, les inspections de l'ASN ont encore relevé, cette année, des ouvrages non conformes. La mise à jour des études d'impact doit également encore progresser dans la prise en compte, en parallèle, de l'ensemble des projets de la plateforme. Toutefois, plusieurs avancées méritent d'être soulignées comme la mise en conformité du Laboratoire d'analyse chimique (LCE) à la norme NF EN ISO 17025, ou encore la mise à jour des seuils d'alarme pour la surveillance des rejets gazeux.

La stratégie de gestion des démantèlements et des déchets mise en place par le CEA reste un sujet important de vigilance de l'ASN. Cette vigilance concerne notamment la priorisation des différents projets, et surtout sa sensibilité aux aléas de disponibilité des installations clés, intervenant dans les différentes filières de gestion des déchets, et de disponibilité des emballages de transport. Les défauts de génie civil apparus sur l'INB 37-A, qui ont entraîné l'arrêt de production des fûts de déchets de type FI et MI, exposent cette filière de déchets à des saturations d'entreposage, pour lesquelles l'exploitant devra proposer des solutions. La reprise des déchets actuellement classés comme déchets sans filières immédiates (DSFI), dans l'objectif de limiter les volumes stockés dans les installations, fait également l'objet de demandes régulières au CEA.

Concernant les projets neufs, en parallèle de l'instruction en cours des nouvelles échéances de construction pour le RJH, le CEA a fait part à l'ASN, fin 2024, de difficultés persistantes pour la construction du nouveau centre de crise dénommé « Centre d'intervention résistant à des conditions extrêmes » (CIRCE). Le CEA devra ainsi présenter à l'ASNR les causes de cette situation, les mesures compensatoires envisagées, ainsi que de nouveaux jalons robustes et justifiés, pour lesquels la modification des prescriptions existantes sera nécessaire.

Sur la thématique du transport de substances radioactives, une opération de contrôle conjointe avec l'ASND a confirmé le respect des procédures de réception, conformément aux notices d'utilisation des emballages.

Enfin, l'ASN a réalisé un contrôle inopiné en 2024 afin de tester l'organisation de crise mise en place sur le centre CEA de Cadarache. L'ASN considère que l'organisation mise en place est globalement satisfaisante. Plusieurs axes de progression ont pu être identifiés au niveau du centre, notamment dans la gestion globale du maintien en condition opérationnelle du centre de crise principal, dans la formalisation et la traçabilité des actions, informations et demandes issues du déclenchement d'un PUI sur le centre, et dans le recensement des moyens matériels et humains pouvant intervenir dans le cadre des missions « FARN » (Force d'action rapide du nucléaire).

ITER Organization (IO) a présenté en 2024 un nouveau scénario de référence pour le projet, à la suite de la révision initiée en 2022. Cette nouvelle feuille de route prévoit une exploitation en plusieurs phases, correspondant aux séquences principales du programme expérimental, et comporte des modifications de certains choix de conception de l'installation, notamment le remplacement du béryllium par du tungstène comme matériau de revêtement de la première paroi de la chambre à vide.

Cette nouvelle feuille de route tient compte par ailleurs des difficultés identifiées par l'exploitant pour fournir une démonstration de sûreté aboutie pour le projet sur l'ensemble de sa durée de vie, et propose le principe d'une démonstration de sûreté par étapes, suivant les phases successives de mise en service et d'exploitation. En effet la démonstration de sûreté pour certaines phases d'exploitation nécessite l'acquisition de certaines connaissances et données qui ne seront disponibles qu'à l'issue des phases précédentes. L'ASN a pris acte de cette approche, qui paraît adaptée au caractère exploratoire du projet ITER, tel qu'il est prévu par son décret d'autorisation. Elle rappelle que cette approche présente potentiellement un risque industriel pour le projet, dans l'hypothèse où les choix techniques mis en œuvre et les connaissances acquises à un stade donné ne permettraient finalement pas à l'exploitant de démontrer la maîtrise des enjeux de sûreté nucléaire et de radioprotection pour les étapes suivantes.

Cependant l'ASN observe que les éléments fournis en 2024 ne permettent pas encore d'établir une vision globale des évolutions décidées et de leur impact sur les différentes composantes du projet. Cela concerne par exemple des composantes qui ont déjà été instruites, mais dont une partie des hypothèses se voit modifiée. Les premiers éléments de révision du planning, intégrant notamment l'évaluation de l'impact de la crise liée à la pandémie de Covid-19, les délais de réparation des secteurs et des écrans thermiques ou les modifications projetées de la machine, ont été transmis en 2024. Ces éléments doivent encore être consolidés, en lien avec la nouvelle stratégie de mise en service du projet, ainsi qu'avec la définition des dossiers techniques à instruire à chaque étape du scénario de référence. L'ASNR sera attentive à l'évaluation de l'impact de

ces modifications sur les enjeux de sûreté nucléaire et de radioprotection, et sur les prescriptions techniques de la décision du 12 novembre 2013 modifiée, encadrant la conception et la construction de l'installation.

L'ASNR attend ainsi des éléments aboutis pour redéfinir la planification de ses instructions, et se positionner sur l'acceptabilité de l'impact des modifications envisagées. Une nouvelle demande d'autorisation de levée du point d'arrêt de l'assemblage de la chambre à vide devrait être transmise par IO en 2026.

Les travaux sur le site et la fabrication des équipements se sont poursuivis en 2024, notamment la réparation des premiers secteurs du tokamak pour corriger les écarts de dimensionnement, et répondre à la problématique de corrosion sous contrainte des circuits de refroidissement des écrans thermiques. La qualité de fabrication du tokamak est un enjeu de sûreté important en raison de son rôle de confinement des substances radioactives, qui doit être assuré pour toutes les phases d'exploitation prévues par le scénario de référence de l'installation.

L'ASN a poursuivi en 2024 l'instruction technique de la nouvelle demande d'autorisation de prise d'eau et de rejets d'effluents non radioactifs pour la phase de construction de l'installation, transmise en 2023.

Cinq inspections ont été réalisées sur le site en 2024, notamment sur la conception et la construction ou la surveillance des intervenants extérieurs. Elles ont permis de contrôler par sondage la réparation des secteurs de la chambre à vide, les circuits d'alimentation de combustibles de l'installation, et les équipements du VVPSS (*Vacuum Vessel Pressure Suppression System*). Ont également été contrôlés des essais sur des soufflets de compensation du cryostat, et des unités de décharge rapide, ainsi que les réseaux de galeries permettant le passage des câbles électriques nécessaires au fonctionnement de l'installation. Une inspection a également été dédiée à l'organisation générale vis-à-vis de la prise en compte du risque de pratiques frauduleuses.

Sur la base des inspections réalisées, l'ASN relève que le traitement des écarts doit encore faire l'objet d'améliorations, notamment sur la définition d'actions correctives adaptées ou sur l'analyse des causes. Il est également attendu une meilleure prise en compte des enjeux de sûreté et de déclinaison des exigences définies, en particulier dans les processus de qualification des équipements ou de traçabilité documentaire, ainsi que dans la poursuite du travail relatif à la maîtrise du risque de pratiques frauduleuses. L'ASNR sera attentive aux effets des changements d'organisation décidés par IO en 2024, en vue d'améliorer l'articulation entre la sûreté, l'intégration et la construction, et de renforcer l'indépendance du contrôle interne et la prise en compte des revues internes et du retour d'expérience.

IRRADIATEUR GAMMASTER

La société Steris exploite depuis 2008 un irradiateur industriel, dénommé « Gammaster », situé sur le territoire de la commune de Marseille. Cette installation assure le traitement de produits par ionisation (émission de rayonnements gamma), dans l'objectif de les aseptiser, de les stériliser ou d'améliorer les performances des matériaux. L'installation est constituée d'une casemate industrielle et renferme des sources scellées de cobalt-60 de haute activité, qui produisent le rayonnement nécessaire aux opérations de l'installation.

L'ASN estime que le niveau de sûreté nucléaire et de radioprotection sont globalement satisfaisants en 2024.

L'ASN a réalisé deux inspections en 2024, une portant notamment sur la gestion des modifications et des écarts, dont la gestion a été jugée assez satisfaisante, certains points de traçabilité restant à améliorer, et une inspection sur les transports de sources qui s'est révélée satisfaisante.

01

Les activités nucléaires : rayonnements ionisants et risques pour la santé et l'environnement

Sommaire

1 L'état des connaissances sur les dangers et les risques liés aux rayonnements ionisants p. 103

1.1 **Les effets biologiques et les effets sanitaires**

1.2 **L'évaluation des risques liés aux rayonnements ionisants**

1.3 **Les incertitudes scientifiques et la vigilance**

- 1.3.1 La réponse individuelle aux rayonnements ionisants
- 1.3.2 Les effets des faibles doses
- 1.3.3 La signature moléculaire dans les cancers radio-induits

2 Les différentes sources de rayonnements ionisants p. 106

2.1 **Les rayonnements ionisants d'origine naturelle**

- 2.1.1 Les rayonnements cosmiques
- 2.1.2 Les rayonnements d'origine terrestre (hors radon)
- 2.1.3 Le radon

2.2 **Les rayonnements ionisants liés aux activités humaines**

- 2.2.1 Les installations nucléaires de base
- 2.2.2 Le transport de substances radioactives
- 2.2.3 Les activités nucléaires de proximité
- 2.2.4 La gestion des déchets radioactifs
- 2.2.5 La gestion des sites contaminés
- 2.2.6 Les activités utilisant des substances radioactives d'origine naturelle

3 La surveillance des expositions aux rayonnements ionisants p. 109

3.1 **Les doses reçues par les travailleurs**

- 3.1.1 La surveillance des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants
- 3.1.2 Cas de l'exposition des travailleurs à la radioactivité naturelle

3.2 **Les doses reçues par la population**

- 3.2.1 L'exposition de la population du fait des activités nucléaires
- 3.2.2 L'exposition de la population aux rayonnements naturels

3.3 **Les doses reçues par les patients**

3.4 **L'exposition des espèces non humaines (animales et végétales)**


DÉCHET
MATIERE RADIOACTIVE
GH
DUTREIX
ZONE EXTREMITÉ

Les rayonnements ionisants peuvent être d'origine naturelle ou provenir d'activités nucléaires d'origine humaine. Les expositions de la population aux rayonnements ionisants d'origine naturelle résultent de la présence de radionucléides d'origine terrestre dans l'environnement, de l'émanation de radon en provenance du sous-sol et de l'exposition aux rayonnements cosmiques.

Les activités nucléaires sont définies par le code de la santé publique (CSP) comme « *les activités comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants lié à la mise en œuvre soit d'une source artificielle, qu'il s'agisse de substances ou de dispositifs, soit d'une source naturelle, qu'il s'agisse de substances radioactives naturelles ou de matériaux contenant des radionucléides naturels […]* ».

Ces activités nucléaires incluent celles qui sont menées dans les installations nucléaires de base (INB) et dans le cadre du transport de substances radioactives, ainsi que dans les domaines médical, vétérinaire, industriel et de recherche.

Au-delà des effets des rayonnements ionisants, certaines installations peuvent être à l'origine de risques et de nuisances non radiologiques tels que les rejets de substances chimiques dans l'environnement ou l'émission de bruit.

Les différents principes auxquels doivent répondre les activités nucléaires, notamment les principes de sûreté nucléaire et de radioprotection, sont présentés au chapitre 2.

1 — L'état des connaissances sur les dangers et les risques liés aux rayonnements ionisants

Les rayonnements ionisants sont définis comme étant capables de produire directement ou indirectement des ions lors de leur passage à travers la matière. Parmi eux, on distingue les rayons X, les rayonnements gamma, alpha et bêta, ainsi que les rayonnements neutroniques, chacun d'entre eux étant caractérisé par des énergies et des pouvoirs de pénétration différents.

1.1 Les effets biologiques et les effets sanitaires

Qu'ils soient le fait de particules chargées, par exemple électron ou positon (rayonnements bêta) ou un noyau d'hélium (rayonnement alpha), ou de photons (rayons X ou rayons gamma), les rayonnements ionisants peuvent interagir avec les molécules constitutives des cellules de la matière vivante et les transforment chimiquement. Parmi les lésions ainsi créées, les plus importantes concernent l'ADN des cellules ; elles ne sont pas fondamentalement différentes de celles provoquées par certaines substances chimiques toxiques, exogènes (extérieures à l'organisme) ou endogènes (résultant du métabolisme cellulaire).

Lorsqu'elles ne sont pas réparées par les cellules elles-mêmes, ces lésions peuvent conduire soit à la mort cellulaire soit à l'apparition d'effets biologiques néfastes, dès lors que le tissu ne peut plus assurer ses fonctions.

De tels effets, appelés « effets déterministes », sont connus de longue date puisque les premiers effets ont été décrits assez tôt après la découverte des rayons X par W. Röntgen (début des années 1900). Ils dépendent de la nature du tissu exposé et apparaissent de façon certaine dès que la quantité de rayonnements absorbée dépasse un certain niveau de dose. Parmi ces effets, on peut citer par exemple l'érythème, la radiodermite, la radionécrose et la cataracte. Les effets sont d'autant plus graves que la dose de rayonnements reçue par le tissu est importante.

Les cellules peuvent aussi réparer, mais de façon imparfaite ou erronée, les lésions ainsi provoquées. Parmi les lésions qui subsistent, celles de l'ADN revêtent un caractère particulier, car des anomalies résiduelles au niveau des chromosomes peuvent être transmises par divisions cellulaires successives à de nouvelles cellules. Une seule mutation génétique est loin d'être suffisante pour la transformation en cellule cancéreuse, mais cette lésion due aux rayonnements ionisants peut constituer une première étape vers la cancérisation qui apparaît après un temps variable jusqu'à plusieurs années après l'exposition.

La suspicion d'un lien de causalité entre une exposition aux rayonnements ionisants et la survenue d'un cancer remonte à 1902 (observation d'un cancer de la peau sur une radiodermite). On parle alors de « cancer radio-induit ».

Par la suite, plusieurs types de cancer ont été observés en milieu professionnel, dont certains types de leucémie, des cancers bronchopulmonaires (par inhalation de radon) et des ostéosarcomes de la mâchoire. Hors du domaine professionnel, le suivi pendant plus de soixante ans d'une cohorte[1] d'environ 85 000 personnes irradiées lors des bombardements nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki (Japon) a permis de réunir des données sur la morbidité et la mortalité par cancer après exposition aux rayonnements ionisants, et de décrire les relations dose-effets, qui sont à la base de la réglementation actuelle. D'autres travaux épidémiologiques ont permis de mettre en évidence, chez les patients traités par radiothérapie, une augmentation statistiquement significative des cancers (effets secondaires) imputables aux rayonnements ionisants. Citons également l'accident de la centrale nucléaire

1. *Cohorte : groupe d'individus considérés comme un ensemble et participant à une étude statistique des circonstances d'apparition des maladies.*

de Tchernobyl (Ukraine) qui, du fait de l'iode radioactif rejeté, a provoqué dans les régions proches du lieu de l'accident un excès de cancers de la thyroïde chez des sujets jeunes exposés pendant leur enfance.

Les conséquences sanitaires de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon) pour les populations avoisinantes ont également fait l'objet de travaux et d'analyses, dont certains sont encore en cours, afin d'en tirer les enseignements au plan épidémiologique.

Le risque de cancer radio-induit n'est pas lié à un dépassement de seuil. Il se manifeste par un accroissement de la probabilité de cancer en fonction de la dose de rayonnements reçus, et dépend également de l'âge et du sexe. On parle alors d'effets probabilistes, stochastiques (dont l'apparition, à la suite d'une exposition, dépend du hasard) ou aléatoires. La probabilité de développer un cancer augmente avec la dose. Toutefois, l'impact des faibles doses sur l'apparition d'un cancer fait l'objet de débats scientifiques (*voir point 1.2*).

Établis au plan international, les objectifs de santé publique de la radioprotection visent à éviter l'apparition des effets déterministes et à réduire la probabilité d'apparition de cancers radio-induits ; l'ensemble des résultats des études semble indiquer que les cancers radio-induits constituent le risque sanitaire prépondérant lié à l'exposition aux rayonnements ionisants.

1.2 L'évaluation des risques liés aux rayonnements ionisants

En France, la surveillance de l'épidémiologie des cancers est fondée sur des registres de maladies, sur la surveillance des causes de décès et, plus récemment, s'appuie également sur l'exploitation des données du programme médicalisé des systèmes d'information des établissements de santé et sur les déclarations d'affection de longue durée. Les registres sont des structures qui réalisent « *un recueil continu et exhaustif de données nominatives intéressant un ou plusieurs événements de santé dans une population géographiquement définie, à des fins de recherche et de santé publique, par une équipe ayant les compétences appropriées* ». Certains dits « généraux » s'intéressent à tous les types de cancer, leur périmètre est départemental ou interdépartemental ; d'autres, dits « spécialisés », se focalisent sur un cancer particulier. Leur portée est un périmètre géographique variable (agglomération, département, région, voire national). Les trois registres nationaux concernent pour le premier le mésothéliome de la plèvre dans le cadre d'exposition principalement aux fibres d'amiante, les deux autres couvrent l'ensemble des pathologies cancéreuses de l'enfant et de l'adolescent jusqu'à 18 ans (source : INCa).

Dans une zone couverte par un registre, l'objectif est de mettre en évidence des différences de répartition spatiale, de dégager des évolutions temporelles en matière d'augmentation ou de diminution du taux d'incidence des différentes localisations cancéreuses, ou encore de repérer un agrégat de cas.

En fonction de la qualité de leur base de données populationnelle et de leur ancienneté, certains registres participent à de nombreuses études explorant les facteurs de risque des cancers (dont les risques environnementaux).

L'investigation épidémiologique est une tâche complémentaire de la surveillance. Elle a pour vocation de mettre en évidence une association entre un facteur de risque et la survenue d'une maladie, entre une cause possible et un effet, ou tout au moins de permettre d'affirmer que l'existence d'une telle relation causale présente une très forte probabilité. La difficulté intrinsèque à mener ces études est à rappeler, de même que la difficulté à conclure de façon convaincante lorsque le délai d'apparition de la maladie est long ou encore lorsque le nombre de cas attendus est faible, ce qui est notamment le cas pour des expositions faibles de quelques dizaines de millisieverts (mSv).

Les cohortes comme celles de Hiroshima et de Nagasaki ont clairement mis en évidence un excès de cancers, pour une exposition moyenne de l'ordre de 200 mSv. En raison de données insuffisantes sur l'impact des faibles doses sur l'apparition d'un cancer, des estimations sont fournies en extrapolant de façon linéaire et sans seuil (*voir point 1.3.2*) les effets observés décrits aux fortes doses. Ces modélisations donnent des estimations des risques encourus lors d'une exposition aux faibles doses de rayonnements ionisants qui restent cependant controversées au niveau scientifique. Des études sur de très larges populations sont actuellement menées pour mieux caractériser ces risques. Des études épidémiologiques récentes sur des travailleurs de l'industrie du nucléaire[2] et sur des enfants et adolescents exposés à des rayonnements ionisants lors d'examen scanners[3] retrouvent ainsi une augmentation du risque de cancers proportionnelle à la dose reçue qui reste significative, y compris lorsque l'intervalle étudié est restreint à des doses cumulées faibles inférieures à 100 milligrays (mGy), confortant ainsi ce qui jusqu'alors n'était qu'une hypothèse.

Ces résultats consolident les connaissances sur l'impact des rayonnements ionisants à faibles doses et confirment l'importance des principes d'optimisation et de justification pour la protection radiologique des populations exposées quelle qu'en soit l'origine (rayonnement naturel, exposition médicale, industrie nucléaire, etc.).

Sur la base des synthèses scientifiques du Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation* – UNSCEAR), la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a publié les coefficients de risque de décès par cancer dus aux rayonnements ionisants, soit 4,1 % d'excès de risque par sievert pour les travailleurs et 5,5 % par sievert pour la population générale (*voir publication 103 de la CIPR*).

L'évaluation du risque de cancer du poumon dû au radon[4] repose sur un grand nombre d'études épidémiologiques, réalisées directement dans l'habitat, en France et à l'échelle internationale. Elles ont permis de décrire une relation linéaire, même pour une exposition faible (200 becquerels par mètre cube – Bq/m^3) sur une durée de vingt à trente ans. En 2009, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a recommandé un niveau de référence de 100 Bq/m^3, et dans tous les cas de rester en deçà de 300 Bq/m^3. La publication 115 de la CIPR a comparé les risques de cancer du poumon observés dans le cadre des études sur les mineurs d'uranium avec ceux observés en population générale et a conclu à une très bonne concordance des risques observés dans ces deux conditions d'exposition au radon. Les recommandations de la CIPR confortent celles émises par l'OMS, qui considère que le radon constitue, loin après le tabac, le deuxième facteur le plus important de risque de cancer du poumon. Par ailleurs, pour des expositions au radon égales, le risque de cancer du poumon est beaucoup plus élevé chez les fumeurs : trois quarts des décès par cancer du poumon attribuables au radon surviendraient chez des fumeurs.

En France métropolitaine, environ 12 millions de personnes, réparties dans près de 7 000 communes, sont potentiellement exposées à des concentrations élevées en radon. Selon l'Agence nationale de santé publique (2018), le nombre de nouveaux cas de cancer du poumon attribuables au radon en France métropolitaine est estimé à environ 4 000 par an, loin derrière celui dû au tabac (le nombre de nouveaux cas de cancer du poumon en France métropolitaine est estimé à 46 000 en 2018). À l'initiative de l'ASN, un plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon a été mis en place depuis 2004. Il est périodiquement réactualisé. Le 4e plan a été publié début 2021 et s'achèvera fin 2026 (*voir point 3.2.2*).

2. *Source : étude Inworks – IRSN, note d'information du 3 octobre 2023,* irsn.fr.
3. *Source : étude EPI CT – IRSN,* irsn.fr.
4. *Le radon est un gaz radioactif naturel, descendant de l'uranium et du thorium, émetteur de particules alpha et classé cancérigène pulmonaire certain par le Centre international de recherche contre le cancer (CIRC) depuis 1987.*

1.3 Les incertitudes scientifiques et la vigilance

Les actions menées dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour prévenir les accidents et limiter les nuisances ont permis de réduire les doses, qu'il s'agisse, par exemple, des doses reçues par les travailleurs ou de celles associées aux rejets des INB. De nombreuses incertitudes subsistent ; elles conduisent l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) à rester attentive aux résultats des travaux scientifiques en cours, en radiobiologie et en radiopathologie par exemple, avec des retombées possibles en radioprotection, notamment en ce qui concerne la gestion des risques liés aux faibles doses.

On peut citer, en particulier, plusieurs zones d'incertitudes concernant la radiosensibilité, les effets des faibles doses en fonction de l'âge, l'existence de signatures (mutations spécifiques de l'ADN) qui pourraient être observées dans des cancers radio-induits et certaines maladies non cancéreuses observées dans les suites de radiothérapie.

1.3.1 La réponse individuelle aux rayonnements ionisants

Les effets des rayonnements ionisants sur la santé varient d'un individu à l'autre. Dès 1906, Bergonié et Tribondeau ont avancé pour la première fois qu'une même dose n'a pas le même effet selon qu'elle est reçue par un enfant en période de croissance ou par un adulte.

La variabilité de la radiosensibilité individuelle est observée aux fortes doses de rayonnements ionisants, notamment en matière de réponses tissulaires. Elle a été bien documentée par les radiothérapeutes et les radiobiologistes. Des niveaux de radiosensibilité élevés ont été constatés dans le cas de sujets souffrant de maladies génétiques de la réparation de l'ADN et de la signalisation cellulaire. De telles réponses anormales sont également observées chez des personnes souffrant de maladies neurodégénératives.

Aux doses faibles et modérées, cette variabilité de la radiosensibilité, à l'échelle cellulaire notamment, est de plus en plus documentée ainsi que le fait qu'une radiosensibilité à un niveau de dose n'implique pas nécessairement une radiosensibilité à d'autres niveaux de doses. Grâce à l'abaissement des seuils de détection, certaines méthodes récentes d'immunofluorescence de cibles moléculaires de la signalisation et de la réparation des lésions de l'ADN permettent de mieux documenter les effets des rayonnements ionisants aux faibles doses. Les recherches effectuées avec ces nouvelles méthodes apportent des résultats qui doivent encore être validés en clinique avant d'être intégrés dans les pratiques médicales.

Les travaux du Groupe de recherche européen sur les faibles doses (*Multidisciplinary European Low Dose Initiative* – MELODI) et pour le domaine médical (*European platform for research activities in medical radiation protection* – Euramed) se poursuivent sur ce sujet. Le groupe de travail (TG111) de la CIPR dédié à ce sujet a publié une revue de l'état des connaissances sur la radiosensibilité individuelle et des possibilités de la prédire en vue d'élaborer des recommandations internationales de radioprotection. Toutefois, à ce stade, il ressort qu'aucun biomarqueur valide ne permet cette prédiction. La réponse individuelle aux rayonnements ionisants demeure un sujet important de recherche et d'application en radiobiologie et en radioprotection (Euratom 2021-2022).

1.3.2 Les effets des faibles doses

La relation linéaire sans seuil

La relation linéaire sans seuil est un modèle utilisé en radioprotection pour estimer la probabilité de risque associé à une exposition à des rayonnements ionisants tenant compte du principe de précaution. Selon cette relation, il y aurait un risque dès la première exposition, en proportion de la dose de rayonnements reçue. Toutefois, de nombreuses incertitudes existent. C'est pourquoi certains estiment que les effets des faibles doses pourraient être supérieurs, d'autres pensent que ces doses pourraient n'avoir aucun effet en deçà d'un certain seuil ; certains affirment même que des faibles doses ont un effet bénéfique. La recherche en biologie moléculaire et cellulaire progresse, les études épidémiologiques menées sur des cohortes importantes aussi. La CIPR considère que l'hypothèse de cette relation, retenue pour modéliser l'effet des faibles doses sur la santé (*voir point 1.2*), constitue une base prudente pour la gestion du risque dû à l'exposition aux rayonnements ionisants. Elle s'impose pour les décideurs compte tenu des incertitudes qui demeurent face à la complexité des phénomènes de réparation et de mutation de l'ADN et aux limites méthodologiques de l'épidémiologie malgré les progrès de la recherche en biologie moléculaire et cellulaire.

La dose, le débit de dose et la durée de l'exposition

Les études épidémiologiques réalisées sur les personnes exposées aux bombardements de Hiroshima et de Nagasaki ont permis de mieux connaître les effets des rayonnements sur la santé, pour des expositions dues à une irradiation externe (exposition externe) en quelques fractions de seconde, à forte dose et fort débit de

Évaluation de l'exposition : les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique

La CIPR, qui a émis de nouvelles recommandations pour le calcul des doses efficaces et équivalentes (publication 103) en 2007, actualise progressivement les valeurs des coefficients de dose efficace pour l'exposition interne et externe.
Ces coefficients tiennent compte en particulier des améliorations qui ont été apportées aux modèles biocinétiques et dosimétriques et des nouveaux facteurs de pondérations tissulaires et radiologiques définis dans la publication 103.

Les coefficients de dose interne pour les travailleurs ont été actualisés dans la série des publications de la CIPR 134, 137, 141 et 151. L'arrêté du 16 novembre 2023 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants a actualisé en droit français les coefficients de dose pour les travailleurs à compter du 1er janvier 2024. Le CIPR publiera dans les prochaines années des coefficients de dose interne actualisés pour le public.

Pour ce qui concerne le radon, la publication 115 de la CIPR (2010) avait permis une mise à jour du risque de cancer du poumon lié à l'exposition au radon sur la base de nouvelles études épidémiologiques. La CIPR avait conclu que le risque de décès par cancer du poumon chez les adultes ayant été exposés de façon chronique à de faibles concentrations de radon était près de deux fois plus élevé que celui estimé sur la base des connaissances disponibles en 1993 (publication 65). Ces coefficients reposaient sur une approche épidémiologique. La CIPR, dans sa publication 137, a proposé de nouveaux coefficients fondés sur une approche dosimétrique, comme pour les autres radionucléides. Ils conduisent, à exposition égale au radon et à ses descendants, à augmenter de façon significative la dose efficace annuelle reçue par les travailleurs exposés au radon (près de deux fois plus élevée). L'arrêté du 16 novembre 2023 a actualisé les coefficients de dose pour le radon. Cette actualisation(*) modifie le calcul de la dose efficace moyenne reçue par la population en France qui est ainsi passée de 3,5 à 6,5 millisieverts par an (mSv/an), l'exposition au radon représentant désormais 54 % de l'exposition globale (contre 33 % auparavant).

* Exposition de la population française aux rayonnements ionisants – Bilan 2014-2019, IRSN, 2021.

dose[5] de rayonnements ionisants. Les études menées dans les pays les plus touchés par l'accident de Tchernobyl (la Biélorussie, l'Ukraine et la Russie) ont aussi fait avancer les connaissances sur l'effet des rayonnements sur la santé pour des expositions dues à une contamination interne (exposition interne), notamment à l'iode radioactif. Les études sur les travailleurs de l'industrie nucléaire ont permis de mieux préciser le risque pour des expositions chroniques à faibles doses établies sur de nombreuses années, qu'il résulte d'expositions externes ou de contaminations internes.

Les effets héréditaires et tératogènes

La survenue d'éventuels effets héréditaires des rayonnements ionisants n'a pas été démontrée chez l'homme. De tels effets n'ont pas été observés chez les survivants des bombardements de Hiroshima et de Nagasaki. Mais des effets héréditaires ont été documentés dans des travaux expérimentaux chez l'animal ; en particulier, les mutations induites par les rayonnements ionisants dans les cellules germinales (cellules à l'origine des cellules reproductrices : spermatozoïdes ou ovules) sont transmissibles à la descendance. Un groupe de travail de la CIPR, le TG121, travaille actuellement sur le sujet des effets héritables et sur leurs modes de transmission aux générations futures.

La protection de l'environnement

La radioprotection a pour but de prévenir, réduire et limiter l'exposition aux rayonnements ionisants sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par des effets délétères portés à l'environnement. Au-delà de la protection de l'environnement orientée vers la protection de l'homme et des générations présentes ou futures, la protection des espèces non humaines fait partie en tant que telle de la protection de l'environnement prescrite en France par la Charte constitutionnelle de l'environnement. La protection de la nature au nom de l'intérêt propre des espèces animales et végétales (*voir point 3.4*) a fait l'objet de plusieurs publications depuis 2008 (CIPR 108, 114, 124 et 148).

1.3.3 La signature moléculaire dans les cancers radio-induits

Il n'est actuellement pas possible de faire la différence entre un cancer radio-induit et un cancer qui ne le serait pas. En effet, les lésions provoquées par les rayonnements ionisants au niveau moléculaire ne semblent pas différentes de celles qui résultent du métabolisme cellulaire normal, avec l'implication dans les deux cas de radicaux libres, en particulier oxygénés. De plus, ni l'examen anatomopathologique ni la recherche de mutations spécifiques n'ont permis de différencier jusqu'à présent une tumeur radio-induite d'une tumeur sporadique.

On sait qu'aux premières étapes de la carcinogenèse (processus de formation du cancer) une cellule apparaît présentant une combinaison particulière de lésions de l'ADN lui permettant d'échapper au contrôle habituel de la division cellulaire et qu'il faut une dizaine à une centaine de lésions de l'ADN (mutations, cassures, etc.) en des points névralgiques pour franchir ces étapes. Tous les agents capables de léser l'ADN cellulaire (tabac, alcool, produits chimiques variés, rayonnements ionisants, température élevée, autres facteurs d'environnement notamment nutritionnels, radicaux libres du métabolisme cellulaire normal, etc.) contribuent au vieillissement cellulaire et à la carcinogenèse.

Dans une approche multirisque de la carcinogenèse, peut-on alors continuer à parler de cancers radio-induits ? Oui, compte tenu des nombreuses données épidémiologiques qui indiquent que la fréquence des cancers augmente lorsque la dose augmente, une fois tenu compte des autres principaux facteurs de risque. Cependant, l'événement radio-induit peut aussi être le seul en cause dans certains cas (cancers radio-induits chez les enfants).

La mise en évidence d'une signature radiologique des cancers, c'est-à-dire la découverte de marqueurs permettant de signer l'éventuelle composante radio-induite d'une tumeur, serait d'un apport considérable dans l'évaluation des risques liés aux expositions aux rayonnements ionisants, mais reste à ce jour non démontrée.

Le caractère multifactoriel de la carcinogenèse plaide pour une approche de précaution vis-à-vis de tous les facteurs de risque, puisque chacun d'entre eux est susceptible de contribuer à une altération de l'ADN. Ceci est particulièrement important chez les personnes présentant une radiosensibilité individuelle élevée et pour les organes les plus sensibles comme le sein et la moelle osseuse, et ce d'autant plus que les personnes sont jeunes. Les principes de justification et d'optimisation trouvent là toute leur place (*voir chapitre 2*).

2 — Les différentes sources de rayonnements ionisants

2.1 Les rayonnements ionisants d'origine naturelle

En France, l'exposition à la radioactivité naturelle, sous ses différents modes (exposition aux rayonnements cosmiques, rayonnements telluriques, celle liée à l'incorporation de radionucléides naturels contenus dans les denrées et l'eau de boisson et celle associée à la présence de radon dans l'habitat) représente en moyenne 76 % de l'exposition totale annuelle[6].

2.1.1 Les rayonnements cosmiques

Les rayonnements cosmiques sont composés essentiellement d'ions. Ils possèdent une composante directement ionisante et une composante indirectement ionisante due aux neutrons (dite « composante neutronique »), variables en fonction de l'altitude et de la longitude.

En prenant en compte l'altitude de chaque commune, le temps moyen passé à l'intérieur des habitations et un facteur de protection d'habitat de 0,8 (l'habitat atténue la composante ionique des rayonnements cosmiques), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) évalue la dose efficace individuelle moyenne par habitant en France à 0,31 mSv avec une variation de 0,3 à 1,1 mSv/an selon les communes.

Les voyageurs et le personnel navigant sont exposés lors de vols aériens, en fonction de l'altitude du vol et du trajet, à une exposition qui varie de quelques microsieverts (µSv) pour un vol Paris-province à près de 80 µSv pour un vol Paris-Ottawa. La dose efficace moyenne annuelle reçue par la population est en France de 14 µSv.

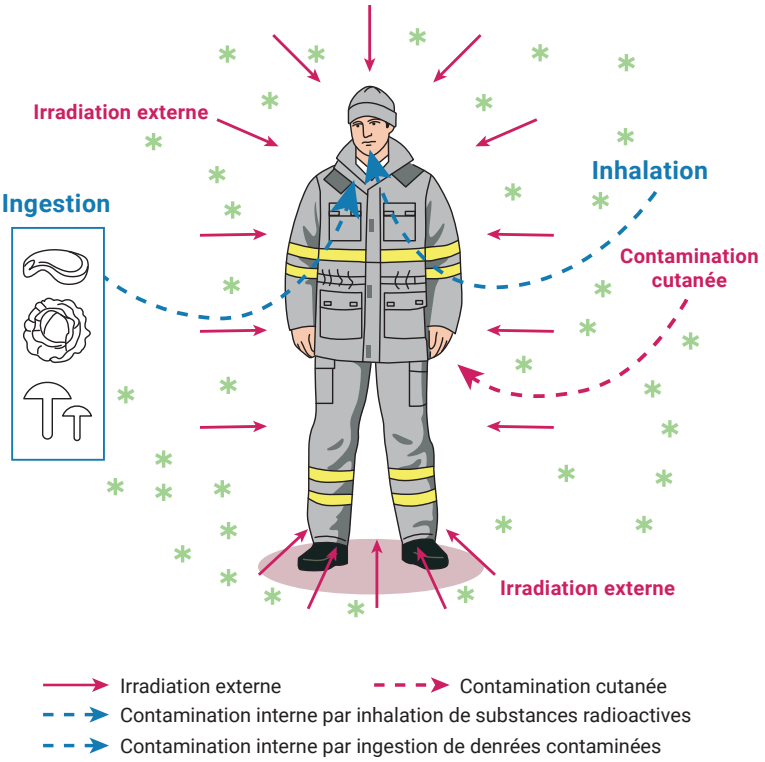
Du fait d'une exposition accrue aux rayonnements cosmiques en raison de séjours prolongés en altitude, une surveillance dosimétrique s'impose pour le personnel navigant (*voir point 3.1.3*).

2.1.2 Les rayonnements d'origine terrestre (hors radon)

Les radionucléides naturels d'origine terrestre sont présents à des teneurs diverses dans tous les milieux constitutifs de notre environnement et de l'organisme humain. Ils conduisent à une exposition externe de la population du fait des rayonnements gamma émis par les produits de filiation de l'uranium-238 et du thorium-232, et par le potassium-40 présents dans les sols.

5. *Le débit de dose radioactive détermine la dose absorbée (énergie absorbée par la matière) par unité de masse et de temps. Il se mesure en gray par seconde (Gy/s) dans le système international. Il est utilisé en physique et en radioprotection.*
6. *Exposition de la population française aux rayonnements ionisants* – Bilan 2014-2019, *IRSN, 2021.*

Sources et voies d'exposition aux rayonnements ionisants



Exposition externe aux rayons gamma d'origine tellurique

À partir de résultats de mesures du débit de dose gamma ambiant sur le territoire à l'intérieur des bâtiments, de la cartographie du potentiel uranium des formations géologiques, d'une corrélation entre le débit de dose gamma d'origine tellurique à l'extérieur de l'habitat et celui à l'intérieur de l'habitat et d'hypothèses sur le temps passé par la population à l'intérieur et à l'extérieur des habitations (respectivement 92 % et 8 %), la dose efficace annuelle moyenne due à l'exposition externe aux rayonnements gamma d'origine tellurique est estimée en France par l'IRSN à environ 0,63 mSv par personne et par an. Elle varie de 0,30 mSv/an à 2,0 mSv/an selon les communes.

Exposition liée à l'incorporation de radionucléides d'origine naturelle

La moyenne de l'exposition interne due à l'incorporation de radionucléides d'origine naturelle est estimée à 0,55 mSv/an. Les deux principales composantes de cette exposition sont l'incorporation par l'alimentation et les eaux de boisson de potassium-40 (0,18 mSv) et des descendants des chaînes de l'uranium et du thorium (0,32 mSv).

En fonction des habitudes de consommation de chacun, en particulier de la consommation de poissons, de fruits de mer et de tabac, cette exposition peut fortement varier : de 0,4 mSv/an jusqu'à plus de 3,1 mSv/an pour, respectivement, les personnes ne consommant pas ces produits et celles en consommant de façon importante.

Les eaux destinées à la consommation humaine, notamment celles d'origine souterraine, ainsi que les eaux minérales, se chargent en radionucléides naturels du fait de la nature des couches géologiques dans lesquelles elles séjournent. La concentration en descendants de l'uranium et du thorium, mais aussi en potassium-40, varie selon les ressources exploitées, compte tenu de la nature géologique du sous-sol. La dose efficace moyenne liée aux descendants des chaînes U-Th dans les eaux de boisson est estimée par l'IRSN à 0,01 mSv/an. Une valeur haute de 0,30 mSv/an est retenue pour illustrer la variabilité de cette exposition.

2.1.3 Le radon

Certaines zones géographiques présentent un potentiel élevé d'exhalation de radon du fait des caractéristiques géologiques des terrains (sous-sol granitique par exemple). La concentration mesurée à l'intérieur des habitations dépend également de l'étanchéité du bâtiment (soubassements), de la ventilation des pièces et du mode de vie des occupants.

Des campagnes nationales de mesurages avaient permis de classer les départements en fonction du potentiel d'exhalation de radon des terrains. En 2011, l'IRSN a publié une cartographie du territoire national en considérant le potentiel d'exhalation de radon dans le sol, à partir des données du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Sur cette base, une classification plus fine, par commune, a été publiée par l'arrêté interministériel du 27 juin 2018 *(voir moteur de recherche par commune et cartographie disponibles sur asn.fr et irsn.fr)*.

À partir des résultats de mesures disponibles et de la cartographie du potentiel radon géogénique du territoire, du temps moyen passé à l'intérieur des habitations et d'hypothèses sur les habitats concernés (collectifs ou individuels), l'IRSN a estimé la concentration moyenne en radon pour chaque commune : la concentration moyenne en radon-222 à l'intérieur de l'habitat en France métropolitaine, pondérée par la population et le type d'habitat, est de 60,8 Bq/m^3. Avec le facteur de dose en vigueur depuis le 1er janvier 2024, la dose efficace moyenne par habitant est estimée à 3,5 mSv/an. En fonction des communes, cette dose efficace varie de 0,75 mSv/an à 47 mSv/an *(voir encadré page 105)*.

La nouvelle obligation faite aux laboratoires d'analyse des détecteurs radon de transmettre à l'IRSN les résultats des mesurages et les résultats attendus de l'action 7 du 4e plan national d'action de gestion du risque lié au radon *(voir point 3.2)*, relative à la définition des modalités d'organisation pour la collecte des données de mesure du radon, doit permettre d'améliorer la connaissance des expositions au radon en France.

2.2 Les rayonnements ionisants liés aux activités humaines

Les activités humaines impliquant des risques d'exposition aux rayonnements ionisants, appelées activités nucléaires, peuvent être regroupées selon la nomenclature suivante :

- l'exploitation des INB ;
- les activités nucléaires de proximité ;
- l'élimination des déchets radioactifs ;
- la gestion des sites contaminés ;
- le transport de substances radioactives ;
- les activités générant un renforcement des rayonnements ionisants d'origine naturelle.

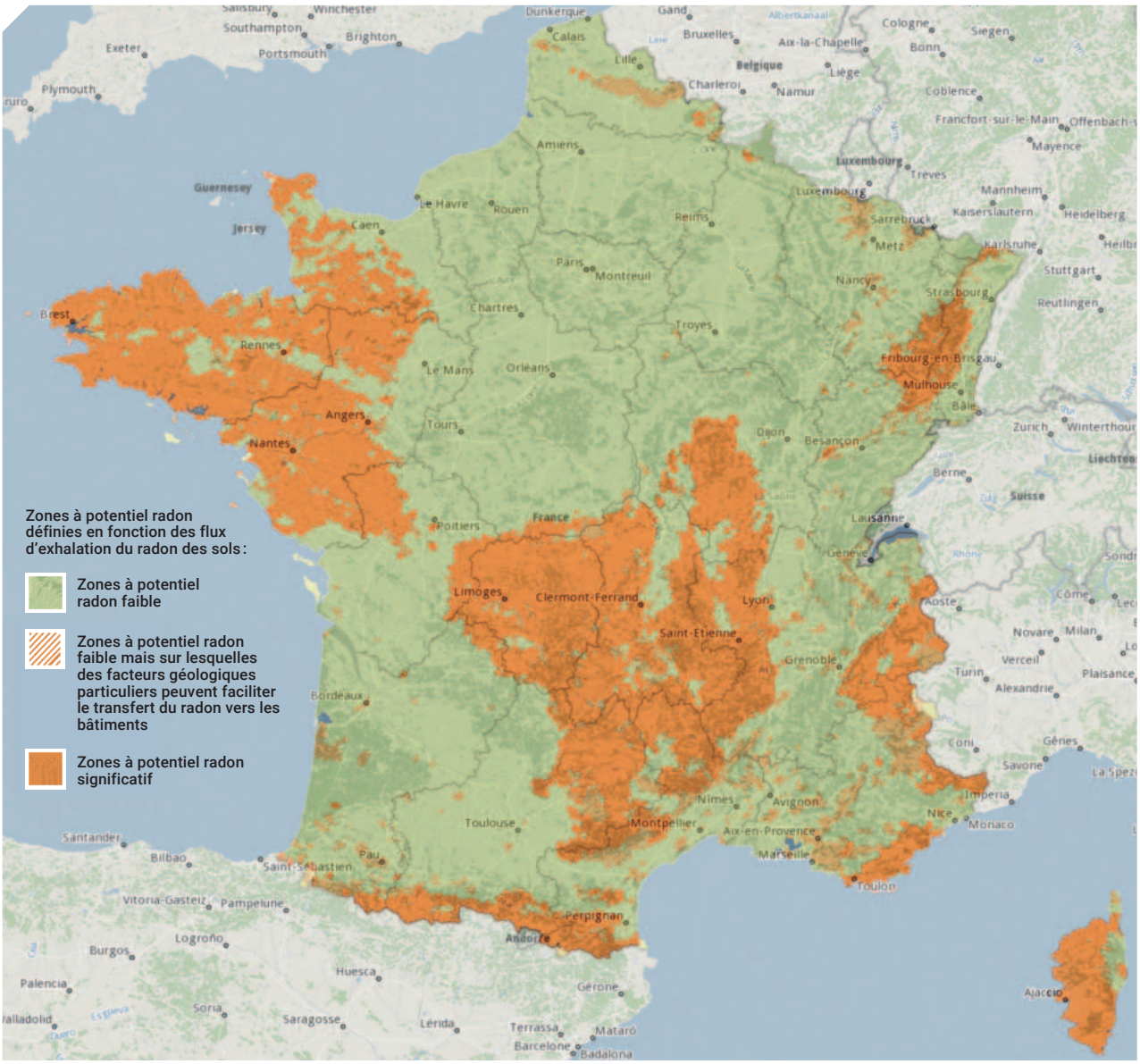
2.2.1 Les installations nucléaires de base

Les activités nucléaires sont de nature très diverse et couvrent toute activité touchant à la mise en œuvre ou à l'utilisation de substances radioactives ou de rayonnements ionisants. Ces activités sont soumises à des dispositions générales du code de la santé publique et, selon leur nature et les risques qu'elles présentent, à un régime juridique spécifique. Les INB sont définies à l'article L. 593-2 du code de l'environnement :

1° Les réacteurs nucléaires ;

2° Les installations répondant à des caractéristiques définies par décret en Conseil d'État, de préparation, d'enrichissement, de fabrication, de traitement ou d'entreposage

Zones à potentiel radon en France métropolitaine définies par l'arrêté du 27 juin 2018



Source : IRSN.

de combustibles nucléaires ou de traitement, d'entreposage ou de stockage de déchets radioactifs ;

3° Les installations contenant des substances radioactives ou fissiles et répondant à des caractéristiques définies par décret en Conseil d'État ;

4° Les accélérateurs de particules répondant à des caractéristiques définies par décret en Conseil d'État ;

5° Les centres de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs mentionnés à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement.

Les installations relèvent du régime des INB, régi par les chapitres III et VI du titre IX du livre V du code de l'environnement et les textes pris pour leur application.

La liste des INB au 31 décembre 2024 figure en annexe de ce rapport.

La prévention des risques accidentels et la sûreté nucléaire

Le principe fondamental adopté internationalement sur lequel repose le système d'organisation et de réglementation spécifique de la sûreté nucléaire est celui de la responsabilité de l'exploitant (*voir chapitre 2*). Les pouvoirs publics veillent à ce que cette responsabilité soit pleinement assumée dans le respect des prescriptions réglementaires. Pour ce qui concerne la prévention des risques pour les travailleurs, l'exploitant d'une INB est tenu de mettre en œuvre tous les moyens nécessaires pour assurer la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. Il doit en particulier s'assurer du respect des règles générales applicables à l'ensemble des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants (organisation du travail, prévention des accidents, suivi médical des travailleurs, y compris ceux des entreprises extérieures, etc.).

Pour les questions relevant de la protection de la population et de l'environnement, l'exploitant de l'INB doit également mettre en œuvre les moyens nécessaires pour atteindre et maintenir un niveau optimal de protection. Plus particulièrement, les rejets d'effluents liquides et gazeux, radioactifs ou non radioactifs, sont strictement limités (*voir chapitre 3*).

2.2.2 Le transport de substances radioactives

Lors du transport de substances radioactives, les risques essentiels sont ceux d'exposition interne ou externe, de criticité ainsi que ceux de nature chimique. La sûreté du transport de substances radioactives s'appuie sur une logique de défense en profondeur :

• la robustesse de l'emballage est la première ligne de défense. L'emballage joue un rôle essentiel et doit résister aux

conditions de transport envisageables, ainsi qu'aux effets des accidents susceptibles de se produire ;
• la fiabilité des opérations de transport constitue la deuxième ligne de défense ;
• enfin, la troisième ligne de défense est constituée par les moyens d'intervention mis en œuvre en cas d'incident ou d'accident.

2.2.3 Les activités nucléaires de proximité

Les rayonnements ionisants, qu'ils soient émis par des radionucléides ou générés par des appareils électriques, sont utilisés dans de très nombreux domaines dont la médecine (radiologie, radiothérapie, médecine nucléaire et pratiques interventionnelles radioguidées – PIR), la biologie, la recherche, l'industrie, mais aussi les applications vétérinaires, la stérilisation de nombreux produits, ou la conservation des denrées alimentaires.

L'employeur est tenu de mettre en œuvre tous les moyens nécessaires pour assurer la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. L'exploitant de l'installation doit également mettre en place les dispositions prévues par le code de la santé publique pour assurer la gestion des sources de rayonnements ionisants qu'il détient (notamment les sources radioactives), assurer, le cas échéant, la gestion des déchets produits et limiter les rejets des effluents liquides et gazeux. Dans le cas d'utilisation à des fins médicales, les questions concernant la protection des patients sont également prises en compte.

2.2.4 La gestion des déchets radioactifs

Comme toutes les activités industrielles, les activités nucléaires peuvent créer des déchets dont certains sont radioactifs. Les trois principes fondamentaux sur lesquels s'appuie une gestion rigoureuse des déchets radioactifs sont la responsabilité du producteur de déchets, la traçabilité des déchets et l'information du public.

Les dispositions techniques de gestion à mettre en œuvre doivent être adaptées au risque présenté par les déchets radioactifs. Ce risque peut être estimé principalement au travers de deux paramètres : l'activité, qui contribue à la toxicité du déchet, et la période, durée au bout de laquelle l'activité est divisée par deux.

Enfin, la gestion des déchets radioactifs doit être déterminée préalablement à toute création d'activité nouvelle ou modification d'activité existante afin de :
• s'assurer de la disponibilité de filières de traitement des différentes catégories de déchets susceptibles d'être produits, depuis la phase amont (production de déchets et conditionnement sous forme de colis) jusqu'à la phase aval (entreposage, transport, stockage) ;
• optimiser les filières de gestion de déchets.

2.2.5 La gestion des sites contaminés

La gestion des sites contaminés du fait d'une radioactivité résiduelle résultant d'une activité nucléaire passée ou d'une activité ayant produit des dépôts de radionucléides naturels justifie des actions spécifiques de radioprotection, notamment dans le cas où une réhabilitation est envisagée.

Compte tenu des usages actuels ou futurs du site, des objectifs de décontamination doivent être établis. L'élimination des déchets produits lors de l'assainissement des locaux ainsi que des terres contaminées doit être maîtrisée, depuis le site jusqu'à l'entreposage ou le stockage. La gestion des objets contaminés obéit également à ces principes.

2.2.6 Les activités utilisant des substances radioactives d'origine naturelle

Les expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle, lorsqu'elles sont renforcées du fait des activités humaines, justifient des actions de contrôle, si elles sont susceptibles de générer un risque pour les travailleurs exposés et, le cas échéant, pour la population.

Ainsi, certaines activités incluses dans la définition des « activités nucléaires » peuvent avoir recours à l'utilisation de matériaux contenant des substances radioactives d'origine naturelle à des niveaux de concentration susceptibles d'accroître, de manière significative, l'exposition aux rayonnements ionisants des travailleurs et, dans une moindre mesure, des populations proches des lieux où sont exercées ces activités.

Les familles naturelles de l'uranium et du thorium sont les principaux radionucléides rencontrés dans ces industries ; on peut citer :
• la production de composés de thorium, la fabrication de produits contenant du thorium et le travail mécanique de produits contenant du thorium ;
• la production pétrolière et gazière d'énergie géothermique, de dioxyde de titane, d'engrais phosphatés et de ciment ;
• l'extraction de terres rares et de granits ;
• les activités de fonderie d'étain, de plomb ou de cuivre.

Les actions de radioprotection à mener dans ce domaine visent les travailleurs (risque d'irradiation externe et de contamination interne, radon) mais aussi la population, par exemple, dans le cas de rejets d'effluents dans l'environnement ou de production de résidus susceptibles d'être réutilisés, notamment, dans les matériaux de construction. Depuis 2018, ces activités sont soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement.

3 — La surveillance des expositions aux rayonnements ionisants

Du fait de la difficulté d'attribuer un cancer au seul facteur de risque rayonnements ionisants, pour prévenir les cancers dans la population, une « surveillance du risque » est réalisée par la mesure d'indicateurs de la radioactivité ambiante (mesure des débits de dose par exemple), de la contamination interne ou, à défaut, par la mesure de grandeurs (activités dans les rejets d'effluents radioactifs) qui peuvent permettre ensuite de procéder, par la modélisation et le calcul, à une estimation des doses reçues par les populations exposées.

La totalité de la population française est exposée à des rayonnements ionisants d'origine naturelle ou ayant pour origine des activités humaines, mais de façon inégale sur le territoire. L'exposition moyenne de la population française est estimée à 6,5 mSv par personne et par an, mais cette exposition présente une grande variabilité individuelle (facteur de 1 à 20), notamment selon le lieu d'habitation (potentiel radon de la commune, niveau de rayonnements telluriques), le nombre d'examens radiologiques réalisés, les habitudes de consommation (tabac, denrées alimentaires) et de vie (voyages en avion). Le diagramme 1 représente une estimation des contributions respectives à la dose moyenne totale des différentes sources d'exposition aux rayonnements ionisants pour la population française.

3.1 Les doses reçues par les travailleurs

3.1.1 La surveillance des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants

Le système de surveillance des expositions des personnes susceptibles d'être exposées aux rayonnements ionisants, travaillant notamment dans les INB ou dans les installations relevant du nucléaire de proximité, est en place depuis plusieurs décennies.

Fondé principalement sur le port obligatoire du dosimètre à lecture différée pour les travailleurs susceptibles d'être exposés, il permet de vérifier le respect des

limites réglementaires applicables aux travailleurs. Ces limites visent l'exposition totale (depuis 2003, la limite annuelle, exprimée en matière de dose efficace, est de 20 mSv sur douze mois consécutifs), obtenue en ajoutant la dose due à l'exposition externe et celle résultant d'une éventuelle contamination interne ; d'autres limites, appelées « limites de dose équivalente », sont définies pour l'exposition externe de certaines parties du corps telles que les mains, la peau et le cristallin *(voir rubrique « Réglementer » sur asn.fr)*.

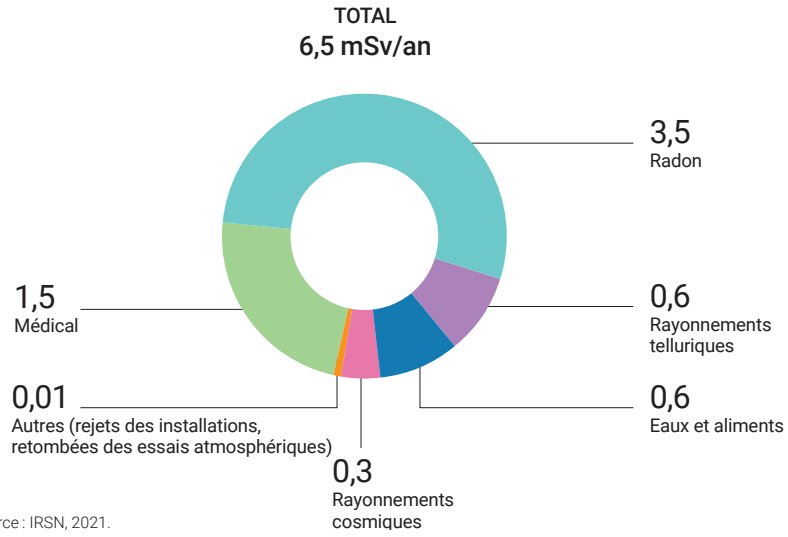
Les données enregistrées permettent de connaître, pour chaque travailleur, y compris ceux des entreprises extérieures, la dose d'exposition cumulée sur une période déterminée ne pouvant dépasser trois mois. Elles sont rassemblées dans le système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (Siseri) géré par l'IRSN et font l'objet d'une publication annuelle.

Les résultats de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants présentés ci-après sont issus du bilan IRSN 2023, *La radioprotection des travailleurs – exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France*. Sur le plan méthodologique, comme pour les cinq années précédentes, le bilan IRSN 2023 de l'exposition externe a été exclusivement réalisé à partir des données de la surveillance individuelle de l'exposition externe des travailleurs enregistrées dans la base Siseri. Jusqu'en 2016, les bilans étaient exclusivement élaborés par agrégation des synthèses annuelles demandées aux organismes de dosimétrie. En conséquence, les résultats de 2023 pour l'exposition externe ne sont directement comparables qu'à ceux établis à partir de l'année 2017. Afin de pouvoir néanmoins établir des tendances, les résultats des années 2015 et 2016 ont été réévalués avec la nouvelle approche méthodologique *(voir tableau 3)*.

Les tableaux 1 et 2 présentent, par domaine d'activité et pour l'année 2023, la répartition des effectifs surveillés, de la dose collective (la dose collective est la somme des doses individuelles reçues par un groupe de personnes donné) et du nombre de dépassements de la limite annuelle de 20 mSv. Ils témoignent d'une grande disparité de la répartition des doses selon les secteurs.

Par exemple, le secteur des activités médicales (dont le secteur dentaire) et vétérinaires, qui regroupe une part importante des effectifs surveillés (58,5 %), ne représente que 9,7 % de la dose collective ; par contre, le secteur de l'industrie du nucléaire civil qui ne représente que 24 % des effectifs, comptabilise 54 % de la dose collective. En outre, le secteur concerné

DIAGRAMME 1 **Exposition moyenne de la population française**



Source : IRSN, 2021.

par une exposition à la radioactivité naturelle (hors personnel navigant militaire), qui ne représente que 6,2 % de l'effectif total, comptabilise 30,9 % de la dose collective. Enfin, les secteurs de l'industrie non nucléaire et de la recherche représentent respectivement 4 et 2,6 % des effectifs et comptabilisent respectivement 4 et 0,2 % de la dose collective.

Le tableau 3 montre que, pour l'exposition externe, le nombre total de travailleurs[7] suivis en 2023 est de 360 743 en diminution de 6,6 % par rapport à 2022. La dose collective est de 84,2 homme.Sv, valeur en baisse de 5 % par rapport à celle de 2022. Elle a pour origine principale la baisse des effectifs des domaines médical, dentaire, vétérinaire et la baisse de l'exposition des travailleurs à la radioactivité naturelle.

Concernant la dosimétrie des extrémités (doigts et poignets), le nombre de travailleurs suivis en 2023 est de 25 852, en baisse de 6,3 % par rapport en 2022 (soit 7,2 % de l'effectif suivi).

Pour ce qui concerne la surveillance dosimétrique au cristallin, qui était en progression depuis 2015, elle se stabilise depuis 2021. Elle a concerné 5 762 travailleurs en 2023.

En 2023, cinq dépassements[8] de la limite réglementaire de 20 mSv pour la dose efficace corps entier ont été enregistrés dont un a été confirmé par le médecin du travail et quatre qui n'ont pas fait l'objet d'une confirmation du médecin du travail. Le cas de dépassement de la limite confirmé par le médecin du travail concerne le secteur dentaire et a été détecté en août 2023 pour une dose cumulée de 25,9 mSv sur 12 mois glissants. Les quatre autres cas de dépassement ponctuel de cette limite de dose, qui n'ont pas été confirmés par la médecine du travail, concernent : pour trois cas le domaine médical (radiodiagnostic, radiologie interventionnelle, secteur dentaire) et pour le dernier cas un travailleur du contrôle non destructif dans le domaine de l'industrie non nucléaire.

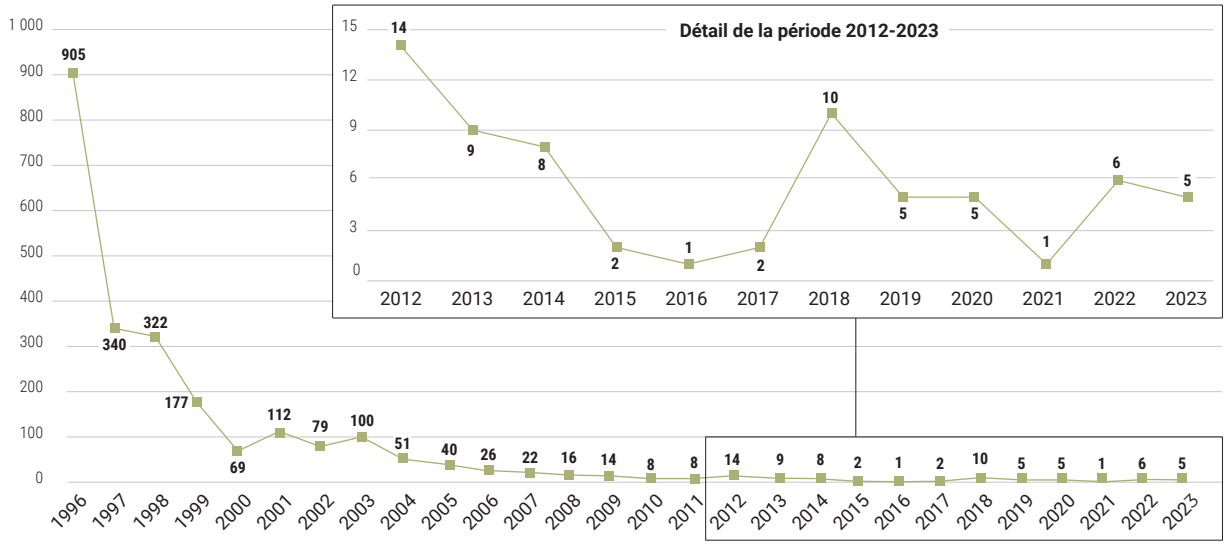
Un dépassement de la limite réglementaire de la dose équivalente aux extrémités (500 mSv sur douze mois consécutifs), confirmé par le médecin du travail, a été enregistré dans le domaine médical (radiologie interventionnelle) avec un cumul de doses de 534,93 mSv.

Par ailleurs, trois dépassements de la limite réglementaire de la dose équivalente à la peau de 500 mSv ont été enregistrés. Un cas concerne un travailleur appartenant au secteur de la logistique et de la maintenance du nucléaire dont la dose enregistrée (520,4 mSv) a été confirmée par le médecin du travail. Les deux autres cas concernent des travailleurs aussi concernés par un dépassement de la limite de dose efficace corps entier mentionné ci-dessus et qui n'ont pas été confirmés par la médecine du travail : un du secteur dentaire et un du secteur du contrôle non destructif dans le domaine de l'industrie.

Enfin, une dose équivalente de 21,34 mSv au cristallin a été enregistrée dans le secteur du radiodiagnostic du domaine médical mais résulte du cumul de plusieurs doses sur l'année civile 2023, et la dose cumulée du 1er juillet 2018 au 30 juin 2023 reste inférieure à la limite de 100 mSv (76,2 mSv)[9].

7. *Le nombre total de travailleurs suivis comprend l'ensemble des travailleurs, y compris ceux issus des activités militaires et de défense.*
8. *Un sixième dépassement comptabilisé par l'IRSN dans son bilan a depuis la publication du rapport fait l'objet d'une réévaluation par le médecin du travail, la dose finalement attribuée étant en dessous de la valeur limite réglementaire.*
9. *La valeur limite de 20 mSv sur douze mois consécutifs est entrée en vigueur le 1er juillet 2023 avec une période transitoire du 1er juillet 2018 au 30 juin 2023 où la valeur cumulée pour le cristallin était fixée à 100 mSv, pour autant que la dose reçue au cours d'une année ne dépasse pas 50 mSv.*

DIAGRAMME 2 **Évolution du nombre de travailleurs surveillés dont la dose annuelle est supérieure à 20 mSv de 1996 à 2023**



Source : IRSN.

En conclusion, comme les années précédentes, le bilan de la surveillance des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants en France en 2023, publié par l'IRSN en septembre 2024, montre globalement l'efficacité du système de prévention mis en place dans les établissements où sont utilisées les sources de rayonnements ionisants puisque, pour 92,7 % des effectifs surveillés, la dose annuelle est restée inférieure à 1 mSv (limite de dose efficace annuelle pour le public du fait des activités nucléaires). On notera également la diminution régulière depuis dix ans du nombre de travailleurs les plus fortement exposés. Les dépassements des valeurs limites réglementaires restent exceptionnels.

3.1.2 Cas de l'exposition des travailleurs à la radioactivité naturelle

Exposition aux substances radioactives d'origine naturelle et au radon d'origine géologique

L'exposition des travailleurs aux substances radioactives d'origine naturelle résulte de l'ingestion de poussières de matières riches en radionucléides (phosphates, minerais métallifères), de l'inhalation de radon, formé par la désintégration de l'uranium (entrepôts mal ventilés, thermes), ou encore de l'exposition externe due aux dépôts dans des procédés industriels (tartre se formant dans les tuyauteries par exemple).

En 2023, la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs dans les activités industrielles conduisant à une exposition aux substances radioactives d'origine naturelle ou au radon d'origine géologique (exposition aux radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du thorium) a concerné 817 travailleurs suivis en exposition externe (dont 28 travailleurs exposés à plus de 1 mSv) et 332 travailleurs suivis en exposition interne (dont 19 ont été exposés à plus de 1 mSv).

Bilan de la surveillance dosimétrique de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants (exposition à la radioactivité naturelle incluse) en 2023

(Source : La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023 – IRSN, juin 2024)

- Effectif total surveillé : **360 743 travailleurs**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle est restée inférieure au seuil d'enregistrement : **271 708 travailleurs, soit 75,3 %**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle est restée comprise entre le seuil d'enregistrement et 1 mSv : **62 589 travailleurs, soit environ 17,3 %**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle est restée comprise entre 1 mSv et 20 mSv : **26 446 travailleurs, soit environ 7,3 % de l'effectif total suivi**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle a dépassé 20 mSv : **5 travailleurs**(*)
- Effectif surveillé pour lequel la dose équivalente aux extrémités a dépassé 500 mSv : **1 travailleur**
- Effectif surveillé pour lequel la dose équivalente à la peau a dépassé 500 mSv : **3 travailleurs**(**)
- Effectif surveillé pour lequel la dose équivalente au cristallin a dépassé 20 mSv : **1 travailleur**
- Dose collective (somme des doses efficaces annuelles individuelles) : **84,2 homme.Sv**
- Dose efficace individuelle annuelle moyenne sur l'effectif ayant enregistré une dose supérieure au seuil d'enregistrement : **environ 0,95 mSv**

Bilan de la surveillance de l'exposition interne en 2023 (hors radioactivité naturelle)

- Nombre d'examens de routine réalisés : **238 738** (dont 0,6 % considéré positif)
- Nombre de travailleurs avec un résultat positif (surveillance de routine) : **785**
- Nombre d'examens de surveillance spéciale : **9 098** (dont 16,6 % sont supérieurs à la limite de détection)
- Effectif ayant enregistré une dose efficace engagée supérieure à 1 mSv : **4 travailleurs**

Bilan de la surveillance de l'exposition interne aux radionucléides naturels, hors radon « géogénique » et ses descendants, en 2023

- Exposition interne :
  - dose collective pour 302 travailleurs : **58,93 homme.mSv**
  - dose individuelle annuelle moyenne sur l'effectif ayant enregistré une dose supérieure à la limite de détection : **0,32 mSv**

* Un de ces cas a été détecté en août 2023 pour une dose cumulée de 25,9 mSv sur 12 mois glissants de juin 2022 à mai 2023, et non sur l'année civile ; quatre de ces cas ont été retenus par défaut en l'absence de retour du médecin du travail sur les conclusions de l'enquête.

** Deux cas n'ont pas été confirmés par la médecine du travail.

Exposition des personnels navigants aux rayonnements cosmiques

Les personnels navigants de compagnies aériennes, ainsi que certains grands voyageurs, sont exposés à des doses significatives du fait de l'altitude et de l'intensité des rayonnements cosmiques à haute altitude. Ces doses peuvent dépasser 1 mSv/an.

Depuis le 1er juillet 2014, l'IRSN réalise le calcul des doses individuelles pour les personnels navigants civils avec l'application *SievertPN*, à partir des données de vol et de présence des personnels fournies par les compagnies aériennes. Ces données sont ensuite transmises dans le registre national de dosimétrie des travailleurs Siseri.

En 2023, le nombre de travailleurs du secteur naviguant civil s'est élevé à 21 585, effectif en baisse de 2 %. La dose moyenne pour cette catégorie a baissé de près de 15 % par rapport à 2022 (1,2 mSv). Environ 39 % des doses individuelles annuelles sont inférieures à 1 mSv et 61 % des doses individuelles annuelles sont comprises entre 1 mSv et 5 mSv. La dose collective a diminué de 11 % par rapport à 2022.

TABLEAU 1 Surveillance de l'exposition externe des travailleurs dans le domaine nucléaire civil (année 2023)

	Nombre de personnes surveillées	Dose collective (homme.Sv(*))	Dose individuelle > 20 mSv
Réacteurs et production d'énergie (EDF)	24 552	6,54	0
« Cycle du combustible » ; démantèlement	12 579	4,07	0
Transport	442	0,06	0
Logistique et maintenance (prestataires)	34 106	32,24	0
Effluents, déchets	729	0,15	0
Autres	7 823	1,28	1
Total nucléaire civil	**80 231**	**44,34**	**1**

* Homme.Sv : unité de grandeur de dose collective. Pour mémoire, la dose collective est la somme des doses individuelles reçues par un groupe de personnes donné.
(Source : *La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023* – IRSN)

TABLEAU 2 Surveillance de l'exposition externe des travailleurs dans les activités nucléaires de proximité (année 2023)

	Nombre de personnes surveillées	Dose collective (homme.Sv(*))	Dose individuelle > 20 mSv
Médical	149 950	6,76	2 (1)
Dentaire	37 819	1,13	2 (2)
Vétérinaire	23 315	0,25	0
Industrie	14 519	3,39	1 (3)
Recherche et enseignement	9 429	0,20	0
Naturel (**)	23 137	26,2	0
Total nucléaire de proximité	**258 169**	**37,9**	**5**

(1) Ces cas ont été retenus par défaut en l'absence de retour du médecin du travail sur les conclusions de l'enquête.
(2) Ces cas ont été retenus par défaut en l'absence du retour du médecin du travail.
(3) Ce cas a été retenu par défaut en l'absence du retour du médecin du travail.
* Homme.Sv : unité de grandeur de dose collective.
** Le naturel recouvre le personnel navigant civil ainsi que les travailleurs exposés aux radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du thorium.
(Source : *La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023* – IRSN)

TABLEAU 3 Évolution des effectifs suivis et de la dose collective et individuelle moyenne sur l'effectif exposé de 2015 à 2023(*) tous domaines confondus (A) ou sans le domaine « naturel » (B)

Année	Effectif suivi		Dose collective (homme.Sv)		Dose individuelle moyenne (mSv)	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
2015 (*)	372 881	352 641	104,41	65,61	0,98	0,76
2016 (*)	378 304	357 527	107,53	66,71	0,96	0,73
2017	384 198	360 694	100,58	53,52	1,03	0,72
2018	390 363	365 980	104,14	55,24	1,12	0,80
2019	395 040	369 712	112,31	58,73	1,20	0,85
2020	387 452	364 614	72,43	49,97	0,78	0,71
2021	392 180	370 756	82,71	60,09	0,85	0,78
2022	386 080	363 595	88,43	59,01	0,90	0,77
2023	**360 743**	**337 706**	**84,23**	**58,05**	**0,95**	**0,87**

* À des fins de comparaison, les résultats des années 2015 et 2016 ont été réévalués rétroactivement avec la nouvelle approche méthodologique.
(Source : *La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023* – IRSN, juin 2024)

3.2 Les doses reçues par la population

3.2.1 L'exposition de la population du fait des activités nucléaires

Les réseaux de surveillance automatisés gérés par l'IRSN sur l'ensemble du territoire (réseaux Téléray, Hydrotéléray et Téléhydro) permettent de surveiller en temps réel la radioactivité dans l'environnement et de mettre en évidence toute variation anormale. Ces réseaux de mesure joueraient un rôle prépondérant en cas d'incident ou d'accident conduisant à des rejets de substances radioactives, pour éclairer les décisions à prendre par les autorités et pour informer la population. En situation normale, ils participent à l'évaluation de l'impact des INB (*voir chapitre 3*).

En revanche, il n'existe pas de méthode globale de surveillance permettant de reconstituer de façon exhaustive les doses reçues par la population du fait des activités nucléaires. De ce fait, le respect de la limite d'exposition de la population (dose efficace fixée à 1 mSv/an) n'est pas directement contrôlable. Cependant, pour les INB, les rejets d'effluents radioactifs font l'objet d'une comptabilité précise, et une surveillance radiologique de l'environnement est mise en place autour des installations. À partir des données recueillies, l'impact dosimétrique de ces rejets sur les populations vivant au voisinage immédiat des installations est ensuite calculé en utilisant des modèles permettant de simuler les transferts vers l'environnement. Les impacts dosimétriques varient selon le type d'installation et les habitudes de vie des personnes représentatives retenues, de quelques microsieverts à quelques dizaines de microsieverts par an (µSv/an). L'évaluation des doses dues aux INB est présentée dans le tableau 4 dans lequel figurent, pour chaque site et par année, les doses efficaces estimées pour les personnes représentatives les plus exposées.

Ces estimations ne sont pas connues pour les activités nucléaires autres que les INB, du fait des difficultés méthodologiques pour mieux connaître l'impact de ces installations et, notamment, l'impact des rejets contenant des faibles quantités de radionucléides artificiels provenant de l'utilisation des sources radioactives non scellées dans les laboratoires de recherche ou de biologie, ou dans les services de médecine nucléaire. À titre d'exemple, l'impact des rejets hospitaliers pourrait conduire à des doses de quelques dizaines

de microsieverts par an pour les personnes les plus exposées, notamment pour certains postes de travail dans les réseaux d'assainissement et stations d'épuration (études IRSN 2005 et 2015).

Des situations héritées du passé telles que les essais nucléaires aériens et l'accident de Tchernobyl (Ukraine) peuvent contribuer, de manière très faible, à l'exposition de la population. Ainsi, l'exposition due aux retombées des essais nucléaires est estimée actuellement en France métropolitaine à 2,3 µSv/an (1,3 µSv/an pour le strontium-90 et 1 µSv/an pour le carbone-14 ; l'exposition liée au césium-137 ne peut être distinguée de celle des retombées de l'accident de Tchernobyl).

L'exposition globale due aux retombées des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl est de 46 µSv/an pour les personnes résidant sur des zones de rémanence élevée de ces retombées et de 9,3 µSv/an pour celles résidant sur le reste du territoire, soit une dose moyenne par habitant de 12 µSv/an à l'échelle de l'ensemble du territoire (IRSN 2021).

En ce qui concerne les retombées en France de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon), les résultats publiés en France par l'IRSN en 2011 avaient montré la présence d'iode radioactif à des niveaux très faibles, conduisant pour les populations à des doses efficaces estimées inférieures à 2 µSv/an en 2011.

3.2.2 L'exposition de la population aux rayonnements naturels

L'exposition due à la radioactivité naturelle des eaux de consommation

Les résultats de la surveillance de la qualité radiologique des eaux distribuées au robinet, exercée par les agences régionales de santé en 2008 et 2009 (rapport DGS/ASN/IRSN publié en 2011) ont montré que 99,83 % de la population bénéficie d'une eau dont la qualité respecte en permanence la dose indicative de 0,1 mSv/an, fixée par la réglementation. Cette appréciation globalement satisfaisante s'applique également à la qualité radiologique des eaux conditionnées produites en France (rapport DGS/ASN/IRSN publié en 2013).

TABLEAU 4 **Impact radiologique des INB depuis 2018, calculé par les exploitants à partir des rejets réels des installations et pour une « personne représentative » des personnes les plus exposées au sein de la population (données fournies par les exploitants nucléaires)**

Exploitant/Site	Personnes représentatives en 2023	Distance au site en km	Estimation des doses reçues, en mSv [a] (les valeurs, calculées par l'exploitant, sont arrondies à l'unité supérieure)					
			2018	2019	2020	2021	2022	2023
Andra / CSA	Groupe multi-activité Ville-aux-Bois	1,7	3.10^{-7}	3.10^{-7}	4.10^{-7}	3.10^{-7}	2.10^{-7}	3.10^{-7}
Andra / Centre de stockage de la Manche	Hameau És Clerges	1,5	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	1.10^{-4}	1.10^{-4}	2.10^{-4}
CEA / Cadarache [b]	Saint-Paul-lez-Durance	5	$<3.10^{-3}$	$<2.10^{-3}$	$<6.10^{-4}$	$<5.10^{-4}$	$<6.10^{-4}$	$<2.10^{-3}$
CEA / Fontenay-aux-Roses [b]	Achères	30	$<2.10^{-4}$	$<2.10^{-4}$	$<2.10^{-4}$	$<2.10^{-4}$	$<2.10^{-4}$	$<2.10^{-4}$
CEA / Grenoble [c]	–	–	(c)	(c)	(c)	(c)	(c)	(c)
CEA / Marcoule [b] (Atalante, Centraco, Phénix, Melox, CIS bio)	Codolet	2,4	$<2.10^{-3}$	$<2.10^{-3}$	$<2.10^{-3}$	$<2.10^{-4}$	$<2.10^{-3}$	$<2.10^{-3}$
CEA / Saclay [b]	Le Christ de Saclay	1	$<2.10^{-3}$	$<4.10^{-3}$	$<2.10^{-3}$	$<2.10^{-3}$	$<8.10^{-4}$	$<1.10^{-3}$
EDF / Belleville-sur-Loire	Neuvy-sur-Loire	1,6	4.10^{-4}	4.10^{-4}	3.10^{-4}	4.10^{-4}	3.10^{-4}	3.10^{-4}
EDF / Blayais	Braud-et-Saint-Louis	1,1	5.10^{-4}	4.10^{-4}	5.10^{-4}	2.10^{-4}	5.10^{-4}	4.10^{-4}
EDF / Bugey	Vernas	2,7	2.10^{-4}	2.10^{-4}	9.10^{-5}	2.10^{-4}	1.10^{-4}	2.10^{-4}
EDF / Cattenom	Cattenom	2,2	9.10^{-3}	1.10^{-2}	7.10^{-3}	7.10^{-3}	5.10^{-3}	4.10^{-3}
EDF / Chinon	Savigny-en-Véron	2,4	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}
EDF / Chooz	Chooz	0,8	5.10^{-4}	5.10^{-4}	3.10^{-4}	4.10^{-4}	1.10^{-4}	3.10^{-4}
EDF / Civaux	Civaux	1,1	8.10^{-4}	2.10^{-3}	1.10^{-3}	1.10^{-3}	1.10^{-4}	4.10^{-4}
EDF / Creys-Malville	Briord	0,6	2.10^{-5}	2.10^{-5}	8.10^{-6}	2.10^{-5}	4.10^{-6}	3.10^{-6}
EDF / Cruas-Meysse	La Coucourde	1,1	3.10^{-3}	3.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}
EDF / Dampierre-en-Burly	Lion-en-Sulias	1,6	5.10^{-4}	5.10^{-4}	3.10^{-4}	5.10^{-4}	4.10^{-4}	5.10^{-4}
EDF / Fessenheim	Fessenheim	1,3	5.10^{-5}	4.10^{-5}	3.10^{-5}	7.10^{-6}	5.10^{-6}	2.10^{-6}
EDF / Flamanville	Flamanville	0,8	2.10^{-4}	7.10^{-5}	2.10^{-5}	6.10^{-5}	2.10^{-4}	7.10^{-5}
EDF / Golfech	Donzac	1,8	2.10^{-4}	2.10^{-4}	1.10^{-4}	1.10^{-4}	1.10^{-4}	4.10^{-5}
EDF / Gravelines	Gravelines	2,2	8.10^{-4}	1.10^{-3}	8.10^{-4}	7.10^{-4}	1.10^{-3}	2.10^{-3}
EDF / Nogent-sur-Seine	La Saulsotte	2,6	5.10^{-4}	4.10^{-4}	4.10^{-4}	5.10^{-4}	6.10^{-4}	4.10^{-4}
EDF / Paluel	Paluel	1,7	4.10^{-4}	3.10^{-4}	3.10^{-4}	2.10^{-4}	9.10^{-4}	5.10^{-4}
EDF / Penly	Petit-Caux	3,5	5.10^{-4}	4.10^{-4}	3.10^{-4}	3.10^{-4}	9.10^{-4}	2.10^{-4}
EDF / Saint-Alban / Saint-Maurice	Saint-Alban-du-Rhône	1,7	2.10^{-4}	3.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}
EDF / Saint-Laurent-des-Eaux	Saint-Laurent-Nouan	1,8	1.10^{-4}	1.10^{-4}	1.10^{-4}	9.10^{-5}	1.10^{-4}	6.10^{-5}
EDF / Tricastin	Bollène	1,3	2.10^{-4}	2.10^{-4}	1.10^{-4}	1.10^{-4}	2.10^{-4}	2.10^{-4}
Framatome Romans	Ferme Riffard	0,2	2.10^{-5}	3.10^{-5}	1.10^{-5}	1.10^{-5}	1.10^{-5}	5.10^{-6}
Ganil / Caen	IUT	0,4	8.10^{-3}	7.10^{-3}	7.10^{-3}	7.10^{-3}	7.10^{-3}	8.10^{-3}
ILL / Grenoble	Fontaine, Saint-Égrève, Grenoble (rejets gazeux) et Saint-Égrève (rejets liquides)	1 et 1,4	2.10^{-5}	3.10^{-5}	5.10^{-5}	2.10^{-4}	3.10^{-5}	2.10^{-4}
Orano Cycle / La Hague	Digulleville	2,6	2.10^{-2}	2.10^{-2}	1.10^{-2}	1.10^{-2}	1.10^{-2}	1.10^{-2}
Orano / Tricastin (Comurhex, Eurodif, Socatri, SET)	Clos de Bonnot	1,7	9.10^{-5}	8.10^{-5}	4.10^{-5}	6.10^{-5}	1.10^{-4}	8.10^{-5}

a. Pour les installations exploitées par EDF, jusqu'en 2008, seules les valeurs « adultes » étaient calculées. De 2010 à 2012, la dose de la « personne représentative » des personnes les plus exposées au sein de la population de chaque site parmi deux classes d'âge (adulte ou nourrisson) est mentionnée. À partir de 2013, la dose de la « personne représentative » est réalisée sur trois classes d'âge (adulte, enfant, nourrisson) pour toutes les INB. La valeur de dose indiquée est la valeur la plus contraignante des classes d'âge.
b. Pour les sites de Cadarache, Saclay, Fontenay-aux-Roses et Marcoule, les estimations de dose renseignées dans le tableau résultent d'une somme des estimations de dose transmises par le CEA. Ces estimations comportant au moins un terme inférieur à 0,01 µSv, les valeurs indiquées sont précédées du signe « inférieur à (<) ».
c. Le site n'ayant plus de rejets radioactifs depuis 2014, l'impact radiologique induit par les rejets radioactifs est donc nul depuis 2014.

Le contrôle sanitaire des eaux, qui est mis en œuvre par les agences régionales de santé (ARS), comprend une étape de criblage des eaux distribuées à l'aide des indices α global et β global et de la teneur en tritium. Les valeurs guides et références de qualité associées sont 0,1 becquerel par litre (Bq/L), 1 Bq/L et 100 Bq/L, respectivement. Si l'une de ces valeurs dans l'eau contrôlée vient à être dépassée, les radionucléides à l'origine de cette activité (naturels et/ou artificiels) sont recherchés et une dose indicative est calculée.

Les actions correctrices à mettre en œuvre lorsque la dose indicative calculée est supérieure à la référence de qualité de 0,1 mSv/an dépendent à la fois de l'origine de la radioactivité (naturelle ou artificielle) et/ou du niveau de dose atteint. Pour ce qui concerne le tritium, s'il peut être mesuré dans les eaux de consommation à des niveaux qui dépassent le bruit de fond environnemental (environ 1 Bq/L), aucune de ces mesures n'a mis en évidence de dépassement de la référence de qualité en vigueur pour ce radionucléide (100 Bq/L). *A fortiori*, aucune de ces mesures n'a mis en évidence de dépassement du niveau de référence sanitaire établi par l'OMS pour ce radionucléide (10 000 Bq/L).

Depuis 2019, la mesure du radon contenue dans les eaux du robinet et dans les eaux embouteillées est obligatoire. Pour accompagner cette nouvelle disposition, une instruction a été établie en concertation avec l'ASN et diffusée en 2018 aux agences régionales de santé par la Direction générale de la santé (DGS – avis n°2018-AV-0302 de l'ASN du 6 mars 2018 sur les modalités de gestion du radon dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine).

L'exposition due au radon

En France, la réglementation relative à la gestion du risque lié au radon, mise en place à partir du début des années 2000 pour certains établissements recevant du public (ERP), a été étendue en 2008 à certains lieux de travail. En 2016, le radon a été introduit dans la politique de la qualité de l'air intérieur.

La transposition de la directive n°2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants a conduit à modifier les dispositions applicables au radon provenant du sol depuis le 1er juillet 2018. Un niveau de référence à 300 Bq/m³ a été introduit. Il est applicable à toutes les situations, ce qui permet de gérer le risque sanitaire lié au radon provenant du sol par une approche globale. La réglementation s'est étoffée avec des dispositions concernant les trois secteurs principaux :

- pour le grand public, une avancée significative a été introduite : le radon est désormais intégré dans l'information des acquéreurs et locataires de biens immobiliers situés dans les zones où le potentiel radon est susceptible d'être le plus important (zone 3) ;
- dans les lieux de travail, la réglementation a été étendue aux activités professionnelles exercées au rez-de-chaussée (seules les activités exercées en sous-sols étaient jusqu'à présent concernées) ainsi que dans certains lieux spécifiques de travail. Quelle que soit la zone à potentiel radon où se situe le lieu de travail, l'évaluation des risques doit prendre en compte le radon. Au besoin, un mesurage peut être réalisé dans ce cadre, s'il y a un risque d'atteinte ou de dépassement du niveau de référence de 300 Bq/m³. Si le niveau de référence est dépassé, l'employeur doit établir un plan d'actions et agir pour réduire l'activité volumique en radon. Si les actions se révèlent inefficaces, il doit identifier, signaler et vérifier les « zones radon » dans lesquelles la concentration est supérieure à 300 Bq/m³, et mettre en œuvre, si nécessaire, des mesures de radioprotection adaptées à l'exposition des travailleurs ;
- dans certains ERP, des ajustements ont été apportés aux modalités de gestion du radon avec notamment l'ajout des établissements d'accueil d'enfants de moins de 6 ans dans le dispositif et une obligation d'informer le public par affichage des résultats de mesurage[10]. La nature des actions à mettre en œuvre en cas de dépassement du niveau de référence de 300 Bq/m³ est graduée en fonction des résultats des mesurages : actions correctives en cas de concentration de radon comprise entre 300 et 1 000 Bq/m³, expertise et travaux si les actions correctives ne permettent pas de revenir à un niveau de concentration de radon inférieur ou égal au niveau de référence ou si les résultats de mesurage sont supérieurs ou égaux à 1 000 Bq/m³.

L'ASN délivre des agréments aux organismes qui mesurent le radon dans certains ERP. En 2024, 14 agréments ont été délivrés, dont 11 de niveau 1 et 3 de niveau 2, portant leur nombre total à 72, dont 15 agréés de niveau 2 au 1er septembre 2024. La liste est disponible au *Bulletin officiel* de l'ASN sur asn.fr.

DIAGRAMME 3 **Évolution de la répartition des mesurages radon initiaux et décennaux par tranche de résultats depuis 2016**

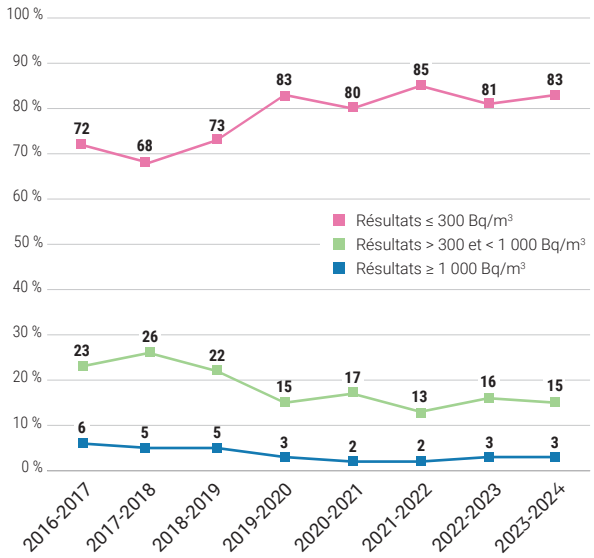
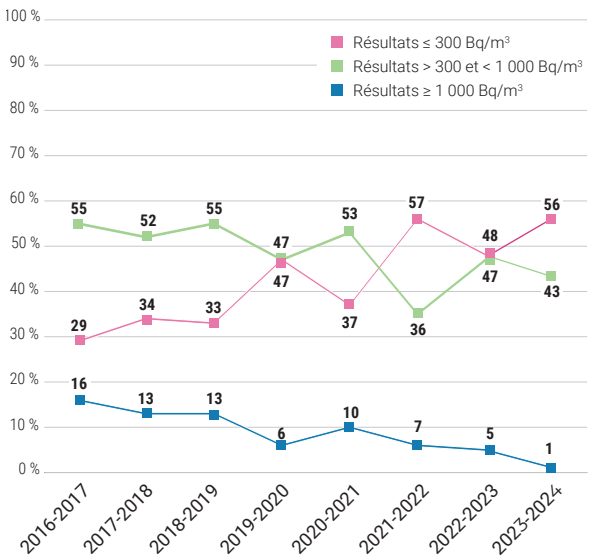


DIAGRAMME 4 **Évolution de la répartition des mesurages radon après actions correctives et travaux par tranche de résultats depuis 2016**



10. Arrêté du 26 février 2019 relatif aux modalités de gestion du radon dans certains établissements recevant du public et de diffusion de l'information auprès des personnes qui fréquentent ces établissements.

Les organismes de niveau 1 réalisent les mesurages pour évaluer la concentration moyenne annuelle dans les bâtiments. Quatre types de mesurages peuvent être effectués : mesurage initial, mesurage décennal, contrôle d'efficacité des actions correctives ou des travaux et mesurage après travaux modifiant significativement la ventilation ou l'étanchéité du bâtiment. En 2023-2024, 1181 mesurages de niveau 1 ont été déclarés dont plus de 80 % correspondent à des mesurages initiaux ou décennaux.

En cas de dépassement du niveau de référence, des mesurages supplémentaires, correspondant au niveau 2 des agréments, peuvent être effectués. Ils permettent de rechercher les sources, les voies d'entrée et de transfert du radon dans les bâtiments. Ils sont mis en œuvre en appui de l'expertise, notamment pour les bâtiments de grande surface au sol avec des soubassements complexes. Sur les cinq dernières années, entre 30 et 100 mesurages supplémentaires ont été effectués chaque année.

Les données transmises chaque année à l'ASN par ces organismes dans leur rapport annuel portent sur les mesurages réalisés dans les ERP soumis à la surveillance de l'exposition du public, définis à l'article D. 1333-32 du code de la santé publique (agréments de niveaux 1 et 2). L'analyse des données de niveau 1 sur les huit dernières campagnes de mesurages continue à montrer une tendance à l'amélioration de la situation avec une hausse progressive du nombre d'établissements présentant un résultat inférieur ou égal au niveau de référence de 300 Bq/m³ dans le cadre des mesurages initiaux et décennaux (*voir diagramme 3*). Lors de la dernière campagne 2023-2024, la concentration volumique en radon était inférieure ou égale au niveau de référence de 300 Bq/m³ dans 91 % des établissements d'accueil des enfants de moins de 6 ans, 87 % des établissements sanitaires, sociaux et médico-sociaux ainsi que des établissements pénitentiaires, dans 77 % des établissements d'enseignement et dans 67 % des établissements thermaux mesurés.

En cas de dépassement du niveau de référence, l'établissement est tenu de réaliser des actions correctives ou des travaux, puis d'en vérifier l'efficacité par un nouveau mesurage. L'analyse des résultats issus des contrôles d'efficacité sur les huit dernières années montre que les résultats évoluent favorablement avec une part des contrôles d'efficacité dont les résultats sont inférieurs ou égaux au niveau de référence de 300 Bq/m³ qui augmentent au fil des campagnes (de 29 % en 2016 à 56 % en 2024). Toutefois, sur la dernière campagne, un peu moins de la moitié des contrôles d'efficacité (44 %) donnent lieu à des résultats supérieurs au niveau de référence bien qu'on note une nette diminution de la part de ceux avec des résultats supérieurs ou égaux à 1 000 Bq/m³ qui passent de 5 à 1 % (*voir diagramme 4*).

Sur les huit dernières campagnes de mesurages, les catégories d'établissements ayant fait l'objet de mesurages initiaux ou décennaux se répartissent de la façon suivante : 59,8 % d'établissements d'enseignement (de la maternelle au lycée), 27,5 % d'établissements sanitaires, sociaux et médico-sociaux, 11,9 % d'établissements d'accueil d'enfants de moins de 6 ans, 0,3 % d'établissements thermaux et 0,5 % d'établissements pénitentiaires (*voir diagramme 5*).

Plus globalement, la stratégie de gestion du risque lié au radon est déclinée dans un plan national d'action. Sa mise en œuvre doit permettre d'améliorer l'information du grand public et des acteurs concernés, de progresser dans la connaissance de l'exposition au radon dans l'habitat et de suivre son évolution.

Le 4e plan national d'action a été publié début 2021. Il s'inscrit dans le cadre du 4e plan national santé environnement qui coordonne désormais tous les plans sectoriels portant sur la santé ou l'environnement, lui-même porté par la stratégie nationale de santé publique. Il devait couvrir la période 2020-2024, mais la crise sanitaire a retardé l'achèvement du dispositif réglementaire et le lancement de certaines actions. Aussi, le plan a été prolongé pour une durée de deux ans et se terminera en 2026. Pendant cette période, le plan va bénéficier d'une évaluation, qui portera sur la pertinence, l'efficacité et l'efficience de ses actions. Les enseignements seront exploités pour élaborer le plan suivant.

Enseignements du premier bilan des indicateurs du plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon

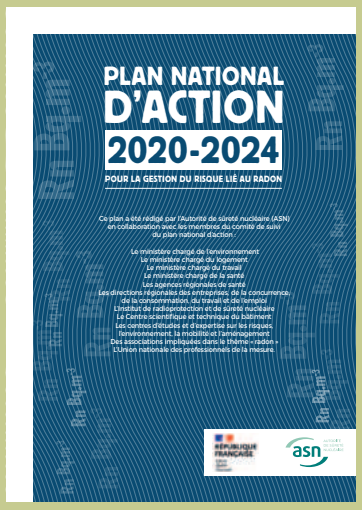
Un système d'indicateurs spécifiques, choisis en fonction de leur pertinence et des données disponibles permettant leur suivi, a été mis en place.
Les indicateurs pourront être complétés au fil des années, en fonction des nouvelles données disponibles.
Un premier bilan publié en 2024 présente les enseignements suivants :

Établissements recevant du public

Dans les ERP soumis à la surveillance de l'exposition au radon, 82 % des établissements qui ont réalisé un mesurage sur la période 2019-2020 à 2022-2023 présentent un résultat inférieur au niveau de référence de 300 Bq/m³ et n'ont donc pas de suite à donner. Les 18 % qui présentent un résultat supérieur au niveau de référence de 300 Bq/m³ doivent mettre en place des actions correctives sur le bâtiment, en vue de descendre en dessous de cette valeur. Parmi eux, 2,5 % présentent un résultat supérieur ou égal à 1 000 Bq/m³ et doivent faire réaliser une expertise du bâtiment afin d'identifier les travaux adaptés. À ce jour, seule la moitié des établissements réussit à revenir en dessous du niveau de référence après actions correctives ou travaux (voir également point 3.2.2 du présent chapitre).

Lieux de travail

Dans les lieux de travail, l'employeur doit prendre en compte le radon dans l'évaluation des risques professionnels. Certains textes et guides d'application étant en cours d'achèvement, il faudra encore quelques années pour que tous les employeurs aient réalisé l'évaluation du risque radon. Ainsi, le nombre de déclarations auprès de l'IRSN des lieux de travail avec un résultat supérieur à 300 Bq/m³ après travaux de réduction déclarés est encore très faible à ce jour. À partir de juin 2024, la base du système d'information de la surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, deuxième version (Siseri 2) permettra d'identifier le nombre de travailleurs réellement exposés au radon.

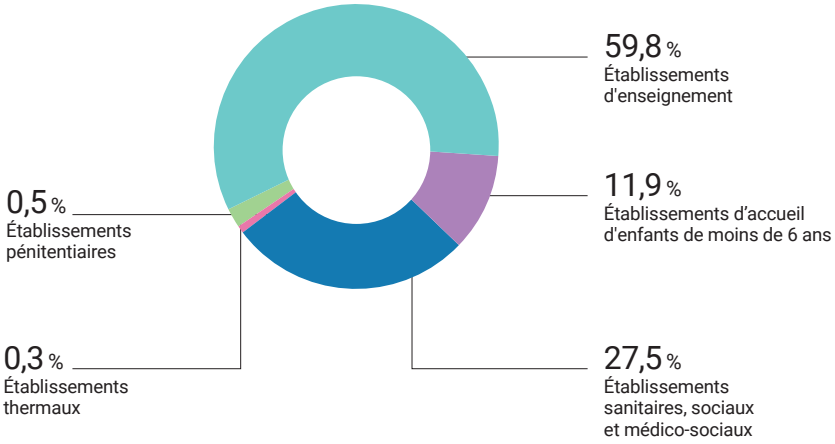


Habitat

Dans l'habitat, des collectivités territoriales et les agences régionales de santé sont soutenues chaque année dans l'organisation d'opérations locales de sensibilisation et d'accompagnement du public. Le nombre de détecteurs distribués gratuitement dans le cadre de ces opérations a fortement augmenté entre 2019-2020 et 2022-2023, en passant de 2 520 à 4 415 détecteurs. Les résultats collectés contribuent à la connaissance de l'exposition de la population.
Par ailleurs, le risque sanitaire lié au radon est l'un des moins connus par les Français parmi les risques liés à l'environnement. Une lente amélioration est néanmoins constatée et le niveau d'information est globalement meilleur dans les territoires concernés par le radon.

Le bilan complet est disponible sur asn.fr.

DIAGRAMME 5 **Répartition des mesurages initiaux et décennaux par catégorie d'ERP de 2016-2017 à 2023-2024**



Ce plan s'inscrit dans la continuité des plans précédents (le bilan du 3e plan est disponible sur *asn.fr*). Il se décline en 13 actions regroupées autour de trois axes :

L'axe 1 vise à mettre en place une stratégie d'information et de sensibilisation. L'enjeu sanitaire que représente le radon nécessite de poursuivre les actions de sensibilisation et d'information en direction de l'ensemble des acteurs (collectivités territoriales, employeurs, professionnels du bâtiment, professionnels de santé, enseignants, etc.) et du grand public, tant au niveau national que local, avec la promotion et l'accompagnement des actions territoriales de gestion intégrée du risque lié au radon dans l'habitat.

Les fumeurs feront l'objet d'une communication spécifique, car ils constituent la population la plus à risque de développer un cancer du poumon lié à une exposition cumulée au radon et au tabac. La mise en œuvre opérationnelle du système d'information regroupant l'ensemble des résultats de mesures de radon, ainsi que la consolidation et la centralisation des mesures existantes, apparaissent par ailleurs essentielles pour l'information de la population.

L'axe 2 vise à poursuivre l'amélioration des connaissances. La publication en 2018 d'une nouvelle cartographie à l'échelle communale, fondée sur trois zones à potentiel radon, a permis la mise en œuvre d'une approche graduée de la gestion du risque radon. Cette cartographie doit toutefois être améliorée de manière à mieux prendre en compte certains facteurs géologiques particuliers pouvant faciliter le transfert du radon vers les bâtiments (zones karstiques en particulier). De plus, le 4e plan radon prévoit d'actualiser à terme la connaissance de l'exposition de la population en France en organisant la collecte des données de mesures réalisées, notamment dans le cadre des opérations locales de sensibilisation organisées par les ARS et les collectivités territoriales pour couvrir les zones où les données sont insuffisantes. Ces opérations consistent à proposer des kits de dépistage aux habitants d'un territoire donné pour les sensibiliser au risque radon.

Enfin, **l'axe 3** doit permettre de mieux prendre en compte la gestion du risque radon dans les bâtiments. Afin d'accompagner la montée en compétence des adhérents des organisations de professionnels du bâtiment, ces dernières ont récemment développé des formations abordant les méthodes de prévention et de réduction de la concentration et divers supports pour répondre aux besoins. Les différents outils francophones ont été recensés. Pour compléter l'offre, un guide destiné aux professionnels et aux particuliers a été publié en 2023. Il propose des recommandations en matière de prévention dans les constructions neuves et de remédiation dans les bâtiments existants. Les avancées dans la connaissance de l'efficacité des normes de construction sur la réduction de la concentration en radon dans l'air intérieur seront consolidées.

Un système d'indicateurs spécifiques, choisis en fonction de leur pertinence et des données disponibles permettant leur suivi, a été mis en place. Leur évolution sur plusieurs années permettra de suivre l'efficacité de la stratégie nationale mise en œuvre dans le cadre du plan national d'action. Le premier bilan des indicateurs a été publié en septembre 2024 (*voir encadré page précédente*).

3.3 Les doses reçues par les patients

En France, l'exposition à des fins médicales représente la part la plus importante des expositions artificielles de la population aux rayonnements ionisants. Elle fait l'objet depuis 2002 d'un bilan régulier par l'IRSN. Si l'exposition progresse depuis 30 ans, elle tend à se stabiliser depuis 2012 alors que, dans le même temps, le nombre d'actes a fortement augmenté. La médecine nucléaire, troisième contributeur à la dose efficace collective, est la modalité ayant connu l'augmentation la plus importante entre 2012 et 2017, à la fois en fréquence et en contribution à la dose efficace collective.

La dose efficace moyenne par habitant du fait des examens radiologiques à visée diagnostique a été évaluée à 1,53 mSv pour l'année 2017 (Étude ExPRI – IRSN 2020) pour un volume d'actes diagnostiques de l'ordre de 85 millions en 2017 (81,6 millions en 2012), soit 1 187 actes pour 1 000 bénéficiaires et par an. Il faut noter que l'exposition individuelle en 2017 comme auparavant est très hétérogène. Ainsi, si environ 32,7 % de la population française a bénéficié d'au moins un acte (hors actes dentaires), la moitié des patients reçoit une dose inférieure ou égale à 0,1 mSv, 75 % reçoit 1,5 mSv ou moins, tandis que les 5 % des patients les plus exposés reçoivent une dose supérieure à 18,1 mSv.

La radiologie conventionnelle (55,1 %), la scanographie (12,8 %) et la radiologie dentaire (29,6 %) regroupent le plus grand nombre d'actes. C'est la contribution de la scanographie à la dose efficace collective qui reste prépondérante et plus significative en 2017 (75 %) qu'en 2012 (71 %), alors que celle de la radiologie dentaire reste très faible (0,3 %).

TABLEAU 5 **Nombre d'actes et dose efficace collective associée pour chaque modalité d'imagerie (valeurs arrondies) en France en 2017**

Modalité d'imagerie	Actes		Dose efficace collective totale : 102 198 Sv
	Nombre	%	%
Radiologie conventionnelle (hors dentaire)	46 681 000	55,1	11,8
Radiologie dentaire	25 023 000	29,6	0,3
Scanographie	10 866 000	12,8	74,2
Radiologie interventionnelle diagnostique	435 000	0,5	2,4
Médecine nucléaire	1 662 000	2,0	11,3
Total	**84 667 000**	**100,0**	**100,0**

Source : IRSN 2020.

Chez les adolescents, les actes de radiologie conventionnelle et dentaire sont les plus nombreux (environ 1 000 actes pour 1 000 individus en 2017). Malgré leur fréquence, ces actes dans cette population ne représentent que 0,5 % de la dose collective.

On notera enfin :
• un effectif national estimé à plus de 30 000 patients a été exposé à une dose efficace cumulée de plus de 100 mSv en 2017 en raison d'examens scanners multiples. Ce chiffre atteint 500 000 si une durée de cumul de six ans est considérée. Cette population fortement exposée semble être en augmentation régulière et relativement rapide depuis 2012. L'essentiel de cette population est âgée, cependant un quart a moins de 55 ans. La question des éventuels effets radio-induits à long terme se pose donc pour cette population spécifique. Il est utile de rappeler que ces patients sont souvent suivis pour des pathologies lourdes et que les examens scanner sont importants pour leur prise en charge ;
• à partir d'un échantillon de 120 000 enfants nés entre 2000 et 2015, l'IRSN rapporte qu'en 2015, 31,3 % des enfants de l'échantillon ont été exposés aux rayonnements ionisants à des fins diagnostiques (en hausse de 2 % par rapport à l'année 2010). La dose efficace moyenne est estimée à 0,43 mSv et la médiane à 0,02 mSv (en baisse pour la moyenne, mais équivalente pour la valeur médiane). Selon la catégorie d'âge, cette valeur médiane varie fortement. Pour les moins d'un an, elle est de 0,55 mSv (valeur la plus haute) et entre 6-10 ans elle est égale à 0,012 mSv.

Il faut cependant tenir compte dans ces études des incertitudes importantes sur les valeurs de dose efficace moyenne par type d'acte, ce qui justifie de progresser dans les estimations de doses lors de la prochaine étude d'exposition de la population générale.

Une attention particulière doit être exercée pour contrôler et réduire les doses liées à l'imagerie médicale diagnostique, notamment lorsque des techniques alternatives peuvent être utilisées pour une même indication.

La maîtrise des doses de rayonnements ionisants délivrées aux personnes lors d'un examen médical reste une priorité pour l'ASN.

3.4 L'exposition des espèces non humaines (animales et végétales)

Le système international de radioprotection a été construit en vue d'assurer la protection de l'homme vis-à-vis des effets des rayonnements ionisants. La prise en compte de la radioactivité dans l'environnement est jusqu'à présent évaluée par rapport à son impact sur les êtres humains et, en l'absence d'élément contraire, il est aujourd'hui considéré que les normes actuelles garantissent la protection des autres espèces. La protection de l'environnement vis-à-vis du risque radiologique, et notamment la protection des espèces non humaines, doit toutefois pouvoir être garantie indépendamment des effets sur l'homme. Rappelant que cet objectif est déjà intégré dans la législation nationale, l'ASN veille à ce que l'impact des rayonnements ionisants sur les espèces non humaines soit effectivement pris en compte dans les études d'impact des installations et activités nucléaires. À partir du rapport d'expertise de l'IRSN, le Groupe permanent d'experts pour la radioprotection des travailleurs et du public (GPRADE, désormais appelé GPRP) a adopté un avis en septembre 2015. Suivant les recommandations de cet avis, l'ASN a mis en place à la fin de l'année 2017 un groupe de travail pluraliste et pluridisciplinaire piloté par l'IRSN pour élaborer un guide méthodologique de l'évaluation de l'impact des rayonnements ionisants sur la faune et la flore, fondé sur une approche graduée. Le projet de *Guide méthodologique pour l'évaluation du risque radiologique pour la faune et la flore sauvages – Concepts, éléments de base et mise en œuvre au sein de l'étude d'impact* a été remis à l'ASN à la fin de l'année 2020 et présenté au GPRADE en juin 2021. La version finale du guide a été publiée en janvier 2022 sur le site de l'ASN, prenant en compte les recommandations de l'avis du GPRADE sur le caractère opérationnel de la méthodologie présentée.



Actions de l'ASN pour la prévention du risque lié au radon dans les territoires

Les divisions territoriales de l'ASN les plus concernées par le risque radon ont participé en 2024, aux côtés d'autres administrations (Dreal, ARS, Dreets, collectivités locales) et d'organisations partenaires (Cerema, Comité scientifique et technique du bâtiment – CSTB, associations professionnelles, etc.), à plusieurs actions de sensibilisation au risque radon ciblant différents publics (élus, professionnels du bâtiment, employeurs, responsables d'ERP et particuliers).

En complément de ces actions de sensibilisation, dans la continuité de la démarche de contrôle initiée dans ce domaine depuis quelques années, plus d'une trentaine d'inspections, ciblant les grands gestionnaires de parcs d'ERP et les lieux de travail spécifiques, ont été organisées. En outre, les inspecteurs mettent en général à profit les inspections des activités nucléaires pour informer les employeurs des dispositions réglementaires en matière de radon qui les concernent.

ACTIONS DE **SENSIBILISATION**

Auvergne-Rhône-Alpes

DIVISION DE LYON

• Participation aux actions de sensibilisation ciblant les référents radon des services de prévention et de santé au travail (SPST) dans le cadre du 4e plan régional de santé au travail (PRST 4).

Bourgogne-Franche-Comté

DIVISION DE DIJON

• **Invitation des parties prenantes à adopter une approche prudente du fait de la présence de sous-sols karstiques en région Bourgogne-Franche-Comté.** Les karsts sont en effet susceptibles d'influer sur les niveaux de radon dans l'air et ne sont pas pris en compte actuellement dans la cartographie du potentiel radon à l'échelle communale. Une étude complémentaire de l'IRSN est en cours pour déterminer l'influence des karsts sur le potentiel radon (action 9 du plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon).

• **Participation au réseau régional « Éclaireurs QAI-radon » qui facilite la co-construction d'actions de sensibilisation sur la thématique du radon et de la qualité de l'air intérieur en Bourgogne-Franche-Comté.** Dans ce cadre, la division de Dijon a notamment contribué à organiser un webinaire portant sur les dispositions réglementaires en matière de gestion du risque lié au radon en partenariat avec l'ARS et la Direction générale du travail (DGT). Ce réseau poursuit par ailleurs ses actions de sensibilisation sur le radon et joue un rôle de facilitateur dans la mobilisation des partenaires autour d'actions de remédiation dans l'habitat.

Bretagne / Pays de la Loire

DIVISION DE NANTES

• Cofinancement, dans le cadre des 4e plans régionaux santé environnement (PRSE 4) des régions Pays de la Loire et Bretagne, de **huit nouvelles actions d'accompagnement des particuliers à la réalisation de campagnes de mesurages volontaires du radon dans l'habitat** et participation à plusieurs réunions publiques de lancement de ces campagnes avec l'appui du siège de l'ASN et du CSTB.

• Implication dans les différents groupes de travail constitués dans le cadre des PRST 4 des deux régions ayant notamment permis d'aboutir en Pays de la Loire à la **réalisation d'une vidéo sur la méthodologie de mesurage et d'une foire aux questions** destinées aux employeurs.

• **Sensibilisation des salariés et des agents du secteur public travaillant à proximité de la division** (Dreal, ANCOLS[1], DRAAF[2], OFB[3], Maison de l'Administration Nouvelle dont fait notamment partie le Cerema[4]) sur les risques liés au radon, à travers cinq permanences organisées dans le cadre de la journée d'action face aux risques et de la journée européenne du radon qui se tenaient, respectivement, le 13 octobre et le 7 novembre 2024.

• **Élaboration d'un outil d'aide à la communication** à destination des structures accompagnant la mise en œuvre des campagnes de sensibilisation et de mesurage du radon dans l'habitat.

Grand Est

DIVISIONS DE STRASBOURG ET DE CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE

• Dans le cadre des PRSE et PRST de la région Grand Est, organisation avec l'ARS et la Dreets d'un **séminaire d'une journée ayant réuni 80 personnes** de différents horizons (représentant des collectivités, des entreprises et des services de prévention et de santé au travail) sur les enjeux en matière de santé publique et de santé au travail, la réglementation applicable et les enseignements issus des retours d'expérience.

Nouvelle-Aquitaine / Occitanie

DIVISION DE BORDEAUX

• Dans le cadre du PRST 4 de la région Nouvelle-Aquitaine, participation au projet piloté par la Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Aquitaine visant à **élaborer et diffuser une vidéo de sensibilisation sur les dangers du radon** à destination des employeurs et à développer une application web sur la démarche de prévention du risque radon en milieu professionnel.

Normandie

DIVISION DE CAEN

• **Participation aux différents groupes de travail** constitués dans le cadre du PRST 4 de la région Normandie.

Provence-Alpes-Côte d'Azur / Occitanie

DIVISION DE MARSEILLE

• **Sensibilisation de deux agents chargés de la fonction d'inspection (ACFI) du service prévention des risques professionnels** du Centre de gestion du Gard (CDG 30) à la réglementation relative au radon issue des codes de l'environnement, de la santé publique et du travail. Ce service a en charge les inspections en santé et sécurité au travail des 301 collectivités du département.

1. *Agence nationale de contrôle du logement social.*
2. *Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt.*
3. *Office français de la biodiversité.*
4. *Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.*

ACTIONS DE **CONTRÔLE**

Auvergne-Rhône-Alpes

DIVISION DE LYON

• **Réalisation de trois inspections de collectivités responsables d'établissements d'enseignement et d'accueil collectif d'enfants** de moins de six ans soumis à l'obligation de surveillance du radon : la ville de Clermont-Ferrand et les conseils départementaux de la Loire et de la Drôme. A l'exception du conseil départemental de la Drôme qui ne respectait pas les dispositions réglementaires et qui s'est engagé à se mettre en conformité, les collectivités inspectées se sont approprié la réglementation même si le suivi de sa mise en œuvre doit être plus rigoureux.

• **Réalisation de deux inspections de lieux de travail spécifiques :** la carrière de VICAT des Combes et le barrage EDF de Grangent. La démarche de prévention du risque a été appréhendée de manière satisfaisante sur le site d'EDF, en revanche elle n'a été que partiellement mise en œuvre dans la carrière ; par conséquent, des engagements ont été pris pour finaliser la démarche.

Bourgogne-Franche-Comté

DIVISION DE DIJON

• **Réalisation de trois inspections de gestionnaires d'ERP soumis à l'obligation de surveillance du radon :** les communautés de communes Rahin et Chérimont, Bazois-Loire-Morvan et le centre hospitalier Fondation d'Aligre. Ces inspections ont mis en évidence une connaissance insuffisante des exigences réglementaires applicables au titre des codes de la santé publique et du travail. Des engagements ont été pris afin de procéder au mesurage initial de l'activité volumique en radon dans les ERP concernés et à l'inventaire des lieux de travail exposés en vue d'évaluer le risque pour les travailleurs. Les communautés de communes se sont par ailleurs montrées prêtes à soutenir les maires de leurs territoires en mettant à leur disposition un marché négocié pour la réalisation des mesurages qui relèvent de leur responsabilité.

• **Réalisation de deux inspections dans des établissements thermaux** engagés depuis plusieurs années dans la déclinaison des obligations réglementaires (Bourbon-Lancy et Saint-Honoré-les-Bains). Dans les deux cas, à la suite des mesurages initiaux, des travaux d'ampleur ont été réalisés sur les circuits d'eau pour réduire significativement la concentration en radon dans la partie accueillant le public. Ces travaux vont se poursuivre en vue d'abaisser la concentration en radon en-dessous du niveau de référence. L'évaluation de l'exposition au radon des travailleurs est également engagée.

• **Réalisation de deux inspections de lieux de travail spécifiques :** les barrages du lac des Settons et de Champagney, administrés par des organismes de l'État. Ces inspections ont mis en évidence une bonne compréhension des exigences réglementaires par les différents responsables. La démarche d'évaluation du risque radon devrait y être finalisée d'ici la fin de l'année.

Bretagne / Pays de la Loire

DIVISION DE NANTES

• **Réalisation de deux inspections de gestionnaires d'ERP soumis à l'obligation de surveillance du radon : le groupe Babilou Evancia et la ville de Rezé.** Les mesurages à effectuer au titre du code de la santé publique y ont été initiés depuis plusieurs années, toutefois des progrès sont attendus concernant notamment le périmètre des bâtiments concernés, le suivi des actions de remédiation et l'information du public.

• **Réalisation de deux inspections dans des lieux de travail spécifiques : les usines d'embouteillage d'eau minérale Roxane Nord et Plancoët.** La démarche d'évaluation du risque y est bien déclinée bien que quelques points d'amélioration aient été identifiés concernant les hypothèses retenues pour la stratégie de mesurage et l'information du Comité social et économique (CSE).

• **Réalisation d'une inspection de l'organisme de gestion de l'enseignement catholique OGEC des Côtes-d'Armor :** le gestionnaire avait déjà procédé aux mesures initiales de radon au titre du code de la santé publique et a prévu pour l'hiver 2024-2025 la pose de détecteurs pour contrôler l'efficacité des actions correctives.

Grand Est

DIVISIONS DE STRASBOURG ET DE CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE

• **Réalisation de quatre inspections des conseils départementaux de Haute-Marne, de Moselle, des Ardennes et de Meurthe-et-Moselle.** Trois conseils départementaux sur les quatre inspectés (Haute-Marne, Moselle et Meurthe-et-Moselle) ont bien identifié le risque d'exposition au radon des ERP. Les dépistages initiaux ont été effectués et les résultats montrent que, pour les deux premiers conseils départementaux, des actions de remédiation doivent être menées dans six ERP. Le conseil départemental de Meurthe-et-Moselle a déjà réalisé les travaux de remédiation et les mesurages validant leur efficacité : les ERP concernés présentent des concentrations en radon inférieures au seuil de 300 Bq/m^3.

• **Réalisation de trois inspections d'établissements thermaux (Morsbronn-les-Bains, Niederbronn-les-Bains et Bourbonne-les-Bains)** concernés par les dispositions du code de la santé publique et par les modalités particulières de prévention du risque radon dans les lieux de travail spécifiques. Le risque radon y a été évalué et des travaux de remédiation ont été menés lorsque c'était nécessaire. Des lacunes ont toutefois été identifiées concernant notamment la mise à jour des évaluations des risques, la clarification des responsabilités entre le propriétaire des locaux et l'exploitant, ainsi que l'amélioration de la traçabilité des actions entreprises pour gérer le risque radon.

Hauts-de-France

DIVISION DE LILLE

• **Réalisation d'une inspection d'un gestionnaire d'ERP soumis à l'obligation de mesurage du radon, également lieu de travail spécifique : l'établissement thermal de Saint-Amand-les-Eaux.** Plusieurs campagnes de mesurages y ont été menées pour contrôler l'exposition des curistes et des travailleurs avec des résultats toujours inférieurs au niveau de référence. Quelques points d'amélioration ont toutefois été identifiés concernant la traçabilité des informations et l'information du public et du médecin du travail.

Nouvelle-Aquitaine / Occitanie

DIVISION DE BORDEAUX

• En Occitanie, réalisation d'une inspection d'un gestionnaire public d'ERP soumis à l'obligation de surveillance du radon avec l'appui de l'ARS : le conseil départemental du Tarn. La réglementation est correctement déclinée dans les ERP concernés et les actions de remédiation systématiquement engagées lorsque des concentrations supérieures au niveau de référence sont identifiées.

• En Nouvelle-Aquitaine, réalisation d'une inspection du conseil départemental de la Dordogne. Tous les collèges concernés par une obligation de mesurage en tant qu'ERP ont fait l'objet d'une campagne de dépistage en 2019. Seul un collège a nécessité la mise en œuvre d'actions de remédiation dont l'efficacité sera vérifiée lors d'une nouvelle campagne prévue en 2025.

Normandie

DIVISION DE CAEN

• Réalisation d'une inspection d'un lieu de travail spécifique : l'ancienne mine de fer à May-sur-Orne dans le cadre d'un chantier de comblement d'un tronçon de galerie. Les dispositions réglementaires applicables en matière de radioprotection y sont connues et prises en compte de manière très satisfaisante.

• Réalisation d'une inspection de la Ville de Cherbourg-en-Cotentin. La collectivité est en retard dans l'application de la réglementation, les mesurages initiaux dans les établissements concernés sont prévus dans le courant de l'hiver 2024-2025.

Provence-Alpes-Côte d'Azur / Occitanie

DIVISION DE MARSEILLE

• Réalisation d'une inspection d'un gestionnaire d'ERP soumis à l'obligation de mesurage du radon avec l'appui de l'ARS Occitanie : le conseil départemental du Gard. Les dispositions réglementaires applicables sont connues et les mesurages ont été réalisés ; toutefois, le suivi dans le temps des actions à mener au regard des résultats est perfectible.

• Réalisation d'une inspection de la ville de Hyères : un historique de mesurages montre des résultats inférieurs au niveau de référence ; néanmoins, les obligations d'information du public et de contrôle de pérennité n'ont pas été mises en œuvre.

En 2024, les actions de contrôle de l'ASN ont par ailleurs conduit à identifier deux entreprises ayant effectué des mesurages réglementaires du radon dans des ERP alors qu'ils ne disposaient pas de l'agrément de niveau 1. La réalisation de prestations de mesurage du radon sans disposer d'un agrément constitue une infraction susceptible d'être punie de l'amende prévue par les contraventions de la cinquième classe (article R. 1337-14-2 du code de la santé publique). Un procès-verbal a été dressé à l'encontre de l'une d'entre elles et transmis au procureur de la République compétent.

En outre, 12 organismes agréés pour le mesurage du radon (dont 3 de niveaux 1 et 2) ont été inspectés. Le champ du contrôle de l'ASN a porté sur la vérification du respect des exigences applicables issues du code de la santé publique, notamment ses articles L. 1333-29 à 31 et R. 1333-166, de l'arrêté du 26 février 2019 relatif aux modalités de gestion du radon dans certains ERP, et de trois décisions de l'ASN dont deux sont entrées en application début 2023 : n° 2015-DC-0506 de l'ASN du 9 avril 2015, n°2022-DC-0743 de l'ASN du 13 octobre 2022 et n° 2022-DC-0745 de l'ASN du 13 octobre 2022.

Le bilan de ces inspections est globalement satisfaisant.

Les demandes qui ont été formulées par l'ASN, que ce soit dans les lettres de suite de précédentes inspections, dans les courriers de notification d'agrément ou à l'issue de signalements sont dans l'ensemble bien prises en compte. Les textes réglementaires et les normes applicables sont quasiment toujours correctement référencés et accessibles. Les personnes en charge de la pose et dépose des détecteurs de radon, puis de la rédaction et de la validation des rapports, disposent toutes d'un certificat de formation valide. Sur le plan méthodologique, les matériels employés sont toujours conformes aux exigences réglementaires et correctement stockés. La période de pose réglementaire est toujours respectée. Les rapports d'intervention sont clairs, quasiment complets (quelques oublis et des répétitions sont toutefois ponctuellement encore notés) et remis dans le respect du délai réglementaire. La transmission des résultats de mesurages dans l'outil « Démarches-simplifiées » progresse malgré des points perfectibles concernant le délai de saisie et la complétude des champs à renseigner. Dans les structures où les effectifs de personnels qualifiés le permettent, des dispositions sont parfois prises pour veiller à la qualité des prestations et des rapports (réunion d'information et binômage en début de nouvelle saison, relecture croisée des rapports, etc.) ; ces initiatives, encore isolées, doivent être encouragées. Concernant la qualité, même en l'absence de système certifié, les activités de mesurage du radon sont la plupart du temps cadrées par une organisation et des procédures, y compris au sein des structures les plus petites. Enfin, les rapports annuels d'activité sont transmis à l'ASN dans les délais impartis.

Parmi les principaux axes de progrès identifiés en 2024, l'analyse du cadre réglementaire du mesurage est un sujet important. De nombreux rapports étudiés en amont des inspections et comptabilisés dans les rapports annuels des organismes concernent des ERP non soumis à l'obligation de surveillance du radon et, le périmètre du mesurage (un ou deux établissements, nombre de bâtiments) n'est pas toujours correctement circonscrit. Or, ces aspects déterminent la valeur attribuée à l'ERP (une ou deux valeurs) et les suites à donner (obligatoires ou recommandées). Comme en 2023, les modalités de détermination des zones homogènes et la méthodologie de calcul des valeurs d'activité volumique à attribuer à une zone homogène figurent parmi les principaux axes de progrès identifiés. En effet, une erreur de méthodologie sur ce calcul peut conduire à des conclusions erronées et des suites à donner inadaptées, ce qui constitue un écart particulièrement préjudiciable. La doctrine applicable en cas de perte ou de détecteurs endommagés, décrite dans la foire aux questions publiée par l'ASN, n'est pas systématiquement déclinée dans les procédures de mesurage des organismes. Enfin, les informations relatives aux suites à donner figurant dans les rapports ne sont pas toujours exhaustives et les délais dont disposent les commanditaires pour les contrôles d'efficacité parfois encore incorrects. Le départ de personnels qualifiés expérimentés (retraite, démission, etc.) ressort cette année comme un point de vigilance car, mal anticipé, il peut directement influer sur la qualité des prestations de mesurage effectuées. L'utilisation plus systématique par les organismes agréés de la foire aux questions et de la grille d'auto-évaluation diffusées, respectivement, en février et en avril 2024, pourraient permettre d'éviter certains constats d'écarts portant tant sur la méthodologie que sur le contenu des rapports.

Enfin, pour la première fois, dans le cadre de la stratégie de lutte contre les fraudes et les falsifications, l'ASN a procédé cette année au cours d'une inspection à des contrôles documentaires croisés visant à approfondir la traçabilité de certaines justifications liées à des prestations de mesurage du radon. Ce contrôle n'a pas conduit à mettre en évidence une irrégularité. En complément de ces contrôles, la réalisation de contrôles lors de l'intervention d'organismes agréés pour examiner la stratégie et les modalités de pose des détecteurs n'est pas exclue à l'avenir.

02

Les principes de la sûreté nucléaire et de la radioprotection et les acteurs du contrôle

Sommaire

1 Les principes de la sûreté nucléaire et de la radioprotection p. 125

1.1 Les principes fondamentaux

1.1.1 Le principe de responsabilité de l'exploitant
1.1.2 Le principe du « pollueur-payeur »
1.1.3 Le principe de précaution
1.1.4 Le principe de participation
1.1.5 Le principe de justification
1.1.6 Le principe d'optimisation
1.1.7 Le principe de limitation
1.1.8 Le principe de prévention

1.2 Quelques aspects de la démarche de sûreté

1.2.1 La culture de sûreté
1.2.2 Le concept de défense en profondeur
1.2.3 L'interposition de barrières
1.2.4 La démarche déterministe et la démarche probabiliste
1.2.5 Le retour d'expérience
1.2.6 Les facteurs sociaux, organisationnels et humains

2 Les acteurs du contrôle p. 130

2.1 Le Parlement

2.2 Le Gouvernement

2.2.1 Les ministres chargés de la sûreté nucléaire et de la radioprotection
2.2.2 Les services déconcentrés de l'État

2.3 De l'Autorité de sûreté nucléaire à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

2.3.1 Vers des missions élargies
2.3.2 L'organisation
2.3.3 Le fonctionnement en 2024

2.4 Les instances consultatives et de concertation

2.4.1 Le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire
2.4.2 Le Haut Conseil de la santé publique
2.4.3 Le Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques
2.4.4 Les commissions locales d'information et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli)

2.5 Les appuis techniques de l'ASN

2.5.1 L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
2.5.2 Les groupes permanents d'experts
2.5.3 Le comité scientifique
2.5.4 Les autres appuis techniques de l'ASN

2.6 Les groupes de travail pluralistes

2.6.1 Le groupe de travail sur le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs
2.6.2 Le Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire
2.6.3 Le Comité d'analyse des nouvelles techniques et pratiques utilisant des rayonnements ionisants
2.6.4 Les autres groupes de travail pluralistes

2.7 Les autres acteurs

2.7.1 L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé
2.7.2 La Haute Autorité de santé
2.7.3 L'Institut national du cancer

2.8 Les autorités de sûreté : une comparaison internationale

3 Le financement du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection p. 145

4 Perspectives p. 146


asn
asn

La sécurité nucléaire est définie dans le code de l'environnement comme comprenant « *la sûreté nucléaire, la radioprotection, la prévention et la lutte contre les actes de malveillance ainsi que les actions de sécurité civile en cas d'accident* ». La sûreté nucléaire est « *l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base ainsi qu'au transport de substances radioactives, prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets* ». La radioprotection est, quant à elle, définie comme « *la protection contre les rayonnements ionisants, c'est-à-dire l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement* ».

La sûreté nucléaire et la radioprotection obéissent à des principes et démarches mis en place progressivement et enrichis continuellement du retour d'expérience. Les principes fondamentaux qui les guident sont promus au plan international par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Ils ont été inscrits en France dans la Constitution ou dans la loi et figurent désormais dans des directives européennes.

En France, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection des activités nucléaires civiles était assuré jusqu'au 31 décembre 2024 par l'Autorité de sûreté nucléaire, autorité administrative indépendante, en relation avec le Parlement et d'autres acteurs de l'État, au sein du Gouvernement et des préfectures. Ce contrôle, qui s'étend à des domaines connexes comme les pollutions chroniques de toute nature émises par certaines activités nucléaires, s'appuie sur des expertises techniques.

La loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire a mis en place depuis le 1er janvier 2025 une autorité indépendante de sûreté nucléaire civile et de radioprotection : l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), réunissant les activités de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et d'une grande partie de celles de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

La prévention et la lutte contre les actes de malveillance pouvant affecter les matières nucléaires, leurs installations et leurs transports relèvent, au sein de l'État, du ministère de la Transition écologique, de la biodiversité, de la forêt, de la mer et de la pêche, qui dispose des services du Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) pour l'assurer. Bien que distincts, les deux domaines de la sûreté nucléaire et de la prévention des actes de malveillance sont très liés et les autorités qui en sont chargées coopèrent étroitement.

1 — Les principes de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

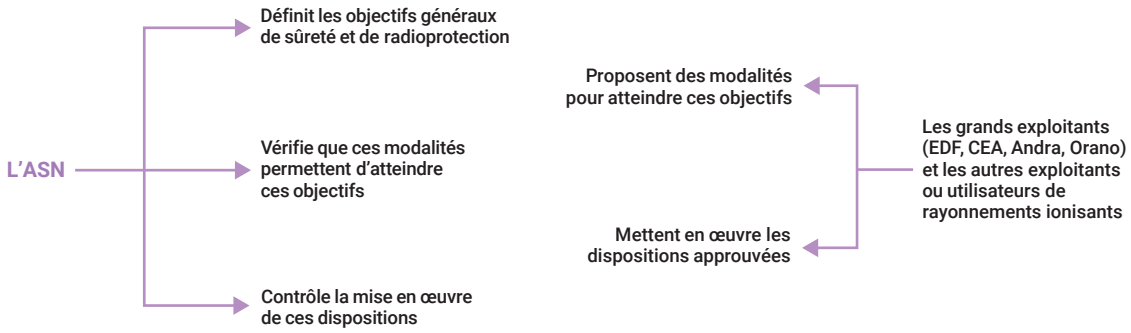
1.1 Les principes fondamentaux

Les activités nucléaires doivent s'exercer dans le respect de principes fondamentaux inscrits dans des textes juridiques ou des normes internationales.

Il s'agit notamment :
• au niveau national, des principes inscrits dans la Charte de l'environnement – qui a valeur constitutionnelle – et dans différents codes (code de l'environnement, code du travail, code de la santé publique) ;
• sur le plan européen, des règles définies par les directives établissant un cadre communautaire pour la sûreté des installations nucléaires et pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs ;
• au niveau international, des dix principes fondamentaux de sûreté établis par l'AIEA (*voir encadré page 126 et chapitre 6, point 3.1*) mis en application par la Convention sur la sûreté nucléaire (*voir chapitre 6, point 4.1*), qui établit le cadre international du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Ces diverses dispositions d'origines différentes se recoupent largement. Elles peuvent être regroupées sous la forme des huit principes présentés ci-après.

Responsabilité des exploitants et responsabilité de l'ASN dans le contrôle



1.1.1 Le principe de responsabilité de l'exploitant

Ce principe, défini à l'article 9 de la Convention de la sûreté nucléaire, est le premier des principes fondamentaux de sûreté de l'AIEA. Il prévoit que la responsabilité en matière de sûreté des activités nucléaires à risques incombe à ceux qui les entreprennent ou les exercent.

Il trouve directement son application dans l'ensemble des activités nucléaires.

1.1.2 Le principe du « pollueur-payeur »

Le principe du « pollueur-payeur », figurant à l'article 110-1 du code de l'environnement, stipule que les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur.

1.1.3 Le principe de précaution

Le principe de précaution, défini à l'article 5 de la Charte de l'environnement, énonce que « *l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement* ».

Ce principe se traduit, par exemple, en ce qui concerne les effets biologiques des rayonnements ionisants à faibles doses, par l'adoption d'une relation linéaire et sans seuil entre la dose et l'effet. Le chapitre 1 de ce rapport précise ce point.

1.1.4 Le principe de participation

Le principe de participation prévoit la participation des populations à l'élaboration des décisions des pouvoirs publics. S'inscrivant dans la ligne de la Convention d'Aarhus, l'article 7 de la Charte de l'environnement le définit en ces termes : « *Toute personne a le droit, dans les conditions et les limites définies par la loi, d'accéder aux informations relatives à l'environnement détenues par les autorités publiques et de participer à l'élaboration des décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement.* »

Dans le domaine nucléaire, ce principe se traduit notamment par l'organisation de débats publics nationaux, obligatoires avant la construction d'une centrale nucléaire, par exemple, ou bien désormais de certains plans et programmes soumis à une évaluation environnementale stratégique comme le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR). Il faut aussi citer les enquêtes publiques, notamment au cours de l'instruction des dossiers relatifs à la création ou au démantèlement d'installations nucléaires, la consultation du public sur les projets de décision ayant une incidence sur l'environnement ou encore la mise à disposition, par un exploitant d'installation nucléaire de base (INB), de son dossier portant sur une modification de son installation susceptible de provoquer un accroissement significatif des prélèvements d'eau ou des rejets dans l'environnement de l'installation.

1.1.5 Le principe de justification

Le principe de justification, défini par l'article L. 1333-2 du code de la santé publique, dispose que : « *Une activité nucléaire ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure sur le plan individuel ou collectif, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes.* »

L'évaluation du bénéfice attendu d'une activité nucléaire et des inconvénients associés peut conduire à interdire une activité pour laquelle le bénéfice apparaît insuffisant au regard du risque sanitaire. Pour les activités existantes, une réévaluation de la justification peut être réalisée si l'état des connaissances et des techniques le justifie.

Les principes fondamentaux de sûreté

L'AIEA définit les dix principes suivants dans sa publication *Principes fondamentaux de sûreté*, collection Normes de sûreté de l'AIEA – n° SF-1 :

1. La responsabilité en matière de sûreté doit incomber à la personne ou à l'organisme responsable des installations et activités entraînant des risques radiologiques ;

2. Un cadre juridique et gouvernemental efficace pour la sûreté, y compris un organisme de réglementation indépendant, doit être établi et maintenu ;

3. Une capacité de direction et de gestion efficace de la sûreté doit être mise en place et maintenue dans les organismes qui s'occupent des risques radiologiques et dans les installations et activités qui entraînent de tels risques ;

4. Les installations et activités qui entraînent des risques radiologiques doivent être globalement utiles ;

5. La protection doit être optimisée de façon à apporter le plus haut niveau de sûreté que l'on puisse raisonnablement atteindre ;

6. Les mesures de contrôle des risques radiologiques doivent protéger contre tout risque de dommage inacceptable ;

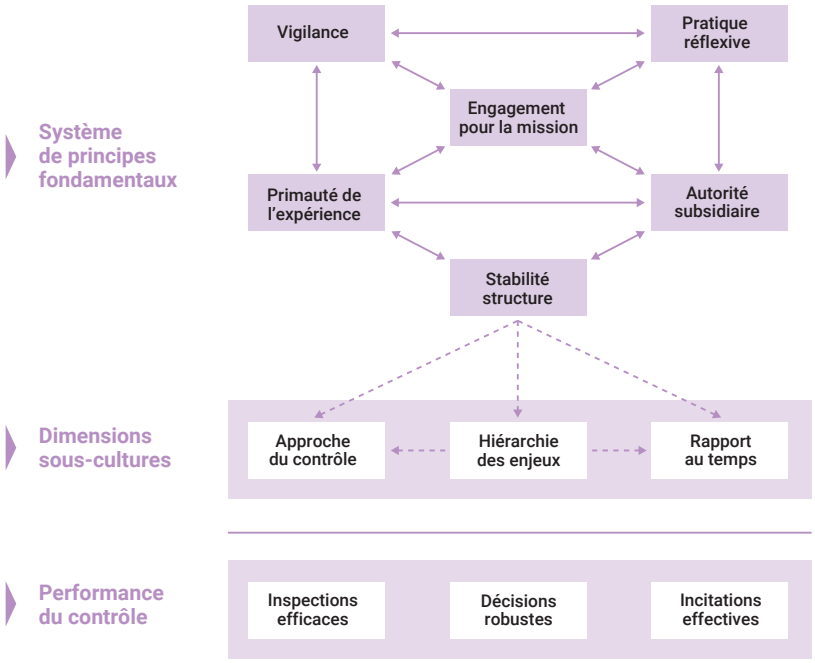
7. Les générations et l'environnement actuels et futurs doivent être protégés contre les risques radiologiques ;

8. Tout doit être concrètement mis en œuvre pour prévenir les accidents nucléaires ou radiologiques et en atténuer les conséquences ;

9. Des dispositions doivent être prises pour la préparation et la conduite des interventions d'urgence en cas d'incidents nucléaires ou radiologiques ;

10. Les actions protectrices visant à réduire les risques radiologiques existants ou non réglementés doivent être justifiées et optimisées.

Système de principes fondamentaux interdépendants, les trois dimensions des sous-cultures du système organisationnel de l'ASN et les trois critères de performance du contrôle



1.1.6 Le principe d'optimisation

Le principe d'optimisation, défini par l'article L. 1333-2 du code de la santé publique, dispose que : « *Le niveau de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants [...], la probabilité de la survenue de cette exposition et le nombre de personnes exposées doivent être maintenus au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des connaissances techniques, des facteurs économiques et sociétaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché.* »

Ce principe, connu sous le nom de principe ALARA[1], conduit par exemple à réduire, dans les autorisations de rejets, les quantités de radionucléides présents dans les effluents radioactifs issus des installations nucléaires, à imposer une surveillance des expositions au niveau des postes de travail dans le but de réduire ces expositions au strict nécessaire ou encore à veiller à ce que les expositions médicales résultant d'actes diagnostiques restent proches de niveaux de référence préalablement établis.

1.1.7 Le principe de limitation

Le principe de limitation, défini par l'article L. 1333-2 du code de la santé publique dispose que « *[...] l'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants [...] ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou dans le cadre d'une recherche mentionnée au 1° de l'article L. 1121-1.* »

Les expositions induites par les activités nucléaires pour la population générale ou les travailleurs font l'objet de limites strictes. Celles-ci comportent des marges de sécurité importantes pour prévenir l'apparition des effets déterministes ; elles ont également pour but de réduire, au niveau le plus bas possible, l'apparition des effets probabilistes à long terme.

Le dépassement de ces limites traduit une situation anormale, qui peut d'ailleurs donner lieu à des sanctions administratives ou pénales.

Dans le cas des expositions médicales des patients, aucune limite de dose n'est fixée dans la mesure où cette exposition doit être justifiée par le bénéfice attendu pour la personne exposée.

1.1.8 Le principe de prévention

Pour anticiper toute atteinte à l'environnement, le principe de prévention, défini à l'article 3 de la Charte de l'environnement, prévoit la mise en œuvre de règles et d'actions qui doivent tenir compte des « *meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable* ».

Dans le domaine nucléaire, ce principe se décline par le concept de défense en profondeur présenté ci-après.

1.2 Quelques aspects de la démarche de sûreté

Les principes et démarches de la sûreté présentés ci-après ont été mis en place progressivement et intègrent le retour d'expérience des accidents. La sûreté n'est jamais définitivement acquise. Malgré les précautions prises pour la conception, la construction et le fonctionnement des installations nucléaires, un accident ne peut jamais être exclu. Il faut donc avoir la volonté de progresser et de mettre en place une démarche d'amélioration continue pour réduire les risques.

1.2.1 La culture de sûreté

La culture de sûreté est définie par l'INSAG (*International Nuclear Safety Advisory Group*), groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire placé auprès du directeur général de l'AIEA, comme l'ensemble des caractéristiques et des attitudes qui, dans les organismes et chez les individus, font que les questions relatives à la sûreté des installations nucléaires bénéficient, en priorité, de l'attention qu'elles méritent en raison de leur importance.

1. *Le principe ALARA* (As Low As Reasonably Achievable – *au plus faible niveau que l'on peut raisonnablement atteindre*) *est apparu pour la première fois dans la publication 26 de 1977 de la Commission internationale de protection radiologique. Il était l'aboutissement d'une réflexion autour du principe d'optimisation de la radioprotection. Au cours des trente dernières années, l'acceptation et la mise en œuvre du principe ALARA ont évolué de manière significative en Europe avec une implication forte de la Commission européenne qui a abouti, en 1991, à la création d'un réseau ALARA européen.*

La culture de sûreté traduit donc la façon dont l'organisation et les individus remplissent leurs rôles et assument leurs responsabilités vis-à-vis de la sûreté. Elle constitue un des fondements indispensables au maintien et à l'amélioration de la sûreté. Elle engage les organismes et chaque individu à prêter une attention particulière et appropriée à la sûreté. L'organisation doit mettre en place des dispositions (formation, compagnonnage, préparation et planification des interventions, etc.) permettant une expression de la culture de sûreté à tous les niveaux de l'organisation au travers d'une approche rigoureuse et prudente et une attitude interrogative qui permet le partage du respect des règles et l'initiative. Elle trouve une déclinaison opérationnelle dans les décisions et les actions quotidiennes liées aux activités.

L'ASN a mené des travaux de recherche sur sa propre culture de sûreté avec l'appui du Laboratoire d'économie et de management de Nantes-Atlantique de l'université de Nantes. D'une durée d'un an, ces travaux se sont achevés en septembre 2024 et portaient essentiellement sur les activités de contrôle des INB. Après une analyse bibliographique, l'étude s'est orientée vers l'analyse de la culture organisationnelle de l'ASN. La culture de sûreté du régulateur étant la « *part de la culture organisationnelle qui influence le comportement des individus (staff et management), des unités organisationnelles et de l'organisation dans le traitement de la sûreté* »[2]. Au travers d'entretiens individuels et collectifs menés avec ses agents, d'observations de terrain et d'interactions avec l'exploitant et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), l'étude a pu mettre en exergue six principes fondamentaux présents dans l'ensemble du système organisationnel, trois dimensions de sous-culture de ce système et trois critères de performance du contrôle des INB sur lesquels se base la culture de sûreté de l'ASN.

Les six principes fondamentaux sont présents en tout point de l'organisation en lien avec les activités de contrôle des INB et constituent la culture organisationnelle de l'ASN, et depuis le 1er janvier 2025 de l'ASNR. Ils décrivent un système (*voir schéma page précédente*) dans lequel les limites de chaque principe sont compensées par un ou plusieurs autres. Les trois sous-cultures identifiées au sein de l'ASN rassemblent chacune ses propres pratiques et attitudes de la part des agents.

L'ensemble de ces principes fondamentaux et des dimensions de ces sous-cultures est mobilisé pour réaliser les activités de contrôle des INB et concourt à générer une performance en termes de contrôle. Les trois critères de performance identifiés sont : les inspections efficaces, les décisions robustes et les incitations effectives. Ces critères s'appuient à la fois sur les six principes fondamentaux et sur certaines sous-cultures. Chaque critère concerne une des trois activités majeures du contrôle des INB : inspection, décision et coercition – sanction au sein de l'ASN.

Ces six principes fondamentaux relatifs aux activités de contrôle des INB constituent la culture organisationnelle de l'ASN et sont tout aussi présents dans celle de l'ASNR. Leur interdépendance et l'existence des trois sous-cultures reflètent la complexité du fonctionnement de l'organisation sur lesquels il a été nécessaire de s'appuyer lors de la construction de l'ASNR et des transformations organisationnelle et managériale associées.

1.2.2 Le concept de défense en profondeur

Le concept de défense en profondeur consiste en la mise en place d'une série de niveaux de défense reposant sur les caractéristiques intrinsèques de l'installation, des dispositions matérielles, organisationnelles et humaines ainsi que des procédures destinées à prévenir les accidents puis, en cas d'échec de la prévention, à en limiter les conséquences. La défense en profondeur est un concept qui s'applique à tous les stades de la vie d'une installation, de la conception au démantèlement.

Ces niveaux de défense sont consécutifs et indépendants afin de s'opposer au développement d'un accident.

Un élément important pour l'indépendance des niveaux de défense est la mise en œuvre de technologies de natures différentes (systèmes « diversifiés »).

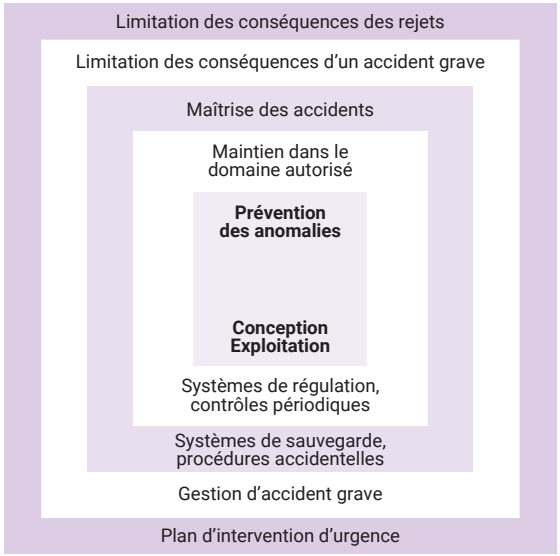
La conception d'une installation nucléaire est fondée sur une démarche de défense en profondeur. Par exemple, pour les réacteurs nucléaires, on définit les cinq niveaux suivants :

Premier niveau : prévention des anomalies de fonctionnement et des défaillances des systèmes
Il s'agit en premier lieu de concevoir et de réaliser l'installation de manière robuste et prudente, en intégrant des marges de sûreté et en prévoyant une résistance à l'égard de ses propres défaillances ou des agressions. Cela implique de mener une étude aussi complète que possible des conditions de fonctionnement normal, pour déterminer les contraintes les plus sévères auxquelles les systèmes seront soumis. Un premier dimensionnement de l'installation intégrant des marges de sûreté peut alors être établi. L'installation doit ensuite être maintenue dans un état au moins équivalent à celui prévu à sa conception par une maintenance adéquate. L'installation doit être exploitée de manière éclairée et prudente.

Deuxième niveau : maintien de l'installation dans le domaine autorisé
Il s'agit de concevoir, d'installer et de faire fonctionner des systèmes de régulation et de limitation qui maintiennent l'installation dans un domaine très éloigné des limites de sûreté. Par exemple, si la température d'un circuit augmente, un système de refroidissement se met en route avant que la température n'atteigne la limite autorisée. La surveillance du bon état des matériels et du bon fonctionnement des systèmes fait partie de ce niveau de défense.

Troisième niveau : maîtrise des accidents sans fusion du cœur
Il s'agit ici de postuler que certains accidents, choisis pour leur caractère « enveloppe », c'est-à-dire les plus pénalisants d'une même famille, peuvent se produire et de dimensionner des systèmes de sauvegarde permettant d'y faire face.

Les 5 niveaux de la défense en profondeur



2. Guidelines for safety culture self-assessment for the regulatory body International Atomic Energy Agency (International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2019, p. 5).

Ces accidents sont, en général, étudiés avec des hypothèses pessimistes, c'est-à-dire en supposant que les différents paramètres gouvernant l'accident sont les plus défavorables possible. En outre, on applique le critère de défaillance unique, c'est-à-dire que, dans la situation accidentelle, on postule en plus de l'accident la défaillance la plus défavorable de l'un des composants qui servent à gérer cette situation. Cela conduit à ce que les systèmes intervenant en cas d'accident (systèmes dits « de sauvegarde », assurant l'arrêt d'urgence, l'injection d'eau de refroidissement dans le réacteur, etc.) soient constitués d'au moins deux voies redondantes et indépendantes.

Quatrième niveau : maîtrise des accidents avec fusion du cœur

Ces accidents ont été étudiés à la suite de l'accident de Three Mile Island aux États-Unis (1979) et sont désormais pris en compte dès la conception des nouveaux réacteurs tels que le réacteur européen à eau pressurisée (*Evolutionary Power Reactor* – EPR). Il s'agit soit d'exclure ces accidents, soit de concevoir des systèmes permettant d'y faire face.

Cinquième niveau : limitation des conséquences radiologiques en cas de rejets importants

Il s'agit là de la mise en œuvre de mesures prévues dans les plans d'urgence incluant des mesures de protection des populations : mise à l'abri, ingestion de comprimés d'iode stable pour saturer la thyroïde avant qu'elle puisse fixer l'iode radioactif rejeté, évacuation, restrictions de consommation d'eau ou de produits agricoles, etc.

1.2.3 L'interposition de barrières

Pour limiter le risque de rejets, plusieurs barrières sont interposées entre les substances radioactives et l'environnement. Ces barrières doivent être conçues avec un haut degré de fiabilité et bénéficier d'une surveillance permettant d'en détecter les éventuelles faiblesses avant une défaillance. Pour les réacteurs à eau sous pression (REP), ces barrières sont au nombre de trois : la gaine du combustible, l'enveloppe du circuit primaire et l'enceinte de confinement (*voir chapitre 10*).

1.2.4 La démarche déterministe et la démarche probabiliste

Le fait de postuler la survenue de certains accidents et de vérifier que, grâce au fonctionnement prévu des matériels, les conséquences de ces accidents resteront limitées est une démarche dite « déterministe ». Cette démarche est simple à mettre en œuvre dans son principe et permet de concevoir une installation (en particulier de dimensionner ses systèmes) avec de bonnes marges de sûreté, en utilisant des cas dits « enveloppes ». La démarche déterministe ne permet cependant pas d'identifier quels sont les scénarios les plus probables car elle focalise l'attention sur des accidents étudiés avec des hypothèses pessimistes.

Il convient donc de compléter l'approche déterministe par une approche reflétant mieux les divers scénarios possibles d'accidents en fonction de leur probabilité d'occurrence, à savoir une approche probabiliste, utilisée dans les « analyses probabilistes de sûreté ».

Ainsi, pour les centrales nucléaires, les études probabilistes de sûreté de niveau 1 consistent à construire, pour chaque événement (dit « déclencheur ») conduisant à l'activation d'un système de sauvegarde (troisième niveau de la défense en profondeur), des arbres d'événements, définis par les défaillances – ou le succès – des actions prévues par les procédures de conduite du réacteur et les défaillances – ou le bon fonctionnement – des matériels du réacteur. Grâce à des statistiques sur la fiabilité des systèmes et sur le taux de succès des actions (ce qui inclut donc des données de « fiabilité humaine »), la probabilité de chaque séquence est calculée. Les séquences similaires correspondant à un même événement déclencheur sont regroupées en familles, ce qui permet de déterminer la contribution de chaque famille à la probabilité de fusion du cœur du réacteur.

Les études probabilistes de sûreté, bien que limitées par les incertitudes sur les données de fiabilité et les approximations de modélisation de l'installation, prennent en compte un ensemble d'accidents plus large que les études déterministes et permettent de vérifier et éventuellement de compléter la conception résultant de l'approche déterministe. Elles doivent donc être un complément aux études déterministes, sans toutefois s'y substituer.

Les études déterministes et les analyses probabilistes constituent un élément essentiel de la démonstration de sûreté nucléaire, qui traite des défaillances internes d'équipements, des agressions internes et externes, ainsi que des cumuls plausibles entre ces événements.

Plus précisément, les défaillances internes correspondent à des dysfonctionnements, pannes ou endommagements d'équipements de l'installation, y compris résultant d'actions humaines inappropriées. Les agressions internes et externes correspondent quant à elles à des événements trouvant leur origine respectivement à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation et pouvant remettre en cause la sûreté de l'installation.

Les défaillances internes incluent par exemple :
- la perte des alimentations électriques ou des moyens de refroidissement ;
- l'éjection d'une grappe de commande ;
- la rupture d'une tuyauterie du circuit primaire ou secondaire d'un réacteur nucléaire ;
- la défaillance de l'arrêt d'urgence du réacteur.

S'agissant des agressions internes, il est notamment nécessaire de prendre en considération :
- les émissions de projectiles, notamment celles induites par la défaillance de matériels tournants ;
- les défaillances d'équipements sous pression ;
- les collisions et chutes de charges ;
- les explosions ;
- les incendies ;
- les émissions de substances dangereuses ;
- les inondations trouvant leur origine dans le périmètre de l'installation ;
- les interférences électromagnétiques ;
- les actes de malveillance.

Enfin, les agressions externes comprennent notamment :
- les risques induits par les activités industrielles et les voies de communication, dont les explosions, les émissions de substances dangereuses et les chutes d'aéronefs ;
- les séismes ;
- la foudre et les interférences électromagnétiques ;
- les conditions météorologiques ou climatiques extrêmes ;
- les incendies ;
- les inondations trouvant leur origine à l'extérieur du périmètre de l'installation ;
- les actes de malveillance.

1.2.5 Le retour d'expérience

Le retour d'expérience, qui participe à la défense en profondeur, est l'un des outils essentiels du management de la sûreté. Il repose sur une démarche organisée et systématique de recueil et d'exploitation des signaux que donne un système. Il doit permettre de partager l'expérience acquise pour un apprentissage organisationnel (soit la mise en œuvre, dans une structure apprenante, de dispositifs de prévention s'appuyant sur l'expérience passée). Le premier objectif du retour d'expérience est de comprendre et ainsi progresser sur la connaissance technologique et celle des pratiques réelles d'exploitation pour, lorsque cela est pertinent, réinterroger la conception (technique et documentaire). L'enjeu du retour d'expérience étant collectif, le deuxième objectif est de partager la connaissance qui en est issue à travers la date de détection et l'enregistrement de l'écart, de ses enseignements et de son traitement. Le troisième objectif du retour d'expérience est d'agir sur les organisations et les processus de travail, les pratiques de travail (individuelles et collectives) et la performance du système technique.

Le retour d'expérience englobe donc les événements, incidents et accidents qui se produisent en France et à l'étranger dès lors qu'il est pertinent de les prendre en compte pour renforcer la sûreté nucléaire ou la radioprotection.

1.2.6 Les facteurs sociaux, organisationnels et humains

L'importance des facteurs sociaux, organisationnels et humains pour la sûreté nucléaire, la radioprotection et la protection de l'environnement

La contribution des personnes et des organisations à la sûreté, la radioprotection et la protection de l'environnement sont déterminantes lors de la conception, de la construction, de la mise en service, du fonctionnement et du démantèlement des installations ainsi que lors du transport de substances radioactives. De même, la façon dont les personnes et les organisations gèrent les écarts à la réglementation, aux référentiels et aux règles de l'art, ainsi que les enseignements qu'ils en tirent, est déterminante. Par conséquent, tous les intervenants, quels que soient leur positionnement hiérarchique et leur fonction, contribuent à la sûreté, la radioprotection et la protection de l'environnement, du fait de leurs capacités à s'adapter, à détecter et à corriger des défauts, à redresser des situations dégradées et à pallier certaines difficultés d'application des procédures.

On définit les facteurs sociaux, organisationnels et humains (FSOH) comme l'ensemble des éléments des situations de travail et de l'organisation qui ont une influence sur l'activité de travail des intervenants. Les éléments considérés relèvent de l'individu (acquis de formation, fatigue ou stress, etc.) et de l'organisation du travail dans laquelle il s'inscrit (liens fonctionnels et hiérarchiques, coactivités, etc.), des dispositifs techniques (outils, logiciels, etc.) et, plus largement, de l'environnement de travail, avec lesquels l'individu interagit.

L'environnement de travail concerne, par exemple, l'ambiance thermique, sonore ou lumineuse du poste de travail ainsi que l'accessibilité des locaux.

La variabilité des caractéristiques des intervenants (la vigilance qui diffère en fonction du moment de la journée, le niveau d'expertise qui varie selon l'ancienneté au poste) et des situations rencontrées (une panne imprévue, des tensions sociales) explique que ces intervenants aient perpétuellement à adapter leurs modes opératoires pour réaliser leur travail de manière performante. Cet objectif doit être atteint à un coût acceptable pour les intervenants (en matière de fatigue, de stress) et leur apporter des bénéfices (le sentiment du travail bien fait, la reconnaissance par les pairs et la hiérarchie, le développement de nouvelles compétences). Ainsi, une situation d'exploitation ou une tâche obtenue au prix d'un coût très élevé pour les intervenants est une source de risques : une petite variation du contexte de travail, de l'environnement humain ou de l'organisation du travail peut empêcher les intervenants d'accomplir leurs tâches conformément à ce qui est attendu.

L'intégration des FSOH

L'ASN considère que les FSOH doivent être pris en compte de manière adaptée aux enjeux de sûreté des installations et de radioprotection des travailleurs lors :
- de la conception d'une nouvelle installation, d'un matériel, d'un logiciel, d'un colis de transport ou de la modification d'une installation existante. En particulier, l'ASN attend que la conception soit centrée sur l'opérateur humain, à travers un processus itératif comprenant une phase d'analyse, une phase de conception et une phase d'évaluation ;
- des opérations ou des activités effectuées par des intervenants lors de la mise en service, du fonctionnement et du démantèlement des installations nucléaires, ainsi qu'au moment des transports de substances radioactives.

En outre, l'ASN considère que les exploitants doivent analyser les causes profondes (souvent organisationnelles) des événements significatifs et identifier, mettre en œuvre et évaluer l'efficacité des actions correctives associées, cela dans la durée.

Les exigences de l'ASN sur les FSOH

L'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB prévoit que l'exploitant définit et met en œuvre un système de gestion intégré (SGI) permettant d'assurer que les exigences relatives à la sûreté, la radioprotection et la protection de l'environnement sont systématiquement prises en compte dans toute décision concernant l'installation. Le SGI précise les dispositions prises en matière d'organisation et de ressources de tout ordre, en particulier celles retenues pour maîtriser les activités importantes. C'est pourquoi l'ASN demande à l'exploitant de mettre en place un SGI qui permet le maintien et l'amélioration continue de la sûreté à travers, notamment, le développement d'une culture de sûreté.

2 — Les acteurs du contrôle

L'organisation du contrôle de la sûreté nucléaire en France répond aux exigences de la Convention sur la sûreté nucléaire, dont l'article 7 impose que « *chaque partie contractante établit et maintient en vigueur un cadre législatif et réglementaire pour régir la sûreté des installations nucléaires* » et dont l'article 8 demande à chaque État membre qu'il « *crée ou désigne un organisme de réglementation chargé de mettre en œuvre les dispositions législatives et réglementaires visées à l'article 7 et doté des pouvoirs, de la compétence et des ressources financières et humaines adéquats pour assumer les responsabilités qui lui sont assignées* » et « *[...] prend les mesures appropriées pour assurer une séparation effective des fonctions de l'organisme de réglementation et de celles de tout autre organisme ou organisation chargé de la promotion ou de l'utilisation de l'énergie nucléaire* ». Ces dispositions ont été confirmées par la directive européenne 2009/71/Euratom du Conseil du 25 juin 2009 relative à la sûreté nucléaire, dont les dispositions ont elles-mêmes été renforcées par la directive modificative du 8 juillet 2014.

En France, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection relève essentiellement de trois acteurs : le Parlement, le Gouvernement et l'ASN jusqu'au 31 décembre 2024. Le rôle et les missions de cette dernière ont été transférés à l'ASNR depuis le 1er janvier 2025.

2.1 Le Parlement

Le Parlement intervient dans le domaine de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, notamment par le vote de la loi. Ainsi trois lois majeures ont été votées : la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (dite « loi TSN ») ; la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs ; la loi du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire.

En 2015, le Parlement a adopté la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (dite « loi TECV ») qui comporte un titre entier consacré au nucléaire (titre VI intitulé « Renforcer la sûreté nucléaire et l'information des citoyens »). Cette loi permet de renforcer le cadre qui avait été mis en place en 2006.

En application des dispositions du code de l'environnement, l'ASN rend compte régulièrement de son activité au Parlement, plus particulièrement à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) et aux commissions parlementaires concernées.

L'OPECST a pour mission d'informer le Parlement des conséquences des choix à caractère scientifique ou technologique afin d'éclairer ses décisions ; à cette fin, il recueille des informations, met en œuvre des programmes d'études et procède à des évaluations. L'ASN rend compte régulièrement à l'OPECST de ses activités, notamment en lui présentant chaque année son *Rapport sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France*.

L'ASN rend également compte de son activité aux commissions parlementaires de l'Assemblée nationale et du Sénat, notamment à l'occasion d'auditions par les commissions chargées de l'environnement ou des affaires économiques.

Les échanges entre l'ASN et les élus sont présentés de façon plus détaillée dans le chapitre 5.

2.2 Le Gouvernement

Le Gouvernement exerce le pouvoir réglementaire. Il est donc chargé d'édicter la réglementation générale relative à la sûreté nucléaire et la radioprotection. Le code de l'environnement le charge également de prendre les décisions majeures relatives aux INB, pour lesquelles il s'appuie sur des propositions ou des avis de l'ASN. Il dispose également d'instances consultatives comme le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN).

Le Gouvernement est par ailleurs responsable de la protection civile en cas de situation d'urgence.

2.2.1 Les ministres chargés de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

Le ministre chargé de la sûreté nucléaire définit, après avis et, le cas échéant, sur proposition de l'ASN, la réglementation générale applicable aux INB et celle relative à la fabrication et à l'exploitation des équipements sous pression (ESP) spécialement conçus pour ces installations.

Ce même ministre prend, également après avis et, le cas échéant, sur proposition de l'ASN, les décisions individuelles majeures concernant :
• la conception, la construction, le fonctionnement et le démantèlement des INB ;
• la conception, la construction, le fonctionnement, la fermeture et le démantèlement ainsi que la surveillance des installations de stockage de déchets radioactifs.

Si une installation présente des risques graves, le ministre précité peut, après avis de l'ASN, suspendre son fonctionnement.

Par ailleurs, le ministre chargé de la radioprotection définit, le cas échéant sur proposition de l'ASN, la réglementation générale concernant la radioprotection.

La réglementation de la radioprotection des travailleurs relève du ministère chargé du travail. Celle concernant la radioprotection des patients relève du ministère chargé de la santé. Ces missions sont actuellement assurées par le ministère du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles.

Chacun dans leur domaine, les ministres chargés de la sûreté nucléaire et de la radioprotection homologuent les décisions réglementaires à caractère technique de l'ASN et certaines décisions individuelles (à titre d'exemple : fixant les limites de rejets des INB en fonctionnement, portant déclassement des INB, etc.).

La Mission de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

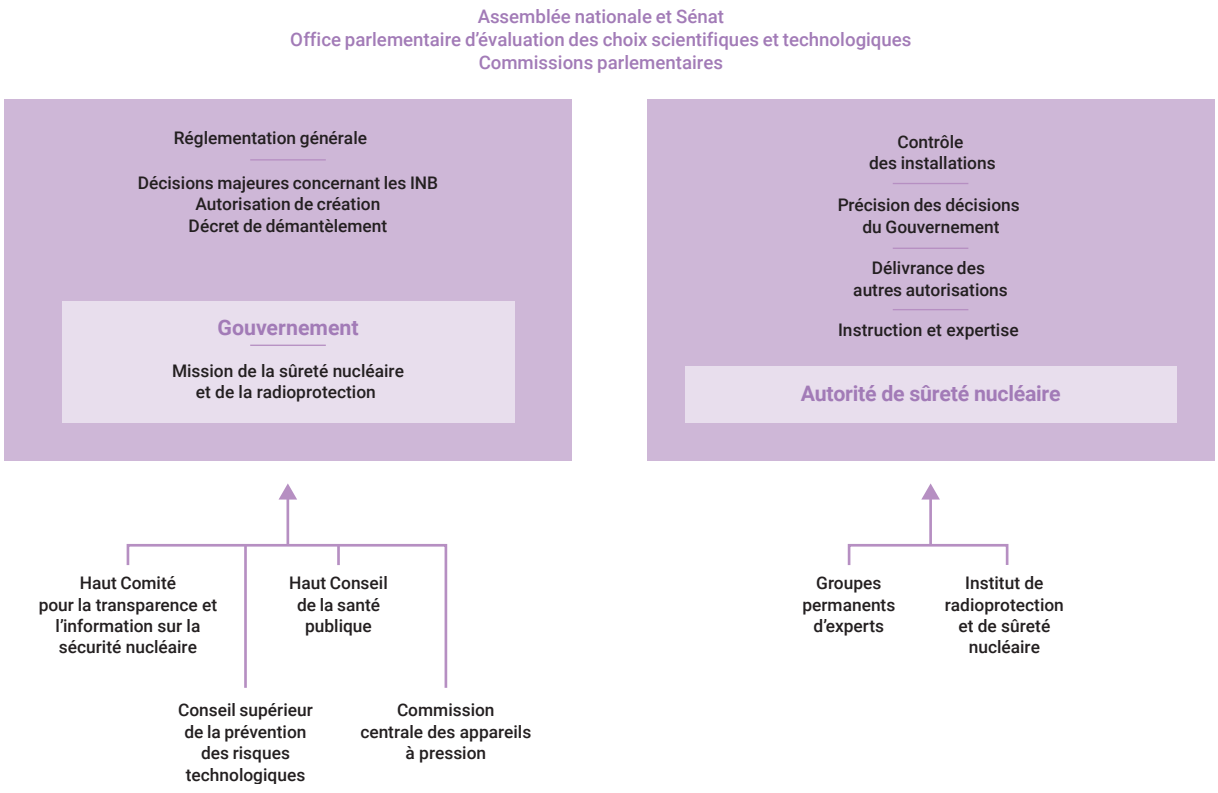
La Mission de la sûreté nucléaire et de radioprotection (MSNR), placée au sein de la Direction générale de la prévention des risques du ministère de la Transition écologique, de la biodiversité, de la forêt, de la mer et de la pêche, est notamment chargée de proposer, en liaison avec l'ASN, la politique du Gouvernement en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection, à l'exclusion des activités et installations intéressant la défense, et de protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants.

Le Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité

La sécurité nucléaire au sens le plus strict (définition de l'AIEA, moins étendue que celle de l'article L. 591-1 du code de l'environnement) a pour objet la protection et le contrôle des matières nucléaires, de leurs installations et de leurs transports. Elle vise à assurer la protection des populations et de l'environnement contre les conséquences des actes de malveillance, selon les dispositions prévues par le code de la défense.

Cette responsabilité incombe au ministre de la Transition écologique, qui dispose des services du HFDS et, plus particulièrement, de son département de la sécurité nucléaire. Le HFDS assure ainsi le rôle d'autorité de la sécurité nucléaire en élaborant la réglementation, en donnant les autorisations et en réalisant les inspections dans ce domaine, avec l'appui du ministère des Armées.

Le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France (organisation jusqu'au 31 décembre 2024)



Bien que les deux réglementations et les approches soient bien distinctes, les deux domaines, du fait de la spécificité du domaine nucléaire, sont étroitement liés. L'ASN et le HFDS entretiennent à cet effet des échanges réguliers.

2.2.2 Les services déconcentrés de l'État

Les services déconcentrés de l'État français sont les services qui assurent le relais, sur le plan local, des décisions prises par l'administration centrale et qui gèrent les services de l'État au niveau local. Ces services sont placés sous l'autorité des Préfets.

L'ASN entretient des relations étroites avec les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal) et la Direction régionale et interdépartementale de l'équipement, de l'aménagement et des transports d'Île-de-France (Drieat), les Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (Dreets) et les agences régionales de santé (ARS) qui, bien que n'étant pas à proprement parler des services déconcentrés mais des établissements publics, possèdent des pouvoirs équivalents.

Les Préfets sont les représentants de l'État sur le territoire. Ils sont les garants de l'ordre public et jouent en particulier un rôle majeur en cas de crise, en étant responsables des mesures de protection des populations.

Le Préfet intervient au cours de différentes procédures, notamment, il transmet au ministre son avis sur le rapport et les conclusions du commissaire enquêteur à la suite de l'enquête publique sur les demandes d'autorisation.

À la demande de l'ASN, il saisit le conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques pour avis sur les prélèvements d'eau, les rejets et les autres nuisances des INB.

2.3 De l'Autorité de sûreté nucléaire à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

L'ASN, créée par la loi TSN, est une autorité administrative indépendante qui participe au contrôle de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et des activités nucléaires mentionnées à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique. Ses missions consistent à réglementer, autoriser, contrôler, appuyer les pouvoirs publics dans la gestion des situations d'urgence et contribuer à l'information des publics et à la transparence dans ses domaines de compétence.

L'ASN est dirigée par un collège composé de cinq commissaires, dont le président de l'ASN. Ils sont nommés pour six ans. Trois le sont par le président de la République et un par le président de chaque assemblée parlementaire. L'ASN dispose de services placés sous l'autorité de son président.

L'ASN comprend une commission des sanctions (*voir point 2.3.2*). Sur le plan de l'expertise technique, elle s'appuie notamment sur les services de l'IRSN et les groupes permanents d'experts (GPE).

La loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire a entériné la mise en place d'une autorité indépendante de sûreté nucléaire civile et de radioprotection : l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), réunissant les activités de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et d'une partie de celles de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

La nouvelle ASNR a débuté son activité le 1er janvier 2025.

2.3.1 Vers des missions élargies

Réglementer

L'ASN est consultée sur les projets de décrets et d'arrêtés ministériels de nature réglementaire relatifs à la sécurité nucléaire au sens de l'article L. 591-1 du code de l'environnement. Elle peut prendre des décisions réglementaires à caractère technique pour compléter les modalités d'application des décrets et arrêtés pris en matière de sûreté nucléaire ou de radioprotection, à l'exception de ceux ayant trait à la médecine du travail. Ces décisions sont soumises à l'homologation du ministre chargé de la sûreté nucléaire ou du ministre chargé de la radioprotection. Les arrêtés d'homologation et les décisions homologuées sont publiés au *Journal Officiel*.

Autoriser

L'ASN instruit les demandes d'autorisation de création ou de démantèlement des INB, rend des avis et fait des propositions au Gouvernement sur les décrets à prendre dans ces domaines. Elle autorise les modifications notables d'une INB. Elle définit les prescriptions applicables à ces installations en matière de prévention des risques, de pollutions et de nuisances. Elle autorise la mise en service de ces installations et en prononce le déclassement après l'achèvement de leur démantèlement.

Certaines de ces décisions sont soumises à homologation du ministre chargé de la sûreté nucléaire.

L'ASN délivre les autorisations, procède aux enregistrements et reçoit les déclarations prévues par le code de la santé publique pour le nucléaire de proximité et accorde les autorisations ou agréments relatifs au transport de substances radioactives. Les décisions et avis de l'ASN délibérés par son collège sont publiés dans son *Bulletin officiel* sur *asn.fr*.

Contrôler

L'ASN assure le contrôle du respect des règles générales et des prescriptions particulières en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection auxquelles sont soumises les INB, les ESP spécialement conçus pour ces installations et les transports de substances radioactives. Elle contrôle également les activités mentionnées à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique, ainsi que les situations d'exposition aux rayonnements ionisants définies à l'article L. 1333-3 du même code. L'ASN organise une veille permanente en matière de radioprotection sur le territoire national.

Elle désigne parmi ses agents les inspecteurs de la sûreté nucléaire, les inspecteurs de la radioprotection et les inspecteurs assurant des missions d'inspection du travail. Elle délivre les agréments et les habilitations requis aux organismes qui participent aux contrôles et à la veille en matière de sûreté nucléaire ou de radioprotection, ainsi qu'en matière d'équipements sous pression nucléaires (ESPN).

L'ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016, prise en application de la loi TECV, procède à un renforcement des moyens de contrôle et des pouvoirs de sanction de l'ASN et à un élargissement de ses compétences.

Les pouvoirs de contrôle, de police et de sanction de l'ASN ainsi renforcés auront pour effet d'améliorer l'efficacité du contrôle en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection. Ces pouvoirs de police et de sanction sont étendus aux activités mises en œuvre hors du périmètre des INB et participant aux dispositions techniques et d'organisation mentionnées au deuxième alinéa de l'article L. 595-2 du code de l'environnement, par l'exploitant, ses fournisseurs, prestataires ou sous-traitants, et ce, dans les mêmes conditions qu'au sein des installations elles-mêmes.

Les amendes administratives seront prononcées par la commission des sanctions afin de respecter le principe de séparation des fonctions d'instruction, d'accusation et de jugement prévu par le droit français comme par les conventions internationales dans le cadre du droit à un procès équitable. Le chapitre 3 du présent rapport décrit l'ensemble des actions de contrôle de l'ASN, sanctions incluses.

Situations d'urgence

L'ASN participe à la gestion des situations d'urgence radiologique. Elle apporte son concours technique aux autorités compétentes pour l'élaboration des plans d'organisation des secours en tenant compte des risques résultant d'activités nucléaires.

Lorsque survient une telle situation d'urgence, l'ASN contrôle les opérations de mise en sûreté de l'installation conduites par l'exploitant. Elle assiste le Gouvernement pour toutes les questions de sa compétence et adresse ses recommandations sur les mesures à prendre sur

le plan médical et sanitaire ou au titre de la sécurité civile. Elle informe le public de la situation, des éventuels rejets dans l'environnement et de leurs conséquences.

Elle assure la fonction d'autorité compétente dans le cadre des conventions internationales en notifiant l'accident aux organisations internationales et aux pays étrangers.

Le chapitre 4 du présent rapport décrit les actions de l'ASN dans ce domaine.

En cas d'incident ou d'accident concernant une activité nucléaire, et en application des dispositions des articles L. 592-35 et R. 592-23 et suivants du code de l'environnement relatifs aux enquêtes techniques sur les accidents ou incidents concernant une activité nucléaire, l'ASN peut procéder à une enquête technique.

Informer et dialoguer
L'ASN participe à l'information du public dans les domaines de sa compétence. L'ASN informe le public de l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France et participe à la mise en œuvre de la transparence en France. Elle rend compte de son activité au Parlement.

L'ASN permet à tout citoyen de participer à l'élaboration de ses décisions ayant une incidence sur l'environnement. Elle soutient l'action des commissions locales d'information (CLI) placées auprès des installations nucléaires.

Le chapitre 5 du présent rapport décrit les actions de l'ASN dans ce domaine.

Définir des orientations et suivi de la recherche
La qualité des décisions de l'ASN repose notamment sur une expertise technique robuste qui s'appuie elle-même sur les meilleures connaissances du moment. Dans ce domaine, l'article L. 592-31-1 du code de l'environnement comporte des dispositions donnant compétence à l'ASN pour veiller à l'adaptation de la recherche publique aux besoins de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Sur la base des travaux de son comité scientifique (*voir point 2.5.3*), depuis 2012, l'ASN émet régulièrement des avis sur les besoins de recherche sur des sujets aux enjeux forts en sûreté nucléaire et en radioprotection. En 2024, l'ASN a publié deux avis : un avis sur les sujets de recherche à approfondir dans le domaine de la sûreté nucléaire sur le vieillissement des composants métalliques non ou difficilement remplaçables des REP en vue de leur fonctionnement au-delà de 60 ans, et un avis dans le domaine de la radioprotection sur les dispositifs médicaux implantables actifs, le cas des microsphères d'yttrium-90. Ses avis et ceux de son comité scientifique sont publiés sur *asn.fr* et sont transmis aux programmateurs de la recherche publique et privée. L'ASN poursuit le renforcement de ses relations avec les organismes de recherche et institutions en charge de la programmation et du financement de la recherche aux niveaux national et européen.

L'ASN participe au comité de pilotage de l'appel à projets « Recherche en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection » (RSNR) lancé en 2013 par l'Agence nationale de la recherche (ANR) dans le cadre des investissements d'avenir, dont le financement s'est achevé en 2023. Cette action s'est close le 31 décembre 2024. Une synthèse réalisée par l'ANR résumant les résultats de cette action sera transmise à l'ASNR au premier semestre 2025.

Depuis le 1er janvier 2025 et la création de l'ASNR, plusieurs champs d'intervention relevant auparavant de l'IRSN enrichissent le champ des missions et compétences de la nouvelle Autorité de sûreté.

Mener des recherches
L'ASNR définit des programmes de recherche pluridisciplinaires, menés en son sein ou en partenariat avec d'autres organismes de recherche français ou étrangers.

La recherche menée par l'ASNR se décline selon deux axes : maintenir et développer les connaissances et compétences nécessaires à l'expertise dans les différents domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, et faire progresser les connaissances fondamentales, notamment pour comprendre les effets des rayonnements ionisants sur la santé et l'environnement.

Expertiser
L'ASNR expertise la sûreté des installations nucléaires civiles à chaque étape de leur cycle de vie, de leur conception à leur démantèlement.

Par ailleurs, l'ASNR évalue les risques liés à l'usage des rayonnements ionisants pour la santé humaine et l'environnement.

Elle participe à la veille permanente en matière de radioprotection, notamment par la surveillance radiologique de l'environnement, la gestion et l'exploitation des données dosimétriques concernant les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants et l'analyse des données dosimétriques des patients.

Former
L'ASNR propose une offre large de formations en sûreté nucléaire et radioprotection aux professionnels utilisant les rayonnements ionisants dans le cadre de leur activité. Elle concourt ainsi au maintien d'un haut niveau de compétences en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection et contribue à une meilleure prévention et protection contre les dangers des rayonnements ionisants.

Développer une culture de radioprotection chez les citoyens
L'ASNR a pour mission de contribuer au développement d'une culture de radioprotection chez les citoyens, c'est-à-dire à la capacité des citoyens à adopter ou mettre en œuvre des comportements adaptés face à une situation accidentelle.

2.3.2 L'organisation

Le collège de l'ASN
Le collège de l'ASN est composé de cinq commissaires exerçant leurs fonctions à plein temps. Leur mandat est d'une durée de six ans et il n'est pas renouvelable. Les commissaires exercent leurs fonctions en toute impartialité sans recevoir d'instruction ni du Gouvernement ni d'aucune autre personne ou institution. Le président de la République peut mettre fin aux fonctions d'un membre du collège en cas de manquement grave à ses obligations.

Le collège définit la stratégie de l'ASN. Il intervient plus particulièrement dans la définition des politiques générales, c'est-à-dire des doctrines et principes d'actions de l'ASN dans ses missions essentielles, notamment la réglementation, le contrôle, la transparence, la gestion des situations d'urgence et les relations internationales.

En application du code de l'environnement, le collège rend les avis de l'ASN au Gouvernement et prend les principales décisions de l'ASN. Il prend publiquement position sur des sujets majeurs qui relèvent de la compétence de l'ASN. Il adopte le règlement intérieur de l'ASN, qui fixe les règles relatives à son organisation et à son fonctionnement ainsi que des règles de déontologie (*voir page 139*). Les décisions et avis du collège sont publiés au *Bulletin officiel* de l'ASN.

En 2024, le collège de l'ASN s'est réuni 47 fois. Il a rendu 22 avis et pris 20 décisions.

La commission des sanctions
L'ordonnance « nucléaire » n° 2016-128 du 10 février 2016 a créé la commission des sanctions de l'ASN (articles L. 592-41 à L. 592-44 du code de l'environnement). Celle-ci a été installée le 19 octobre 2021. La mise en place de cette commission complète l'ensemble des mesures de coercition à la disposition de l'ASN. Sur saisine du collège de l'ASN, elle a le pouvoir de prononcer des amendes administratives à l'encontre des exploitants d'INB, des responsables de transport de substances radioactives ou d'ESPN ou bien des responsables d'activités nucléaires (RAN) réglementées par le code de la santé publique. Son indépendance est garantie par la loi.

La commission est composée de quatre membres titulaires, deux conseillers d'État, désignés par le vice-président du Conseil d'État, et deux conseillers à la Cour de cassation, désignés par le premier président de la Cour de cassation. Elle comprend également des membres suppléants. La durée du mandat des membres est de six ans.

Lors de leur première réunion, le 19 octobre 2021, les membres titulaires ont élu Maurice Méda président de la commission pour les trois prochaines années. Ils ont également adopté leur règlement

Les membres du comité exécutif



De gauche à droite : **P. Bois, P. Deschamps, S. Cadet-Mercier, D. Delalande, M. Enault, J.-P. Goudalle, O. Gupta, P. Dubiau, J. Collet, K. Herviou, C. Quintin, J.-K. Intissar, J.-C. Gariel.**

intérieur publié au *Journal Officiel* le 5 novembre 2021 et au *Bulletin officiel* de l'ASN le 8 novembre suivant.

La réunion annuelle d'échange d'informations entre les membres de la commission des sanctions, le collège et la direction générale de l'ASN s'est tenue le 8 janvier 2024.

Comme le prévoit la loi, la commission se réunit exclusivement sur saisine du collège de l'ASN. Ce dernier peut décider de l'ouverture d'une procédure conduisant au prononcé d'une amende après avoir établi le constat qu'un responsable d'activités nucléaires n'a pas déféré à une mise en demeure, c'est-à-dire n'a pas pris les mesures répondant à cette mise en demeure.

Les amendes seront proportionnées à la gravité des manquements constatés et tiendront compte notamment de l'importance du trouble causé à l'environnement. Le montant maximal des amendes est fixé par la loi à 10 millions d'euros en cas de manquement aux dispositions applicables aux INB, à 1 million d'euros en cas de manquement aux dispositions applicables aux ESPN, à 30 000 € dans le domaine du transport de substances radioactives et à 15 000 € pour les activités du nucléaire de proximité.

La procédure du prononcé de l'amende administrative prévoit le respect du contradictoire. Aucune sanction ne peut être prononcée sans que l'intéressé ou son représentant n'ait été entendu ou appelé. La décision de la commission peut être rendue publique. Les décisions prononcées par la commission des sanctions peuvent être déférées à la juridiction administrative (Conseil d'État) par la personne concernée, par le président de l'ASN ou par les tiers.

La mise en place d'une nouvelle organisation des services centraux

Les services centraux de l'ASN sont composés (jusqu'au 31 décembre 2024) d'un comité exécutif, d'un secrétariat général, d'une mission chargée de l'expertise et de l'animation, d'une mission soutien au contrôle, d'une mission chargée des réacteurs innovants et de neuf directions organisées selon une répartition thématique.

Sous l'autorité du directeur général de l'ASN, le comité exécutif organise et dirige les services au quotidien. Il veille à la mise en œuvre des orientations fixées par le collège et à l'efficacité des actions de l'ASN. Il s'assure du pilotage et d'une bonne coordination entre les entités.

Les directions ont pour rôle de gérer les affaires nationales concernant les activités dont elles ont la responsabilité ; elles participent à l'établissement de la réglementation générale et coordonnent et animent l'action des divisions territoriales de l'ASN :

• La Direction des centrales nucléaires est chargée de contrôler les réacteurs nucléaires, de forte puissance ou de puissance modérée, en projet, en construction ou en fonctionnement, utilisant une technologie de réacteur à eau sous pression à des fins industrielles ou de prototype expérimental. Le contrôle porte sur la sûreté nucléaire, dans ses dimensions techniques mais aussi organisationnelles et humaines, la radioprotection et la protection de l'environnement. La direction est également chargée de coordonner et d'appuyer l'action des inspecteurs du travail de l'ASN.

• La Direction des équipements sous pression assure le contrôle des ESPN. À ce titre, elle veille à ce que la conception, la construction et l'exploitation de ces équipements respectent la réglementation. La direction exerce également cette mission pour ce qui concerne l'exploitation des équipements sous pression non nucléaires exploités dans le périmètre des INB.

• La Direction du transport et des sources est chargée d'assurer le suivi et le contrôle des activités relevant des sources de rayonnements ionisants et du transport des substances radioactives. À ce titre, elle a pour mission d'organiser le contrôle, sous l'angle de la radioprotection, des activités non médicales soumises au régime d'autorisation, d'enregistrement et de déclaration du code de santé publique, d'instruire les demandes d'agrément ou d'approbation d'expédition dans le domaine des transports de substances radioactives, et d'organiser le contrôle des activités de transports de substances radioactives sur la voie publique ou de transports internes de marchandises dangereuses au sein des INB. Elle pilote également le contrôle de la sécurité des sources radioactives.

• La Direction des déchets, des installations de recherche et du cycle est chargée d'assurer le suivi et le contrôle des installations du « cycle du combustible », des installations de fabrication ou d'assemblage du combustible pour les projets de petits réacteurs modulaires (PRM), des installations de recherche, des irradiateurs, relevant du régime INB, ainsi que des installations d'activités « support » relevant du régime INB, du démantèlement des INB, de la gestion des déchets radioactifs et les INB associées, de la gestion des sites et sols pollués par des substances radioactives, de la gestion à long terme des anciens sites miniers. Enfin, elle est en charge des actions de suivi et d'anticipation du fonctionnement du « cycle du combustible ».

• La Direction des rayonnements ionisants et de la santé est chargée de la mise à jour de la réglementation en matière de radioprotection des travailleurs, des patients et du public. De plus, elle est chargée du contrôle des applications médicales des rayonnements ionisants, des expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle ; à ce titre, elle veille au respect de la réglementation en matière de radioprotection des travailleurs, des patients et du public.

• La Direction de l'environnement et des situations d'urgence est chargée des questions relatives à la protection de l'environnement, à la gestion des situations d'urgence et aux interfaces sûreté-sécurité, en appui aux activités d'instruction et de contrôle de l'ASN. Elle contribue également à l'organisation nationale de gestion de crise, ainsi qu'à la préparation de la doctrine post-accidentelle, hors champs relevant de l'expertise. Elle coordonne le contrôle des laboratoires agréés pour la mesure dans l'environnement, ainsi que les actions de l'ASN en interface avec la protection des activités nucléaires contre les actes de malveillance.

• La Direction des affaires juridiques exerce une fonction transverse de conseil, d'expertise et d'assistance en matière juridique auprès du collège, du comité exécutif et des entités de l'ASN. Elle assure l'instruction des demandes de sanction soumises à la commission des sanctions et appuie la commission d'éthique et de déontologie. Elle assure la défense des intérêts de l'ASN devant les juridictions

Les membres du comité de direction



De gauche à droite : **A. Clos, J. Husse, S. Kirchenbaum, J.-P. Daubard, E. Bellange, C. Messier, F. Féron, F. Simon, R. Catteau, A. Contesso, S. Tourard, I. Le Bars, M. Gleizes, P. Giordano, C. Rousse, J. Battiston, F. Vallette, M. Agarande, C. Pinel, M. Riet-Hucheloup (***absents sur la photo :* **J.-M. Bonnet, P. Dupuy et M. Enault).**

administratives et judiciaires en lien avec les entités concernées. Elle participe à la formation juridique des agents et à l'animation des comités de pilotage relatifs à la réglementation. Elle apporte son appui à l'ensemble des entités pour la préparation des contrats et intervient en soutien au délégué à la protection des données. Cette direction a fusionné avec le service juridique du Secrétariat général de l'IRSN dans le cadre de la création de l'ASNR.

• La Direction de l'information, de la communication et des usages numériques met en œuvre la politique d'information et de communication de l'ASN dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Elle coordonne les actions de communication et d'information de l'ASN à destination de ses différents publics en traitant notamment les demandes d'information et de documentation, en faisant connaître les prises de position de l'ASN et en expliquant la réglementation. Elle a la responsabilité de l'infrastructure informatique, de la conduite de la transformation numérique et du développement des services numériques pour les assujettis et les publics de l'ASN. Cette direction a été mutualisée avec deux directions de l'IRSN dans le cadre de la création de l'ASNR.

• La Direction des relations internationales coordonne l'action internationale de l'ASN aux plans bilatéral, européen et multilatéral, que ce soit dans un cadre formel ou informel. Elle développe les échanges avec les homologues étrangers de l'ASN pour faire connaître et expliquer l'approche et les pratiques françaises en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection, et approfondir sa connaissance de leurs pratiques. Elle fournit aux pays concernés les informations utiles sur la sûreté des installations nucléaires françaises, notamment celles d'entre elles qui se situent à proximité des frontières. La direction des relations internationales coordonne la représentation de l'ASN dans les structures de coopération établies au titre des accords ou arrangements bilatéraux, mais également au sein des instances internationales. Cette direction a été mutualisée avec son homologue de l'IRSN dans le cadre de la création de l'ASNR.

• Le Secrétariat général contribue à doter l'ASN des moyens suffisants, adaptés et pérennes, nécessaires à son bon fonctionnement. Il est chargé de la gestion des ressources humaines, y compris en matière de compétences, et du développement du dialogue social. Il est également responsable de la politique immobilière et des moyens logistiques et matériels de l'ASN. Responsable de la mise en œuvre de la politique budgétaire de l'ASN, il veille à optimiser l'utilisation des moyens financiers. Les différents pôles du Secrétariat général ont intégré des directions dans le cadre de la création de l'ASNR.

• La Mission expertise et animation met à disposition de l'ASN des capacités d'expertise de haut niveau et identifie les besoins de connaissances dans le domaine de la recherche. Elle s'assure de la cohérence des actions par la démarche qualité de l'ASN et par l'animation et la coordination des équipes. La mission est composée de huit personnes en charge de l'expertise, la relation avec l'IRSN, la recherche, la qualité, l'archivage et la transmission des connaissances. La mission est en charge de l'animation du réseau recherche et du réseau qualité de l'ASN. Cette mission a intégré la Direction du fonctionnement et de la performance dans le cadre de la création de l'ASNR.

• La Mission soutien au contrôle s'assure que les contrôles réalisés par l'ASN sont conduits de manière pertinente, homogène, efficace et conformément aux valeurs de l'ASN. À cette fin, elle anime notamment les processus d'établissement et de suivi du programme d'inspection de l'ASN et de contrôle des organismes agréés des services et également les actions de prévention et de traitement des suspicions de fraude. Elle pilote le traitement des alertes externes.

• La Mission réacteurs innovants est chargée de contrôler les nouveaux projets de PRM (ou *Small Modular Reactors* – SMR), à vocation industrielle ou de prototype expérimental, de technologie autre que celle des REP. Le contrôle porte sur la sûreté nucléaire, dans ses dimensions techniques, mais aussi organisationnelles et humaines, la radioprotection, la protection de l'environnement, les interfaces sûreté-sécurité et la gestion des situations d'urgence. Cette mission devient la Direction des réacteurs innovants dans le cadre de la création de l'ASNR.

Au terme de travaux menés de concert par l'ASN et l'IRSN tout au long de l'année 2024, afin d'être immédiatement opérationnels dès le 1er janvier 2025 et d'assurer pleinement l'intégralité des missions confiées lors du regroupement des deux entités au sein de la nouvelle Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection, plusieurs directions de l'IRSN sont venues enrichir celles de l'ASN ou les compléter en se regroupant. L'ASNR compte désormais également les directions suivantes :

• La Mission d'appui à la transformation est chargée de la conduite et de l'accompagnement du changement. En particulier, elle assiste le comité exécutif dans le pilotage de la construction puis de la mise en œuvre de l'organisation cible de l'ASNR. Cette structure héberge le laboratoire d'idéation[3].

• La Direction du fonctionnement et de la performance assiste le comité exécutif pour l'animation des services, la mise en œuvre du système de management intégré et l'amélioration de la performance, le pilotage de groupes permanents d'experts, le suivi des demandes d'appui technique internes ou externes et le suivi des expertises externes. Elle coordonne en particulier l'élaboration des conventions. En charge du contrôle et de l'audit internes indépendants des directions métiers, elle participe à la prévention et à la détection des dérives ou manquements. Elle assiste également l'autorité qualifiée pour la sécurité des systèmes d'information (AQSSI), pilote la conformité au règlement général sur la protection des données (RGPD) et est chargée de piloter la politique RSE de la nouvelle Autorité de sûreté.

3. Plateforme d'innovation qui permet à tout personnel d'expérimenter de nouvelles méthodes de recherche de solutions.

Les chefs de division



De gauche à droite : **M. Rasson, E. Jambu, T. Meisgny, M. Riquart, P. Durliat, G. Lafforgue, P. de Guibert, M. Champion, L.-V. Bouthier, A. Fontaine (***absente sur la photo :* **C. Perier).**

• La Direction du pilotage scientifique assiste le directeur scientifique pour l'élaboration de la stratégie scientifique validée par le collège. Elle décline cette stratégie en objectifs stratégiques et suit leur atteinte par les directions chargées de la réalisation des programmes de recherche correspondants. Elle assiste le comité exécutif et les directions chargées d'activités de recherche pour préparer et coordonner l'évaluation scientifique. Elle élabore une vision prospective en matière de partenariats de recherche. Elle procède à l'identification, le cas échéant en lien avec la Direction internationale, et à l'animation transverse des partenariats en recherche avec les organismes de recherche et les industriels du nucléaire.

• La Direction de l'expertise en sûreté réalise des expertises, en matière de sûreté et de radioprotection, des installations nucléaires de base civiles (autres que les stockages de déchets radioactifs) et de transports de substances radioactives, à destination d'autres directions de l'ASNR et d'entités externes françaises, notamment dans le domaine de la défense et de la sécurité, ou étrangères. Elle pilote, en intégrant les autres unités de l'ASNR, les réflexions sur les évolutions et la formalisation des démarches de sûreté. Elle réalise des études en support à son expertise et développe, en collaboration notamment avec les directions de la recherche, les outils nécessaires à son expertise. La direction de l'expertise en sûreté identifie les besoins en matière de connaissances à acquérir pour son domaine d'activités. Enfin, elle est en charge des actions de suivi et d'anticipation du fonctionnement du « cycle du combustible ».

• La Direction de la recherche en sûreté est chargée d'élaborer et de mener les programmes de recherche et d'étude de l'ASNR dans le domaine de la sûreté des installations nucléaires et des transports. Elle recueille les besoins en termes de développement ou d'approfondissement des connaissances scientifiques et techniques, des outils et méthodes nécessaires à l'accomplissement des missions de l'ASNR dans le domaine de la sûreté nucléaire. Elle les traduit en propositions de programmes de recherche ou d'étude qu'elle met ensuite en œuvre par ses moyens propres, qu'elle maintient en conditions opérationnelles et développe. Des partenariats nationaux, européens et internationaux permettent d'optimiser ses programmes de recherche.

• La Direction de l'expertise et de la recherche en santé met en œuvre les actions de recherche et d'expertise de l'ASNR relatives :
- à la prévention des expositions professionnelles et des patients, de fournir des avis et analyses à caractère médical, le cas échéant en ce qui concerne les victimes d'accidents d'irradiation ;
- à la préparation à la gestion des situations d'urgence. Ces activités couvrent le développement de doctrines, de méthodes et d'outils nécessaires à l'évaluation de ces situations, au pronostic de leur évolution et à la prévision des conséquences. Elles concernent aussi l'organisation et les moyens techniques et humains que l'ASNR devrait mobiliser pour faire face à de telles situations, tant en phase d'urgence que post-accidentelle.

• La Direction de l'expertise et de la recherche en environnement met en œuvre les actions de recherche et d'expertise de l'ASNR relatives :
- à la protection de l'environnement contre les rayonnements ionisants, notamment au comportement et aux effets des radionucléides au sein des écosystèmes, aux transferts à l'Homme, à la surveillance radiologique du territoire national, à l'exposition des populations et aux interventions pour caractérisations radiologiques ;
- aux installations de stockage de déchets radioactifs et miniers, à la gestion des sites pollués, à la caractérisation des sites et des aléas naturels et au comportement des radionucléides dans les milieux géologiques.

Elle contribue, dans son domaine, à la préparation et à la gestion des situations de crise, conformément aux priorités arrêtées par le directeur délégué à l'urgence.

• La Direction internationale est chargée de développer les échanges avec les homologues étrangers de l'ASNR et les autres organisations étrangères et internationales intervenant dans les champs de compétences de l'ASNR. Elle est également chargée de l'animation des relations avec l'ensemble des réseaux régionaux et internationaux intervenant dans les champs de compétences de l'ASNR. En coordination étroite avec la direction du pilotage scientifique, elle est l'interlocuteur de la Commission européenne pour ses programmes de recherche, développement et innovation, et elle promeut les relations et les partenariats scientifiques avec les organismes de recherche internationaux étrangers, intervenant dans les champs de compétences de l'ASNR. La Direction internationale assure également le pilotage des prestations internationales. Elle appuie le comité exécutif et le collège en matière de relations internationales.

• La Direction des relations, de la participation et de la communication propose au collège les stratégies de communication, d'ouverture à la société et de relations publiques et est ensuite chargée de les mettre en œuvre. Elle coordonne et veille à la cohérence des actions vers et avec le grand public, les parties prenantes, les sociétés savantes, le public professionnel, le public institutionnel, les médias et les personnels de l'ASNR. Elle est également chargée des relations publiques et appuie le comité exécutif et le collège en matière de relations institutionnelles, notamment avec le Parlement. Cette direction est le fruit de la fusion entre le Bureau de la communication et de l'information des publics de l'ASN et la Direction de la communication et le Service des politiques d'ouverture à la société (SPOS) de l'IRSN dans le cadre de la création de l'ASNR.

• La Direction des ressources humaines est responsable de la politique de recrutement, de la rémunération des personnels, de la gestion prévisionnelle de l'emploi et des compétences, de la gestion des habilitations des inspecteurs, de la santé au travail, des questions juridiques relatives au personnel et des relations sociales. Cette direction est le fruit de la fusion entre le Bureau des ressources humaines de l'ASN et la Direction des ressources humaines de l'IRSN.

• La Direction des affaires financières participe à la définition et met en œuvre la stratégie budgétaire et financière de l'ASNR, validée par le collège. À ce titre, elle est chargée de la programmation, de la mise en œuvre et du suivi de la politique budgétaire et financière de l'ASNR. Elle représente l'ASNR au titre des questions budgétaires et financières. Elle garantit la fiabilité et la conformité des procédures

Les délégués territoriaux



De gauche à droite : **H. Brûlé, O. David, J. Labit, A. Beauval, M. Hoeltzel, C. Grisez, S. Forest (***absents sur la photo :* **J.-P. Deneuvy, V. Jechoux et E. Gay).**

budgétaires, de préparation et d'exécution budgétaire, tient la comptabilité budgétaire et réalise le contrôle interne financier et le contrôle de gestion financier de l'ASNR. Elle définit la politique d'achat, réalise les achats et administre les recettes de l'ASNR. Elle assure la gestion administrative et financière des missions et déplacements du personnel de l'ASNR. Elle participe à la collecte des taxes sur les installations nucléaires de base et les taxes additionnelles en lien avec la Direction générale des Finances publiques (DGFIP). Cette direction regroupe le Bureau budget finance de l'ASN et le Secrétariat général de l'IRSN.

• La Direction des sites, de la sécurité et du patrimoine est chargée de la sécurité des personnes et des biens, de la protection de l'environnement, des services généraux, ainsi que de la gestion et de la valorisation du patrimoine mobilier et immobilier de l'ASNR et, plus largement, de ses sites. Au titre de ses missions de prévention, elle assure la coordination de l'ensemble des personnes compétentes en radioprotection de l'ASNR, que leurs postes soient décrits au sein des directions de site ou au sein du Service compétent en radioprotection (SCR). Cette direction regroupe le Bureau logistique et immobilier et le SCR de l'ASN avec les mêmes services dédiés de l'IRSN.

• La Direction du numérique et de ses usages est chargée de proposer les stratégies et les politiques relatives aux systèmes d'information et aux données, et de garantir leur mise en œuvre. Elle anime et accompagne la transformation numérique et la gouvernance des données de l'ASNR. Elle assure la gouvernance des usages, produits, services et infrastructures numériques. Elle met en place les conditions d'accès, d'exploitation et de valorisation des données. Elle assure la veille et la prospective sur les technologies émergentes et conduit des actions d'innovation. Elle met en œuvre la politique de sécurité des systèmes d'information et assure le maintien en conditions opérationnelles et de sécurité de ces systèmes. Elle est chargée d'assister les directions de l'ASNR dans l'élaboration, le déploiement, le maintien et l'évolution de leurs produits et infrastructures numériques. Elle propose et met en œuvre l'environnement de travail numérique et les infrastructures distribuées fixes et mobiles. Le Bureau de l'informatique et des usages numériques de l'ASN a fusionné avec la Direction des systèmes d'information (DSI) de l'IRSN.

• L'Université de la sûreté nucléaire et de la radioprotection est chargée d'assurer le développement et l'animation de dispositifs et actions visant, en interne, à l'apprentissage (formation notamment) et l'utilisation des connaissances nécessaires pour la réalisation des différentes activités (réglementation, expertise, recherche, etc.) de l'ASNR, ainsi que le partage et la transmission en externe des connaissances et des réglementations de l'ASNR. Les dispositifs et actions portent sur la préservation, l'accès, le partage et la transmission par la formation des connaissances et compétences de l'ASNR. Elle anime la filière experts.

Les divisions territoriales de l'ASN

L'ASN bénéficie depuis de longues années d'une organisation régionale fondée sur ses 11 divisions territoriales. Ces divisions exercent leurs activités sous l'autorité de délégués territoriaux. Le directeur de la Dreal ou de la Drieat compétent sur le lieu d'implantation de la division considérée assure cette responsabilité de délégué. Il est mis à disposition de l'ASN pour l'accomplissement de cette mission. Une délégation du président de l'ASN lui confère la compétence pour signer les décisions du niveau local.

Les divisions réalisent l'essentiel du contrôle direct des INB, des transports de substances radioactives et des activités du nucléaire de proximité et instruisent la majorité des demandes d'autorisation déposées auprès de l'ASN par les RAN implantées sur leur territoire. Elles sont organisées en pôles, au nombre de deux à quatre en fonction des activités à contrôler sur leur territoire.

Dans les situations d'urgence, les divisions assistent le Préfet, responsable de la protection des populations, et éventuellement le Préfet de zone de défense, et assurent une surveillance des opérations de mise en sûreté de l'installation sur le site. Dans le cadre de la préparation de ces situations, elles participent à l'élaboration des plans d'urgence établis par les Préfets et aux exercices périodiques.

Les divisions contribuent à la mission d'information du public de l'ASN. Elles participent par exemple aux réunions des CLI et entretiennent des relations suivies avec les médias locaux, les élus, les associations, les exploitants et les administrations locales.

2.3.3 Le fonctionnement en 2024

Les ressources humaines

L'effectif global de l'ASN s'élève au 31 décembre 2024 à 541 personnes, réparties entre les services centraux (319 agents) et les divisions territoriales (222 agents).

Cet effectif se décompose de la manière suivante :

• 484 agents fonctionnaires ou agents contractuels ;

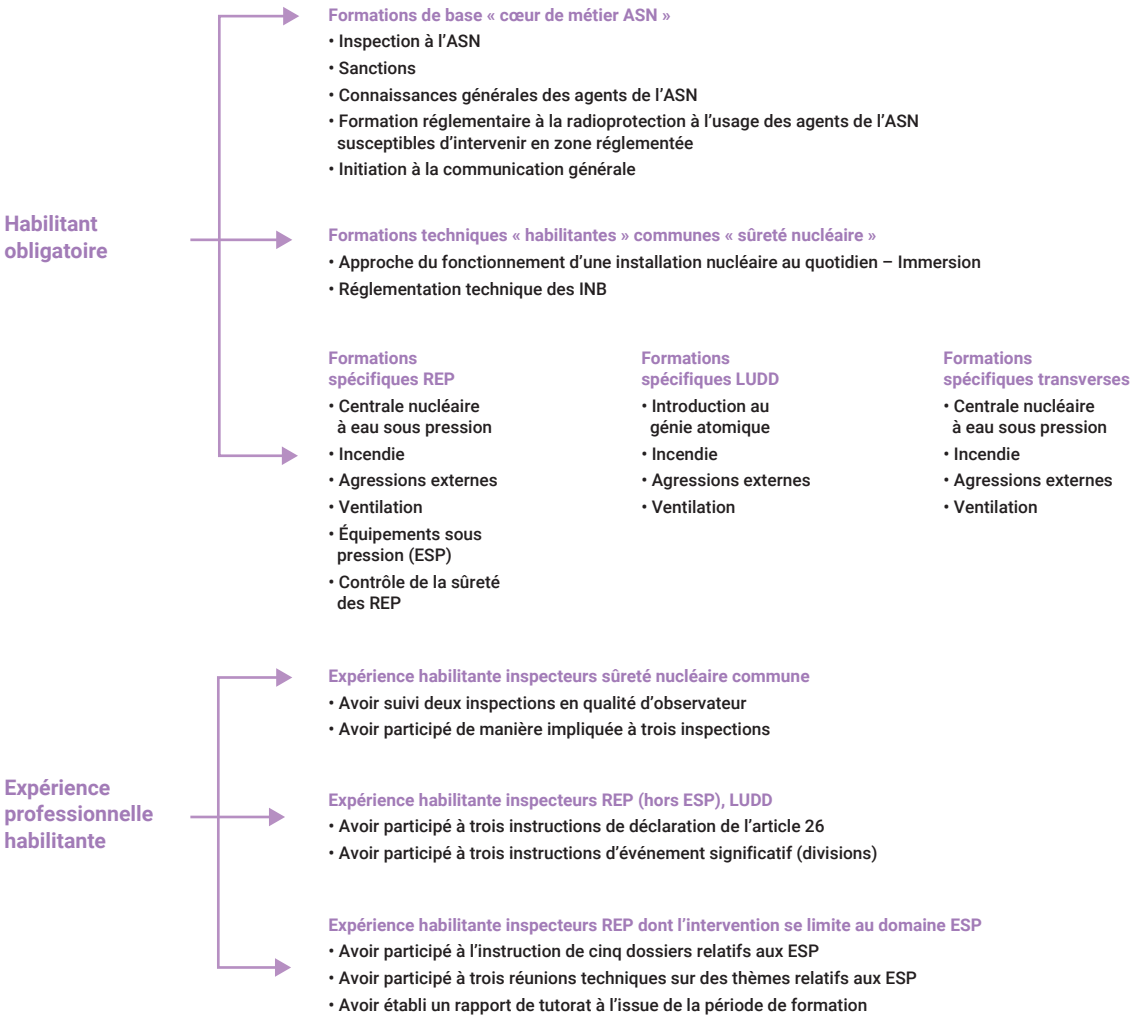
• 57 agents mis à disposition par des établissements publics (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs – Andra, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – CEA, IRSN, service départemental d'incendie et de secours – SDIS). L'ASN met en œuvre une politique de recrutement diversifié avec l'objectif de disposer de ressources humaines suffisantes en nombre, qualifiées et complémentaires, nécessaires à ses missions.

La création de l'ASNR

En parallèle des travaux préparatoires sur le projet de loi dédié à cette réforme par le Gouvernement, les directions de l'ASN et de l'IRSN ont entrepris tout au long de l'année 2024 un travail de définition des principes d'organisation et de fonctionnement de la future entité, travail auquel est associé, par étapes, l'ensemble du personnel des deux organismes. Douze groupes de travail (GT) ont été ainsi créés conjointement, par thèmes d'activités ou de missions, afin de couvrir l'ensemble du champ d'activités et de missions de l'ASN et de l'IRSN (Instruction, expertise, inspection ; Crise, intervention et surveillance ; Affaires juridiques ; etc.). Le pilotage global des travaux était assuré par un comité spécifique, le comité de coordination, réunissant des représentants des états-majors de l'ASN et de l'IRSN.

Les services de l'ASN, ainsi que ceux de l'IRSN, ont également participé aux travaux sous le pilotage de la DGFIP (associant notamment le Service de contrôleurs budgétaires et comptables ministériels – CBCM) et l'Agence pour l'informatique

Cursus 2024 de formation d'inspecteur « sûreté nucléaire » qualification réacteur à eau sous pression (REP), laboratoires, usines, démantèlement et déchets (LUDD) et transverse



financière de l'État (AIFE) pour étudier les sujets relatifs à la fonction financière et comptable. Les travaux menés dans ce cadre ont porté notamment d'une part, sur la création d'un nouveau programme budgétaire dédié à l'ASNR ; d'autre part, sur la définition des ressources dédiées aux activités transférées au CEA et au ministère chargé des armées.

Un troisième volet de l'activité des services de l'ASN a porté sur l'élaboration des décrets pris en application de la loi afin que ceux-ci soient prêts avant le 31 décembre 2024 (*voir la partie « Actualités réglementaires »*).

Enfin, pour permettre à l'ASNR de fonctionner et d'assurer la continuité de ses missions, une liste d'actions dites « incontournables » dans les domaines fonctionnels (versement de la paie, mise en place d'une adresse mail commune, pré-positionnement des personnels au sein de la future Autorité, etc.) a été définie dès décembre 2023 et les services de l'ASN ont été mobilisés afin de lever l'ensemble des obstacles pour le 1er janvier 2025.

La gestion des compétences

La compétence, aux côtés de l'indépendance, de la transparence et de la rigueur, constitue une des valeurs fondamentales de l'ASN. Le compagnonnage, la formation initiale et continue, qu'elle soit générale, liée aux techniques du nucléaire, au domaine de la communication ou juridique, ainsi que la pratique au quotidien sont des éléments essentiels du professionnalisme des agents de l'ASN.

La gestion de la compétence des agents de l'ASN est fondée notamment sur un cursus de formations techniques habilitantes défini pour chaque agent en application d'un référentiel de formation métier intégrant des conditions d'expérience minimales.

En application des dispositions des articles L. 592-22 et L. 592-23 du code de l'environnement qui disposent notamment que « *L'[ASN] désigne parmi ses agents les inspecteurs de la sûreté nucléaire [...] et de la radioprotection* » et du décret n° 2007-831 du 11 mai 2007 fixant les modalités de désignation et d'habilitation des inspecteurs de la sûreté nucléaire qui dispose que les « *inspecteurs de la sûreté nucléaire et les agents chargés du contrôle des équipements sous pression nucléaires [...] sont choisis en fonction de leur expérience professionnelle et de leurs connaissances juridiques et techniques* », l'ASN a mis en place un processus formalisé conduisant à habiliter un grand nombre de ses agents pour effectuer ses inspections et, le cas échéant, exercer des missions de police judiciaire. L'ASN exerce également la mission d'inspection du travail dans les centrales nucléaires, en application de l'article R. 8111-11 du code du travail. La décision d'habilitation que prend alors l'ASN repose, pour chacun des inspecteurs concernés, sur l'adéquation entre les compétences qu'il a acquises, à l'ASN et en dehors, et celles prévues dans le référentiel métier.

Au 31 décembre 2024, l'ASN compte 332 inspecteurs de la sûreté nucléaire ou de la radioprotection ayant au moins une habilitation, soit 61,4 % des 541 agents de l'ASN.

Des travaux de réingénierie de la formation pour adapter les modules à la suite de la pandémie de Covid-19 ont conduit à une optimisation du temps de formation

en salle. En 2024, 4 529 jours de formation ont été dispensés aux agents de l'ASN sur une très grande variété de thématiques représentant 137 actions de formation, en présentiel ou en visioconférence. À ces chiffres, il convient d'ajouter un important volume d'heures consacré par chaque stagiaire à l'autoformation.

Le comité de formation s'assure de l'adéquation du dispositif de formation avec les besoins et les objectifs stratégiques fixés dans le cadre du Plan stratégique pluriannuel.

Le dialogue social

L'ASN, en tant qu'administration de l'État, dispose de trois instances de dialogue social :

- le comité social d'administration de proximité (CSAP) qui a remplacé le comité technique à compter du 1er janvier 2023 ;
- la commission consultative paritaire (CCP) ;
- la formation spécialisée en matière de santé, de sécurité et de conditions de travail (FSSSCT) instituée au sein du CSAP, à compter du 1er janvier 2023, et qui reprend la plupart des attributions de l'ancien comité (comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail – CHSCT).

Le CSAP et sa formation spécialisée sont deux instances qui permettent des échanges internes riches et réguliers sur tous les sujets touchant les questions collectives de travail.

Le CSAP traite les questions relatives à l'organisation et au fonctionnement des services, les orientations stratégiques de politique de ressources humaines, l'organisation du travail.

La formation spécialisée est compétente pour les thématiques relatives à la protection de la santé physique et mentale, l'hygiène, la sécurité des agents, l'utilisation des outils numériques, l'amélioration des conditions de travail.

La CCP est une instance compétente pour connaître et être consultée sur certaines décisions relatives à la situation individuelle des agents contractuels.

Au cours de l'année 2024, le CSAP de l'ASN s'est réuni à 14 reprises pour aborder différents sujets (la politique de recrutement et de rémunération des agents mise en place pour renforcer l'attractivité de l'ASN et de la future ASNR, le projet d'organisation des services de l'ASNR, l'organisation du dialogue social au sein de l'ASNR à compter du 1er janvier 2025, la gestion de la crise et l'organisation des astreintes au sein de la future ASNR, le projet de règlement intérieur de la future ASNR, la prise en compte des FSOH dans le cadre du rapprochement entre l'ASN et l'IRSN, etc.). Il a rendu des avis sur des textes présentés par l'administration (le règlement intérieur des instances, la création d'une mission MRI, la procédure interne de recueil et de traitement des signalements pour les lanceurs d'alerte, le bilan du télétravail, le rapport social unique, la charte des déplacements, etc.).

Le CSAP a été saisi spécifiquement pour avis, sur le projet de loi relatif à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire.

La FSSSCT s'est, quant à elle, réunie à deux reprises en 2024. Elle s'est attachée à ce que soient pris en compte les aspects santé et sécurité au travail, la prévention des risques professionnels, l'amélioration des conditions de travail dans les projets de modifications d'organisation et de fonctionnement de l'ASN et dans l'accomplissement de ses missions.

Elle a notamment examiné et suivi un plan de prévention des risques psychosociaux, déployé dans le cadre du contexte de création de l'ASNR. Elle a également mis à jour la procédure de signalement (risques psychosociaux, violences sexistes et sexuelles au travail).

Dans le cadre de son rôle de prévention des risques professionnels, la FSSSCT a été informée de la procédure prévue pour la gestion des risques psychosociaux, ainsi que du dispositif prévu pour l'envoi d'agents sur site en cas de situation d'urgence.

La FSSSCT a également émis des avis portant sur le bilan de la radioprotection en 2023.

La CCP, compétente pour les agents contractuels, n'a pas eu de situation individuelle à examiner en 2024 et ne s'est donc pas réunie.

Enfin, dans le cadre de la conduite du dialogue social, des rencontres régulières entre les représentants des personnels se sont tenues tout au long de l'année.

Dans le cadre de la création de l'ASNR prévue à compter du 1er janvier 2025, 11 réunions de la commission de concertation relative au projet de fusion se sont tenues conformément à l'accord signé en décembre 2023 avec les organisations syndicales de l'ASN et de l'IRSN. Cette instance est complémentaire aux instances représentatives du personnel de chaque entité et a pour objectif de favoriser la concertation entre les directions générales et les représentants des personnels de l'ASN comme de l'IRSN. Ainsi, cette commission a régulièrement fait le point sur l'avancée des travaux relatifs à la construction de l'ASNR, et sur les projets de décrets soumis en parallèle à l'avis des instances de dialogue social respectives de l'ASN et de l'IRSN.

La déontologie

Les règles déontologiques concernant les commissaires, les agents et les experts de l'ASN, prévues par plusieurs textes législatifs et réglementaires intervenus depuis 2011, sont rassemblées dans les deux annexes du règlement intérieur de l'ASN adopté en 2018 : la première contient les dispositions relatives à la déontologie des commissaires et des agents, la seconde contient les dispositions relatives à l'expertise externe réalisée à la demande de l'ASN, par exemple dans le cadre des GPE (*voir ci-après*).

Parmi les règles en vigueur à l'ASN destinées à prévenir les conflits d'intérêts, il y a lieu de mentionner les obligations déclaratives :

- déclaration publique d'intérêts (DPI) prévue par l'article L. 1451-1 (issu de la loi n° 2011-2012 du 29 décembre 2011 relative au renforcement de la sécurité sanitaire du médicament et des produits de santé) et les articles R. 1451-1 et suivants du code de la santé publique : la décision CODEP-CLG-2012-033820 du président de l'ASN du 4 juillet 2012 soumet à DPI les membres du collège, du comité de direction et du Groupe permanent d'experts en radioprotection pour les applications médicales et médico-légales des rayonnements ionisants (GPMED), désormais intégré dans le Groupe permanent d'experts en radioprotection (GPRP), ainsi que les délégués territoriaux et les chefs de division territoriale. Les DPI ont été, jusqu'à la mi-juillet 2017, publiées sur *asn.fr*. Désormais, les DPI font l'objet d'une déclaration sur le site unique de télédéclaration. Une soixantaine de personnes sont soumises à DPI ;
- déclarations d'intérêts et de situation patrimoniale auprès de la Haute Autorité pour la transparence de la vie publique (HATVP) résultant de la loi n° 2013-907 du 11 octobre 2013 relative à la transparence de la vie publique : les membres du collège effectuent leurs déclarations sur le site Internet de la HATVP. Il en va de même pour les membres de la commission des sanctions, le directeur général, les directeurs généraux adjoints et le secrétaire général depuis le 15 février 2017, à la suite de la modification de la loi du 13 octobre 2013 ;
- déclaration d'intérêts « Fonction publique » prévue par l'article L. 122-2 du code général de la fonction publique prévue par l'article L. 122-2 du code général de la fonction publique régie par le décret n° 2016-1967 du 28 décembre 2016 : le référent déontologue et les agents de l'ASN exerçant les missions d'inspection du travail dans les centres nucléaires de production d'électricité sont soumis à cette obligation ;
- gestion par le directeur général de ses instruments financiers dans des conditions excluant tout droit de regard de sa part, en application de l'article L. 122-19 du code général de la fonction publique et du décret n° 2017-547 du 13 avril 2017 : le directeur général de l'ASN a fourni des éléments de justification à la HATVP avant le 2 novembre 2017.

Le président de l'ASN a désigné par décision en date du 27 janvier 2020 Alain Dorison comme référent déontologue.

Il a également été nommé référent laïcité et référent pour les alertes internes par cette même décision.

Il a été renouvelé dans ses fonctions pour une durée de trois ans par une décision en date du 30 janvier 2023.

Une procédure (voir décision CODEP-SGE-2023-024294 du président de l'ASN du 14 avril 2023) de recueil et de traitement des signalements internes émis par les agents ou anciens agents, les candidats évincés d'un recrutement, les collaborateurs extérieurs et occasionnels ou les cocontractants de l'ASN a été mise en place en application de la loi dite « Sapin 2 » n° 2016-1691 du 9 décembre 2016, modifiée par la loi n° 2022-401 du 21 mars 2022 et du décret n° 2022-1284 du 3 octobre 2022. Elle permet à l'intéressé de procéder à une alerte interne et également de signaler des informations portant sur un délit, une menace ou un préjudice pour l'intérêt général ou une violation d'une règle de droit dont il a une connaissance personnelle ou qui lui ont été rapportées dans le cadre de ses activités professionnelles.

Au-delà de la mise en œuvre des obligations rappelées ci-dessus, des actions de sensibilisation du personnel destinées à accroître la culture déontologique interne et à prévenir les conflits d'intérêts ont été réalisées telles que la mise en ligne sur l'intranet de documents pratiques (par exemple, sur la prévention des conflits d'intérêts et le rôle du contrôle déontologique des départs vers le secteur privé), l'insertion d'un module relatif aux règles déontologiques applicables aux agents de l'ASN dans le cadre des sessions de formation organisées pour les nouveaux arrivants, et un entretien vidéo dans lequel le référent déontologue présente, avec quelques exemples, ce qu'est la déontologie et quels sont les agissements de la vie professionnelle qui appellent une vigilance.

Le référent déontologue a été sollicité, sur l'année 2024, sur 38 cas individuels, dont :
- 16 avis sur embauche ;
- 8 avis sur la poursuite de carrière ;
- 4 avis sur les activités accessoires ;
- 8 avis sur le comportement professionnel.

Les moyens financiers

Les moyens financiers de l'ASN sont présentés au point 3.

Dans son avis n°2024-AV-0438 relatif au budget du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour les années 2024-2025, l'ASN rappelle la nécessité, au regard du cadre fixé par la loi n°2024-450 du 21 mai 2024 et l'évolution de l'organisation du contrôle, de disposer des moyens humains et financiers exprimés par l'ASN et l'IRSN au titre du budget 2025, condition indispensable à l'atteinte des objectifs ambitieux portés par la réforme. Ces demandes, tant en crédits qu'en emplois, doivent également permettre à l'ASN, puis à l'ASNR, la préparation de la fusion des organisations (notamment la convergence des systèmes d'information).

Les outils de management de l'ASN

Les outils de management de l'ASN et depuis le 1er janvier 2025 l'ASNR, sont notamment évalués lors des missions de revue par les pairs (*Integrated Regulatory Review Service* – IRRS), consacrées à l'analyse du système français de contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Le système de management par la qualité

Pour garantir et améliorer la qualité et l'efficacité de son action, l'ASN définit et met en œuvre un système de management par la qualité inspiré des standards internationaux de l'AIEA et de l'Organisation internationale de normalisation (*International Standard Organisation* – ISO). Ce système est fondé sur :
- un manuel d'organisation regroupant des notes d'organisation et des procédures qui définissent des règles pour réaliser chacune des missions ;
- des audits internes et externes pour veiller à l'application rigoureuse des exigences du système ;
- l'écoute des parties prenantes ;
- des indicateurs de performance qui permettent de surveiller l'efficacité de l'action ;
- une revue périodique du système dans un effort d'amélioration continue.

La communication interne

Renforcer la culture et réaffirmer la spécificité de l'ASN, mobiliser tous les agents autour des axes stratégiques définis pour la réalisation de leurs missions, développer une dynamique collective forte : la communication interne de l'ASN s'attache, tout comme la gestion des ressources humaines, à favoriser le partage d'informations et d'expériences entre les équipes et les métiers.

2.4 Les instances consultatives et de concertation

2.4.1 Le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire

La loi TSN a institué le HCTISN, instance d'information, de concertation et de débat sur les risques liés aux activités nucléaires et l'impact de ces activités sur la santé des personnes, sur l'environnement et sur la sécurité nucléaire.

Le HCTISN peut émettre un avis sur toute question dans ces domaines, ainsi que sur les contrôles et l'information qui s'y rapportent. Il peut également se saisir de toute question relative à l'accessibilité de l'information en matière de sécurité nucléaire et proposer toute mesure de nature à garantir ou à améliorer la transparence en matière nucléaire. Il peut être saisi par le Gouvernement, le Parlement, les CLI ou les exploitants d'installations nucléaires de toute question relative à l'information concernant la sécurité nucléaire et son contrôle.

Les activités du HCTISN sont décrites au chapitre 5.

2.4.2 Le Haut Conseil de la santé publique

Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP), créé par la loi n°2004- 806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique, est une instance consultative à caractère scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé.

Il contribue à la définition des objectifs pluriannuels de santé publique, évalue la réalisation des objectifs nationaux de santé publique et contribue à leur suivi annuel. Il fournit aux pouvoirs publics, en liaison avec les agences sanitaires, l'expertise nécessaire à la gestion des risques sanitaires, ainsi qu'à la conception et à l'évaluation des politiques et stratégies de prévention et de sécurité sanitaire. Il fournit également des réflexions prospectives et des conseils sur les questions de santé publique.

2.4.3 Le Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques

La consultation sur les risques technologiques est organisée devant le Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques (CSPRT), créé par l'ordonnance n° 2010-418 du 27 avril 2010. Ce conseil comprend, aux côtés des représentants de l'État, des exploitants, des personnalités qualifiées et des représentants des associations travaillant dans le domaine de l'environnement. Le CSPRT, qui succède au Conseil supérieur des installations classées, a vu ses compétences élargies aux canalisations de transport de gaz, d'hydrocarbures et de produits chimiques, ainsi qu'aux INB.

Le CSPRT est obligatoirement saisi par le Gouvernement pour avis sur les arrêtés ministériels relatifs aux INB. Il peut également être saisi par l'ASN pour les décisions relatives aux INB.

Par décret du 28 décembre 2016, le champ de compétence du CSPRT s'est à nouveau élargi. Une sous-commission permanente chargée de préparer des avis du conseil dans le domaine des ESP se substitue à la Commission centrale des appareils à pression (CCAP). Cette sous-commission a compétence délibérative pour l'examen des décisions non réglementaires entrant dans ce domaine de compétence.

Elle regroupe des membres des diverses administrations concernées, des personnes désignées en raison de leurs compétences, des représentants des fabricants et des utilisateurs d'ESP, et des organismes techniques et professionnels intéressés.

Elle est obligatoirement saisie par le Gouvernement et par l'ASN de toute question touchant aux arrêtés ministériels concernant les ESP. Elle reçoit également communication des dossiers d'accident concernant ces équipements.

2.4.4 Les commissions locales d'information et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli)

Les CLI auprès des INB ont une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'impact des activités nucléaires sur les personnes et l'environnement pour ce qui concerne les installations du site ou des sites qui les concernent. Elles peuvent faire réaliser des expertises ou faire procéder à des mesures relatives aux rejets de l'installation dans l'environnement.

Les CLI, dont la constitution incombe au président du conseil départemental, comprennent différentes catégories de membres : représentants des conseils départementaux, des conseils municipaux ou des assemblées délibérantes des groupements de communes et des conseils régionaux intéressés ; membres du Parlement élus dans le département ; représentants d'associations de protection de l'environnement, des intérêts économiques et d'organisations syndicales de salariés représentatives et des professions médicales ainsi que des personnalités qualifiées.

Le statut des CLI a été défini par la loi TSN du 13 juin 2006 et par les articles R. 125-50 et suivants du code de l'environnement. Il a été renforcé par la loi TECV de 2015.

Les missions et les activités des CLI sont décrites au chapitre 5.

L'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli) a pour missions de représenter les CLI auprès des autorités nationales et européennes et d'apporter une assistance aux commissions pour les questions d'intérêt commun.

2.5 Les appuis techniques de l'ASN

L'ASN bénéficie de l'expertise d'appuis techniques pour préparer ses décisions. Jusqu'au 31 décembre 2024, l'IRSN était le principal d'entre eux. L'ASN poursuit, par ailleurs, depuis plusieurs années, un effort de diversification de ses experts.

2.5.1 L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

Placé sous la tutelle des ministres chargés respectivement de l'environnement, de la défense, de l'énergie, de la recherche et de la santé, l'IRSN a été créé par la loi n° 2001-398 du 9 mai 2001 instaurant une agence française de sécurité sanitaire environnementale et par le décret n° 2002-254 du 22 février 2002 dans le cadre de la réorganisation nationale du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection afin de rassembler les moyens publics d'expertise et de recherche dans ces domaines, textes modifiés par la suite, notamment par l'article 186 de la loi TECV et le décret n° 2016-283 du 10 mars 2016 relatif à l'IRSN.

Établissement public de l'État à caractère industriel et commercial, l'IRSN a exercé jusqu'au 31 décembre 2024, à l'exclusion de toute responsabilité d'exploitant nucléaire, des missions d'expertise et de recherche dans le domaine de la sécurité nucléaire. L'IRSN contribuait à l'information du public et publiait les avis rendus sur saisine d'une autorité publique ou de l'ASN, en concertation avec celles-ci. Il organisait la publicité des données scientifiques résultant des programmes de recherche dont il avait l'initiative, à l'exclusion de ceux relevant de la défense.

Le président de l'ASN était membre du conseil d'administration de l'IRSN, l'ASN contribuait ainsi à l'orientation de la programmation stratégique de l'IRSN.

L'IRSN a conduit et mis en œuvre des programmes de recherche afin d'asseoir sa capacité d'expertise publique sur les connaissances scientifiques les plus avancées dans les domaines des risques nucléaires et radiologiques, tant à l'échelle nationale qu'internationale. Il était chargé d'une mission d'appui technique aux autorités publiques compétentes en sûreté, radioprotection et sécurité, aussi bien dans la sphère civile, notamment l'ASN, que dans celle de la défense.

L'IRSN assurait également certaines missions de service public, notamment en matière de surveillance de l'environnement et des personnes exposées aux rayonnements ionisants.

L'IRSN assurait la gestion de bases de données nationales (comptabilité nationale des matières nucléaires, fichier national d'inventaire des sources de rayonnements ionisants, fichier relatif au suivi de l'exposition des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants, etc.) et contribuait ainsi à l'information du public sur les risques liés aux rayonnements ionisants.

Les effectifs de l'IRSN

L'effectif global de l'IRSN au 31 décembre 2024 était de 1789 salariés ; en 2024, l'appui technique de l'IRSN à l'ASN a mobilisé 422 personnes équivalent temps plein travaillé.

Le budget de l'IRSN

Le budget de l'IRSN pour 2024 est présenté au point 3.

Une convention quinquennale définissait les principes et les modalités de l'appui technique fourni par l'Institut à l'ASN. Un protocole annuel recensait les actions à réaliser par l'IRSN en appui à l'ASN.

2.5.2 Les groupes permanents d'experts

Pour préparer ses décisions, l'ASN s'appuie sur les avis et les recommandations de sept GPE et d'un groupe transverse d'experts. Une distinction est faite entre l'expertise demandée à l'IRSN (*voir point 2.5.1*), et celle demandée aux GPE.

Les GPE donnent un avis, à la demande de l'ASN, sur certains dossiers techniques à forts enjeux en amont de la prise de décision. Les GPE sont composés d'experts nommés à titre individuel en raison de leur compétence et sont ouverts à la société civile. Leurs membres sont issus des milieux universitaires et associatifs et d'organismes d'expertise et de recherche. Ils peuvent également être des exploitants d'installations nucléaires ou appartenir à d'autres secteurs (industriel, médical, etc.).

La participation d'experts étrangers permet de diversifier les modes d'approche des problématiques et de bénéficier de l'expérience acquise au plan international.

L'ASN renouvelle tous les quatre ans la composition des GPE.

Tous les GP ont été renouvelés au 1er janvier 2023, à l'exception du GPRP qui a été créé en janvier 2022. Ils seront renouvelés selon les mêmes modalités par l'ASNR. En 2024, ils étaient répartis selon leurs domaines de compétence :

- le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs (GPR) ;
- le Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et les usines (GPU) ;
- le Groupe permanent d'experts pour les déchets (GPD) ;
- le Groupe permanent d'experts pour les transports (GPT) ;
- le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN) ;
- le Groupe permanent d'experts pour le démantèlement (GPDEM) ;
- le Groupe permanent d'experts pour la radioprotection (GPRP) ;
- le groupe transverse d'experts pour les réacteurs innovants (GT-RI).

Pour la majorité des sujets traités, les GPE étudient les rapports établis par l'IRSN, par un GT d'experts ou par l'une des directions de l'ASN. Les représentants des services de l'ASN ou des structures externes ayant réalisé l'expertise préalable à une réunion de GPE présentent au groupe leurs conclusions. À l'issue de chaque consultation, le GPE consulté peut émettre un avis écrit, pouvant être assorti de recommandations, à destination du directeur général de l'ASN. Les éléments relatifs au dossier sont mis à la disposition des membres des GPE afin qu'ils se forgent un avis éclairé et indépendant. Cette prise de recul est utile à la prise de décision.

En plus d'être consultés sur des dossiers soumis par un exploitant, les GPE jouent un rôle de garant de la doctrine en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection

TABLEAU 1 Réunions des groupes permanents d'experts en 2024

GPE	Date	Thème principal
GPR	1er février 2024	• Réunion d'information – Présentation du projet Nuward.
GPD	22 mars 2024	• Réunion de préparation de la séance des 24 et 25 avril 2024 portant sur le décret d'autorisation de création de Cigéo – Évaluation des données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo.
GPU	4 avril 2024	• Avis du GPU sur le dossier de réexamen périodique de la sûreté de l'INB 116 (usine UP3-A) d'Orano Recyclage de La Hague consacré aux ateliers T1, T3 et T5.
GPD	24 et 25 avril 2024	• Avis du GPD sur le 1er GP – Décret d'autorisation de création de Cigéo – Évaluation des données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo.
GPU	4 juin 2024	• Visite de l'INB 151, Melox, Orano Recyclage Marcoule.
GPESPN	7 juin 2024	• Avis du GPESPN sur les fissures de corrosion sous contrainte détectées sur les tuyauteries auxiliaires en acier austénitique du circuit primaire principal de différents REP.
GPDEM	20 juin 2024	• Avis du GPDEM sur le projet de Guide de l'ASN *Plan de démantèlement des installations nucléaires de base.*
GPR	25 juin 2024	• Avis du GPR sur les orientations du 5e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe.
GPU	27 juin 2024	• Avis du GPU sur le deuxième réexamen périodique de l'INB 151, Melox, Orano Recyclage Marcoule.
GPR	3 et 4 juillet 2024	• Avis du GPR sur l'examen des études d'agressions internes et externes du 4e réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe.
GTRPP	23 mai 2024	• Présentation du rapport sur les recommandations aux promoteurs dans le cadre des essais cliniques. • Présentation de l'avancement « CBCT dentaire ». • Présentation du rapport IRSN sur la « radiothérapie flash » et de la mise en place d'un recueil de données sur la technique de radiothérapie adaptative en France.
GPRP	11 juin 2024	• Présentation du rapport et du projet d'avis sur les recommandations aux promoteurs dans le cadre des essais cliniques. • Présentation du rapport de l'IRSN et ses recommandations pour l'usage des coefficients de dose efficace de la publication 144 de la Commission internationale de protection radiologique et des rapports *Federal guidance* 12 et 15, concernant l'exposition externe aux radionucléides.
GTRPP	24 septembre 2024	• Présentation du projet de rapport « CBCT Dentaire » et discussion sur les recommandations. • Présentation du rapport sur les enjeux de radioprotection liés à l'utilisation des outils numériques en santé.
GPRP	15 octobre 2024	• Présentation du rapport et du projet d'avis « CBCT Dentaire ». • Présentation et validation du projet de lettre de mission de pérennisation du GT GIMS. • Présentation par les experts du GPRP qui étaient associés au GPU sur le 2e réexamen périodique de l'INB 151.
GPR	17 octobre 2024	• Avis du GPR sur le retour d'expérience des REP d'EDF pour l'année 2022.
GPR	14 et 15 novembre 2024	• Avis du GPR sur les études d'accidents graves menées dans le cadre du 4e réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe.
GPESPN	22 novembre 2024	• Avis de GPESPN sur les fissures de corrosion sous contrainte détectées sur les tuyauteries auxiliaires en acier austénitique du circuit primaire principal de différents REP.
GPD	26 novembre 2024	• Réunion de préparation de la séance des 10 et 11 décembre 2024 portant sur le décret d'autorisation de création de Cigéo – Évaluation de sûreté en phase d'exploitation des installations de surface et souterraines.
GTRPP	28 novembre 2024	• Présentation du rapport *Equipment Study*. • Présentation d'un recueil de données sur la technique de radiothérapie adaptative en France (ICM).
GPDEM	29 novembre 2024	• Réunion d'information – retour de l'ASN sur le projet de guide *Plan de démantèlement des installations nucléaires de base.*
GPR	4 et 5 décembre 2024	• Avis du GPR sur les études d'accidents menées dans le cadre du 4e réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe.
GPD	10 et 11 décembre 2024	• Avis du GPD sur le 2e GP décret d'autorisation de création de Cigéo – Évaluation de sûreté en phase d'exploitation des installations de surface et souterraines.
GPESPN	17 et 18 décembre 2024	• Avis du GPESPN sur la tenue en service de la zone de cœur des cuves des réacteurs de 1 300 MWe pendant la période de 10 ans suivant leur 4e visite décennale et aux méthodes de calcul mobilisées dans la révision des dossiers de référence réglementaire.

et contribuent à son évolution. Ils peuvent être associés aux réflexions sur les évolutions de la réglementation, ou sur une thématique générale de sûreté nucléaire ou de radioprotection.

En tant qu'instance d'expertise, les membres des GPE sont tenus de respecter les dispositions de la Charte de l'expertise externe figurant à l'annexe 2 au règlement intérieur de l'ASN. Chaque membre des GPE établit une déclaration d'intérêt. Celles des membres du GPRP et de son groupe de travail dédié à la radioprotection des patients (GTRPP) sont rendues publiques.

Un règlement intérieur commun à l'ensemble des GPE est en vigueur et prévoit notamment un cadre pour l'identification et la gestion des liens et conflits d'intérêts.

Dans sa démarche de transparence en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection, l'ASN rend publics depuis 2009 les lettres de saisine des GPE, les avis rendus par les GPE ainsi que les positions prises par l'ASN sur la base de ces avis. L'IRSN publie de son côté les synthèses des rapports d'instruction technique qu'il présente aux GPE.

GPR « réacteurs nucléaires »
Présidé par Thierry Charles, le GPR rassemble des experts nommés en raison de leurs compétences dans le domaine des réacteurs nucléaires. Il est composé de 36 membres.

GPU « laboratoires et usines »
Présidé par Alain Dorison, le GPU rassemble des experts nommés en raison de leurs compétences dans le domaine des laboratoires et des usines concernés par des substances radioactives. Il est composé de 30 membres.

GPD « déchets »
Présidé par Marie-Pierre Comets, le GPD rassemble des experts nommés en raison de leurs compétences dans les domaines nucléaire, géologique et minier. Il compte 35 membres.

GPT « transports »
Présidé par Pierre Maleysis, le GPT rassemble des experts nommés en raison de leurs compétences dans le domaine des transports de matières radioactives. Il est composé de 26 membres.

GPESPN « équipements sous pression nucléaires »
Présidé par Matthieu Schuler, le GPESPN rassemble des experts nommés en raison de leurs compétences dans le domaine des ESP et compte 33 membres.

GPDEM « démantèlement »
Le GPDEM rassemble des experts nommés en raison de leurs compétences dans le domaine du démantèlement des INB. Composé de 31 membres, il est présidé par intérim par Dorothée Conte, vice-présidente du GPDEM.

GPRP « radioprotection »
Présidé par Jean-Luc Godet, le GPRP est composé de 36 experts nommés en raison de leurs compétences dans les domaines de:
• la radioprotection des travailleurs, du public et de l'environnement pour les applications médicales et médico-légales, vétérinaires, industrielles et de recherche des rayonnements ionisants, ainsi que pour les rayonnements ionisants d'origine naturelle (radon, rayonnements cosmiques ou telluriques);
• la radioprotection des patients.

En raison des spécificités des sujets relatifs à la radioprotection des patients, un groupe de travail dédié à la radioprotection des patients (GTRPP) est rattaché au GPRP. Le GTRPP est présidé par Thierry Sarrazin et est composé de 25 experts, dont neuf experts communs avec le GPRP.

GT-RI « réacteurs innovants »
Présidé par Thierry Charles, le GT-RI a été créé en juin 2024 afin d'apporter un éclairage sur des sujets techniques ayant trait à l'arrivée de nouveaux projets de PRM innovants, à vocation industrielle ou de prototype expérimental, de technologie autre que celle des REP. Il peut être questionné sur l'ensemble des sujets instruits, à savoir la sûreté nucléaire des réacteurs concernés, dans ses dimensions techniques, organisationnelles et humaines, la radioprotection, la protection de l'environnement, les interfaces sûreté-sécurité ou la gestion des situations d'urgence. Il est composé de 16 membres issus des GPE (GPR, GPESPN, GPU, GPD et GPDEM).

2.5.3 Le comité scientifique

L'ASN s'appuie sur un comité scientifique placé auprès du collège de l'ASN pour l'accompagner dans l'identification des sujets de recherche à mener ou à approfondir dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, mission qui lui est confiée par le code de l'environnement. Les membres actuels du comité scientifique ont été nommés par le collège sur la base de leurs compétences notamment dans les domaines de la recherche en radioprotection et en sûreté nucléaire. En cours d'année, son président Michel Schwarz et trois de ses membres: Philippe Maingon, Jean-Claude Micaelli et Marc Vannerem, ont souhaité quitter le comité. À la fin de l'année 2024, le comité rassemblait Christophe Badie, Benoît De Boeck, Catherine Luccioni et Jean-Marc Cavedon, qui a assuré la présidence par intérim du comité jusqu'à la fin de l'année.

Le comité scientifique a tenu deux réunions plénières annuelles en 2024. Il a rendu son avis sur les travaux de recherche à mener et/ou à poursuivre sur le vieillissement des matériaux métalliques de composants non ou difficilement remplaçables des réacteurs électronucléaires en vue d'une décision sur la poursuite de leur fonctionnement jusqu'à 60 ans et au-delà. L'avis est publié sur *asn.fr*.

Dans le cadre de ses investigations sur le sujet des effets sanitaires résultant d'expositions combinées à des polluants chimiques et des radionucléides, le comité scientifique a poursuivi ses rencontres avec des organismes de recherche dont l'Andra, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail – Anses, le CEA, EDF, l'IRSN sur les aspects épidémiologiques et écotoxicologiques, Santé publique France, ainsi que des membres de l'Anccli. Le comité a rendu son avis sur l'identification des recherches sur le sujet à la fin de l'année 2024. Il sera publié sur *asnr.fr* en 2025.

Le mandat du comité scientifique de l'ASN a pris fin au 31 décembre 2024 dans le cadre de la construction de l'ASNR et de la création d'un Conseil scientifique, qui aura vocation à appuyer l'ASNR dans l'exercice de sa mission d'identification des sujets de recherche à mener ou à approfondir dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (article L. 592-28-2 du code de l'environnement).

2.5.4 Les autres appuis techniques de l'ASN

Pour diversifier ses expertises ainsi que pour bénéficier d'autres compétences particulières, l'ASN a engagé en 2024 environ 350 000 € et payé 450 000 €.

L'ASN a ainsi été en mesure de financer les expertises nécessaires à l'instruction des analyses de sûreté soumises par le CEA relatives à l'installation nucléaire Cabri, l'analyse du retour d'expérience de la construction du réacteur FA3 sous l'angle des facteurs organisationnels et humains pour dégager des axes de contrôle des réacteurs EPR 2, l'expertise des volets des risques non radiologiques des rapports de sûreté des réacteurs EPR 2 de Penly et 900 mégawatts électriques (MWe) de Chinon, ainsi que l'expertise de l'étude d'impact des réacteurs EPR 2 de Penly. Elle a également soutenu les travaux d'un post-doctorant visant à analyser la culture de sûreté de l'ASN à travers sa politique de contrôle. Enfin, elle a financé la mise en place d'un registre de suivi patient sur la technique adaptative, ainsi que la réalisation d'un état des lieux de l'offre et des pratiques en téléradiologie dont les résultats ont été publiés sur *asn.fr*.

2.6 Les groupes de travail pluralistes

Plusieurs groupes de travail pluralistes ont été mis en place par l'ASN; ils permettent à des parties prenantes de contribuer notamment à l'élaboration de doctrines, à la définition de plans d'action ou au suivi de leur mise en œuvre.

2.6.1 Le groupe de travail sur le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs

L'article L. 542-1-2 du code de l'environnement prescrit l'élaboration d'un PNGMDR, révisé tous les cinq ans, dont l'objet est de dresser le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets radioactifs, de recenser les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage, de préciser les capacités nécessaires pour ces installations et les durées d'entreposage et, pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif, de déterminer les objectifs à atteindre.

Le GT chargé du suivi de la mise en œuvre du PNGMDR comprend notamment des associations de protection de l'environnement, des experts, des industriels, des autorités de contrôle, ainsi que des producteurs et gestionnaires de déchets radioactifs. Il est coprésidé par la Direction générale de l'énergie et du climat et par l'ASN.

Ce GT fait partie du nouveau système de gouvernance du PNGMDR, qui comporte également une « Commission orientations » ayant vocation à éclairer le ministère sur les enjeux stratégiques du plan, et à laquelle l'ASN participe, sans voix délibérative toutefois.

Le chapitre 15 présente plus en détail le PNGMDR et son système de gouvernance.

2.6.2 Le Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire

En application d'une directive interministérielle du 7 avril 2005 sur l'action des pouvoirs publics en cas d'événement entraînant une situation d'urgence radiologique, l'ASN est chargée, en relation avec les départements ministériels concernés, de définir, de préparer et de mettre en œuvre les dispositions nécessaires pour gérer une situation post-accidentelle.

Afin d'élaborer une doctrine et après avoir testé la gestion post-accidentelle lors de la réalisation d'exercices nationaux et internationaux, l'ASN a rassemblé tous les acteurs concernés au sein d'un Comité directeur chargé de l'aspect post-accidentel (Codirpa).

Ce comité est composé de l'ASN, qui en assure l'animation, et de représentants des différents départements ministériels intéressés par le sujet, des agences sanitaires, d'associations, de représentants des CLI et de l'IRSN.

Les travaux du Codirpa sont présentés plus en détail au chapitre 4.

2.6.3 Le Comité d'analyse des nouvelles techniques et pratiques utilisant des rayonnements ionisants

Le Comité d'analyse des nouvelles techniques et pratiques utilisant des rayonnements ionisants (Canpri) a été créé le 8 juillet 2019.

Présidé par l'ASN, ce comité est composé de 14 experts issus des sociétés savantes et nommés par l'ASN, ainsi que de représentants des institutions sanitaires françaises (Haute Autorité de santé – HAS, Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé – ANSM, Institut national du Cancer – INCa, IRSN) et également des ministères en charge de la santé. Le Canpri a pour objectif d'identifier, dans le domaine médical, les nouvelles techniques et pratiques, d'analyser leurs enjeux en matière de radioprotection et d'élaborer des recommandations et conclusions, notamment sur la justification de ces nouvelles techniques et pratiques, ainsi

TABLEAU 2 Statut et activités des principales autorités de sûreté nucléaire civiles(*) en 2024

Pays/Autorités de sûreté	Statut			Activités						
					Radioprotection			Sécurité (protection contre la malveillance)		
	Administration	Agence gouvernementale	Agence indépendante	Sûreté des installations civiles	Grandes installations nucléaires	Hors INB	Patients	Sources	Matières nucléaires	Sûreté des transports
Europe										
Allemagne/ Bmub + *Länder*	■			■	■	■	■	■	■	■
Belgique/AFCN		■		■	■	■	■	■	■	■
Espagne/CSN			■	■	■	■	■	■	■	■
Finlande/STUK		■		■	■	■	■	■	■	■
France/ASN			■	■	■	■	■	■(**)		■
Royaume-Uni/ONR		■		■	■			■	■	■
Suède/SSM		■		■	■	■	■	■	■	■
Suisse/ENSI			■	■	■				■	■
Autres pays										
Canada/CCSN			■	■	■	■	■	■	■	■
Chine/NNSA	■			■	■	■		■	■	■
Corée/NSSC		■		■	■	■		■	■	■
États-Unis/NRC			■	■	■	■	■	■	■	■(***)
Inde/AERB		■		■	■	■	■	■	■	■
Japon/NRA		■	■	■	■	■	■	■	■	
Russie/ *Rostekhnadzor*	■	■		■	■			■	■	■
Ukraine/SNRIU	■	■		■	■	■		■	■	■

* Présentation schématique et simplifiée des principaux champs de compétence des entités (administrations, agences indépendantes au sein du Gouvernement ou agences indépendantes du Gouvernement) en charge du contrôle des activités nucléaires dans les pays nucléarisés dans le monde.
** La sécurité des sources a été attribuée à l'ASN par l'ordonnance du 10 février 2016. Cette disposition est entrée en vigueur le 1er juillet 2017.
*** Transport national seulement.

que sur la radioprotection des patients et des travailleurs.

Les sujets traités par le Canpri concernent notamment l'installation en France de la plateforme gyroscopique de radiochirurgie ZAP-X®, ainsi que l'effet « flash » en radiothérapie. Pour plus de détails sur ces sujets, se référer au point 1.3.2 du chapitre 7.

2.6.4 Les autres groupes de travail pluralistes

Considérant qu'il était nécessaire de faire progresser la réflexion et les travaux concernant la contribution des personnes et des organisations à la sûreté des installations nucléaires, l'ASN a décidé en 2012 de mettre en place un Comité d'orientation sur les facteurs sociaux, organisationnels et humains (Cofsoh). Le Cofsoh est une instance pluridisciplinaire et pluraliste. Il est présidé par l'ASN. Il est ouvert aux représentants institutionnels, aux associations de protection de l'environnement, aux RAN, aux experts dans les domaines des sciences humaines et sociales, aux CLI, aux fédérations professionnelles des métiers du nucléaire et aux organisations syndicales de salariés représentatives. Depuis 2024, le Cofsoh organise des cycles thématiques d'une durée d'un an.

Par ailleurs, l'ASN anime le comité national chargé du suivi du Plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon. Le 4e plan devait couvrir la période 2020-2024. La crise liée à la pandémie de Covid-19 a retardé l'achèvement du dispositif réglementaire et le lancement de certaines actions. Aussi, le plan est prolongé pour une durée de deux ans. Le bilan des indicateurs a été publié pour la première fois en 2024 (*voir chapitre 1*). Dans le cadre de ce plan, l'ASN pilote depuis 2018 un GT chargé de coordonner les actions de communication sur la gestion du risque radon, qui se réunit deux fois par an.

2.7 Les autres acteurs

Dans le cadre de ses missions de protection de la population contre les risques sanitaires des rayonnements ionisants, l'ASN entretient une coopération étroite avec d'autres acteurs institutionnels compétents sur les problématiques de santé.

2.7.1 L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé

L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) a été mise en place le 1er mai 2012. Établissement public placé sous la tutelle du ministère chargé de la santé, l'ANSM a repris les missions exercées par l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé et de nouvelles responsabilités lui ont été confiées. Ses missions centrales sont d'offrir un accès équitable à l'innovation pour tous les patients et de garantir la sécurité des produits de santé tout au long de leur cycle de vie, depuis les essais initiaux jusqu'à la surveillance après autorisation de mise sur le marché. Le site *ansm.sante.fr* présente l'Agence et son action. Cette convention est en cours de renouvellement.

2.7.2 La Haute Autorité de santé

La Haute Autorité de santé (HAS), autorité administrative indépendante créée en 2004, a pour mission essentielle le maintien d'un système de santé solidaire et le renforcement de la qualité des soins, au bénéfice des patients. Le site *has-sante.fr* présente la Haute Autorité et son action.

Une convention ASN-HAS existe depuis 2008 ; elle a été renouvelée le 2 mars 2021 pour six ans. Un plan d'action ASN-HAS est annexé à cette convention et fait l'objet de mises à jour régulières.

2.7.3 L'Institut national du cancer

L'Institut national du cancer (INCa), créé en 2004, a pour mission essentielle la coordination des actions de lutte contre le cancer. Le site *e-cancer.fr* présente l'Institut et son action. Des échanges réguliers ont lieu entre l'INCa et l'ASN.

2.8 Les autorités de sûreté : une comparaison internationale

Le tableau 2 décrit le statut et les activités des autorités de sûreté. En matière de statut, la plupart des autorités sont des agences gouvernementales ou des agences indépendantes. Sur le plan des activités, la plupart d'entre elles contrôlent l'ensemble du spectre des activités nucléaires, y compris en matière de protection contre la malveillance (à l'exception de la France pour les actes de malveillance).

3 — Le financement du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

Depuis 2000, l'ensemble des moyens en personnel et en fonctionnement concourant à l'exercice des missions confiées à l'ASN provient du budget général de l'État.

Dans la loi de finances 2024, le montant du budget de l'ASN (action 9 du programme 181 « Prévention des risques ») était de 75,19 M€ en crédits de paiement. Il comprenait 57,04 M€ au titre des dépenses de personnel et 18,15 M€ en crédits de paiement au titre des crédits de fonctionnement, des services centraux et des

Taxe INB, taxes additionnelles « recherche », « accompagnement » et « stockage », contribution spéciale Andra et contribution au profit de l'IRSN

Le président de l'ASN est chargé, en application du code de l'environnement, de liquider la taxe sur les INB instituée par l'article 43 de la loi n° 99-1172 du 30 décembre 1999 de finances pour 2000. Le produit recouvré de cette taxe, dont le montant est fixé tous les ans par le Parlement, s'est élevé à 557,67 M€ en 2024. Il est versé au budget de l'État.

Ladite loi crée également pour certaines INB trois taxes additionnelles dites respectivement « recherche », « accompagnement » et « stockage ». Le produit de ces taxes représente 122,85 M€ en 2024 et est reversé aux groupements d'intérêt public Objectif Meuse et Haute-Marne (« accompagnement »), des communes et établissements publics de coopération intercommunale (« stockage ») et à l'Andra (« recherche », en plus du produit de la contribution spéciale).

En outre, depuis 2014, l'ASN est chargée de la liquidation et de l'ordonnancement de la contribution spéciale instituée au profit de l'Andra par l'article 58 de la loi n° 2013-1279 du 29 décembre 2013 de finances rectificative pour 2013 et qui sera exigible jusqu'à la date d'autorisation de création du centre de stockage en couche géologique profonde.

À l'instar des taxes additionnelles, cette contribution est due par les exploitants des INB, à compter de la création de l'installation et jusqu'à la décision de radiation. Le produit de cette contribution représente 77,96 M€ en 2024.

Enfin, l'article 96 de la loi n° 2010-1658 du 29 décembre 2010 institue une contribution annuelle au profit de l'IRSN due par les exploitants d'INB. Cette contribution vise notamment à financer l'instruction des dossiers de sûreté déposés par les exploitants d'INB. Pour 2024, le produit de cette contribution représente 60,51 M€.

TABLEAU 3 **Répartition des contributions des exploitants**

Exploitant	Montant pour 2024 (en millions d'euros)			
	Taxe INB	Taxes additionnelles déchets et stockage	Contribution spéciale Andra	Contribution au profit de l'IRSN
EDF	530,60	96,67	63,00	47,48
Orano-Framatome	17,60	6,20	4,00	5,62
CEA	3,90	15,01	10,96	6,30
Andra	4,35	3,30	–	0,40
Autres	1,22	1,67	–	0,71
Total	**557,67**	**122,85**	**77,96**	**60,51**

11 divisions territoriales de l'ASN et des crédits d'intervention.

Les moyens budgétaires de l'ASN se répartissent sur cinq programmes de politiques publiques différents :
• l'action 9 « Contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection » du programme 181 « Prévention des risques » porte les effectifs et les crédits de personnel de l'ASN ainsi que les dépenses de fonctionnement, d'investissement et d'intervention engagées au titre de la réalisation de ses missions ;
• en outre, un certain nombre de charges relatives au fonctionnement (du siège et des divisions) sont intégrées dans les programmes supports du ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique (programme 218), du ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche (programme 217) et du ministère de l'Intérieur (programme 354). Le patrimoine de l'ASN sur ces différents programmes, tant en matière d'actes réalisés pour l'ASN que de crédits, ne peut être connu avec précision en raison du caractère global et mutualisé de ces programmes ;
• enfin, en application des dispositions de l'article L. 592-14 du code de l'environnement, « *l'Autorité de sûreté nucléaire est consultée par le Gouvernement sur la part de la subvention de l'État à l'IRSN correspondant à la mission d'appui technique apporté par cet Institut à l'Autorité.* » Ces crédits d'appui à l'ASN sont inscrits sur l'action 11 « Recherche dans le domaine des risques » du programme 190 « Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables ».

Le budget global de l'IRSN pour 2024 s'élevait à 307 M€, dont 88,4 M€ consacrés à l'action d'appui technique à l'ASN. Les crédits de l'IRSN pour l'appui technique à l'ASN proviennent pour partie (45,1 M€) du programme 190 (*voir ci-après*). Une autre partie (41,3 M€) provient d'une contribution due par les exploitants nucléaires. Cette contribution a été instaurée dans le cadre de la loi de finances rectificative n° 2010-1658 du 29 décembre 2010. Elle vise notamment à financer l'expertise des dossiers de sûreté déposés par les exploitants d'INB.

Par ailleurs, compte tenu d'un accroissement de dépenses lié aux effets de l'inflation (portant principalement sur les niveaux de rémunération, ainsi que sur le fonctionnement) affectant l'ensemble des activités de l'IRSN, dont l'appui technique à l'ASN, des moyens de financement complémentaires au travers du recours au fonds de roulement de l'établissement ont été mobilisés au titre de l'exercice 2024.

Au total, en 2024, le budget de l'État consacré à la transparence et au contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France s'est élevé à 313,76 M€.

À titre de repère, le montant des taxes recouvrées par l'ASN s'est élevé en 2024 à 758,48 M€ :
• 557,67 M€ au titre des taxes sur les INB (versés au budget général de l'État) ;
• 122,85 M€ au titre des taxes additionnelles « accompagnement », « stockage » et « recherche » (affectés à divers établissements dont l'Andra, communes et GIP) ;
• 77,96 M€ au titre de la contribution spéciale pour la gestion des déchets radioactifs (affectés à l'Andra).

4 — Perspectives

L'année 2025 sera marquée par la mise en place de la nouvelle Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection. Cette mise en place s'accompagnera d'un nouveau règlement intérieur, d'une nouvelle gouvernance pour assoir son fonctionnement, de nouvelles instances de dialogue social dans l'attente des élections professionnelles qui interviendront au plus tard en mars 2026. Il sera procédé à des modifications de l'organisation, le choix ayant été fait au 1er janvier de juxtaposer les deux organisations existantes à l'exception, pour partie, des fonctions transverses. Le financement de l'ASNR sera désormais assuré par un nouveau programme budgétaire (le programme 235) mis en place dans le cadre de la loi de finances 2025.

Une Commission d'éthique et de déontologie sera mise en place conformément aux dispositions de l'article L. 592-13-2. Elle sera notamment chargée de rendre un avis sur les questions d'ordre général relatives à l'application des règles de déontologie dans les services de l'ASNR ou bien encore des questions relatives aux situations individuelles.

Un Conseil scientifique sera créé en application des dispositions de l'article L. 592-28-3 du code de l'environnement. Ce Conseil a vocation à couvrir dans sa composition la diversité des domaines scientifiques. Il sera notamment consulté sur la stratégie scientifique et les programmes de recherche de l'ASNR.

Les GPE poursuivront leurs missions dans le cadre des dispositions prévues à l'article L. 592-13-3. Il en sera de même pour la Commission des sanctions qui poursuivra ses missions dans le cadre de l'ASNR.

Au plus tard le 1er juillet 2025, l'ASNR évaluera les moyens prévisionnels humains, techniques et financiers qui lui sont nécessaires dans les cinq années à venir pour exercer ses missions et présentera ses propositions au Gouvernement et à l'OPECST. À la même date, elle remettra également à l'OPECST un premier rapport dressant un bilan de sa création.

TABLEAU 4 Structuration budgétaire des crédits consacrés à la transparence et au contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France

Mission	Programme	Action	Nature	Ressources budgétaires				Recettes
				LFI 2023 AE (M€)	LFI 2023 CP (M€)	LFI 2024 AE (M€)	LFI 2024 CP (M€)	Taxe 2024 sur les INB (M€)
Mission ministérielle **Écologie, développement et aménagement durables**	**Programme 181 :** Prévention des risques	**Action 9 :** Contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection	Dépenses de personnel (y compris les salariés mis à disposition)	53,79	53,79	57,04	57,04	
			Dépenses de fonctionnement et d'intervention	13,13	17,83	13,45	18,15	
			Total	**66,92**	**71,62**	**70,49**	**75,19**	
		Action 1 : Prévention des risques technologiques et des pollutions	Fonctionnement (évaluation) du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire	0,15	0,15	0,15	0,15	
			Sous-total	**67,07**	**71,77**	**70,64**	**75,34**	
Mission ministérielle **Direction de l'action du Gouvernement**	**Programme 217 :** Conduite et pilotage des politiques de l'écologie, du développement et de la mobilité durables **Programme 354 :** Administration territoriale de l'État	–	Une partie du fonctionnement mutualisé des 11 divisions territoriales de l'ASN (immobilier, etc.)	Les crédits consacrés à l'ASN sur ces différents programmes ne sont pas identifiables en raison du caractère global et mutualisé de ces programmes				**557,67**
Mission interministérielle **Gestion des finances publiques et des ressources humaines**	**Programme 218 :** Conduite et pilotage des politiques économique et financière	–	Une partie du fonctionnement mutualisé des services centraux de l'ASN					
Mission interministérielle **Recherche et enseignement supérieur**	**Programme 190 :** Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de l'aménagement durables	**Sous-action 11-2 (axe 3) :** Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire	Activités d'appui technique de l'IRSN à l'ASN	43,70	43,70	45,1	45,1	
		Sous-action 11-2 (3 autres axes) : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire	–	135,70	135,70	137,52	137,52	
Contribution annuelle au profit de l'IRSN instituée par l'article 96 de la loi n° 2010-1658 du 29 décembre 2010 de finances rectificative pour 2010 dédiée aux activités de l'IRSN (hors appui technique à l'ASN)			–	19,27	19,27	19,2	19,2	
Contribution annuelle au profit de l'IRSN instituée par l'article 96 de la loi n° 2010-1658 du 29 décembre 2010 de finances rectificative pour 2010 dédiée aux activités d'appui technique de l'IRSN à l'ASN			–	41,43	41,43	41,30	41,30	
			Sous-total	**240,10**	**240,10**	**243,12**	**243,12**	**557,67**
Total général (hors IRSN et programmes 217, 218 et 354)				**152,20**	**156,90**	**156,89**	**161,59**	**557,67**
Total général ASN et IRSN (hors programmes 217, 218 et 354)				**307,17**	**311,87**	**313,76**	**318,31**	

Le bail de l'ASN a été renouvelé par anticipation pour une durée ferme de 9 ans en 2021. L'engagement a été réalisé en 2021 pour un montant total de 38,3 M€, montant qui prend en compte le loyer, les charges et les taxes prévisionnelles, ce qui explique le montant exceptionnel d'autorisations d'engagement par rapport aux autres années.

03

Le contrôle des activités nucléaires et des expositions aux rayonnements ionisants

Sommaire

1 **Vérifier que l'exploitant assume ses responsabilités** p. 151

1.1 **Les principes de la mission de contrôle de l'ASN**

1.2 **Le champ du contrôle des activités nucléaires**

2 **Proportionner le contrôle aux enjeux** p. 152

2.1 **Le contrôle réalisé par l'ASN**

2.2 **Les contrôles internes effectués par les exploitants**

2.2.1 Le contrôle interne des exploitants d'installations nucléaires de base

2.2.2 Le contrôle interne de la radioprotection par les utilisateurs de sources de rayonnements ionisants

2.3 **L'agrément d'organismes et de laboratoires**

3 **Réaliser un contrôle efficace** p. 154

3.1 **L'inspection**

3.1.1 Les objectifs et les principes de l'inspection

3.1.2 Les moyens mis en œuvre pour l'inspection

3.1.3 L'inspection des installations nucléaires de base et des équipements sous pression

3.1.4 L'inspection du transport de substances radioactives

3.1.5 L'inspection dans le nucléaire de proximité

3.1.6 Le contrôle des organismes et laboratoires agréés par l'ASN

3.1.7 Le contrôle des expositions au radon et aux rayonnements naturels

3.2 **L'analyse des démonstrations fournies par l'exploitant**

3.2.1 L'analyse des dossiers transmis par les exploitants des installations nucléaires de base

3.2.2 L'instruction des demandes prévues par le code de la santé publique

3.3 **Les enseignements tirés des événements significatifs**

3.3.1 La démarche de détection et d'analyse des anomalies

3.3.2 La mise en œuvre de la démarche

3.3.3 L'enquête technique menée en cas d'incident ou d'accident concernant une activité nucléaire

3.3.4 Le bilan statistique des événements

3.4 **La sensibilisation des professionnels et la coopération avec les autres administrations**

3.5 **L'information sur l'action de contrôle de l'ASN**

4 **Contrôler l'impact des activités nucléaires et surveiller la radioactivité de l'environnement** p. 162

4.1 **Le contrôle des rejets et de l'impact environnemental et sanitaire des activités nucléaires**

4.1.1 Le suivi et le contrôle des rejets

4.1.2 L'évaluation de l'impact radiologique des activités nucléaires

4.1.3 Les contrôles effectués dans le cadre européen

4.2 **La surveillance de l'environnement**

4.2.1 Le réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement

4.2.2 L'objet de la surveillance de l'environnement

4.2.3 Le contenu de la surveillance

4.2.4 La surveillance de l'environnement sur le territoire national par l'IRSN

4.3 **Des laboratoires agréés par l'ASN pour garantir la qualité des mesures**

4.3.1 La procédure d'agrément des laboratoires

4.3.2 La commission d'agrément

4.3.3 Les conditions d'agrément

5 **Les contrôles liés aux contrefaçons, falsifications et suspicions de fraudes, et le traitement des signalements** p. 168

5.1 **Le contrôle relatif aux contrefaçons, falsifications et suspicions de fraudes**

5.2 **Le traitement des signalements**

6 **Les contrôles liés à la chaîne d'approvisionnement des installations nucléaires** p. 170

7 **Relever et faire corriger les écarts** p. 170

7.1 **Les mesures de coercition et les sanctions administratives**

7.2 **Les suites données aux infractions pénales**



En France, le responsable d'une activité nucléaire (RAN) doit en assurer la sûreté et ne peut déléguer cette responsabilité. Il doit assurer une surveillance permanente de son activité et du matériel utilisé. Compte tenu des risques liés aux rayonnements ionisants pour les personnes et l'environnement, l'État exerce un contrôle des activités nucléaires, qu'il a confié à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Dans un souci d'efficacité administrative, l'ASN s'est également vu confier le contrôle de la réglementation en matière d'environnement et d'équipements sous pression (ESP) dans les installations nucléaires de base (INB).

Le contrôle des activités nucléaires est une mission fondamentale de l'ASN. Son objectif vise, en premier lieu, à s'assurer que tout RAN assume effectivement ses obligations. L'ASN développe une vision du contrôle qui porte tant sur les aspects matériels qu'organisationnels et humains. Elle concrétise son action de contrôle, à la suite des évaluations de la sûreté et de la radioprotection dans chaque secteur d'activité, par des décisions, des prescriptions, des documents de suite d'inspection et, le cas échéant, des sanctions.

Les priorités du contrôle sont définies au regard des risques intrinsèques à l'activité, des moyens que ses responsables mettent en œuvre pour les maîtriser et de leur comportement. Dans les domaines prioritaires, l'ASN doit renforcer son contrôle. À l'inverse, pour des enjeux faibles, elle doit savoir réduire son contrôle et le faire explicitement.

1 — Vérifier que l'exploitant assume ses responsabilités

1.1 Les principes de la mission de contrôle de l'ASN

Le contrôle de l'ASN vise, en premier lieu, à s'assurer que les responsables d'activité assument effectivement leurs obligations et respectent les exigences de la réglementation relative à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour protéger les personnes et l'environnement des risques liés à la radioactivité et à l'exploitation des installations nucléaires.

Il s'applique à toutes les phases de l'exercice de l'activité, y compris, pour les installations nucléaires, à la phase de démantèlement :
• avant l'exercice par l'exploitant d'une activité soumise à autorisation, par un examen et une analyse des dossiers, documents et informations fournis par l'exploitant pour justifier son projet au regard de la sûreté et de la radioprotection. Ce contrôle vise à s'assurer du caractère pertinent et suffisant des informations et de la démonstration fournies ;
• pendant l'exercice de l'activité, par des visites, des inspections, un contrôle des interventions de l'exploitant présentant des enjeux importants, l'analyse des bilans fournis par l'exploitant et des événements significatifs. Ce contrôle comprend l'analyse des justifications apportées par l'exploitant.

L'ASN applique un principe de proportionnalité pour guider son action afin d'adapter le champ, les modalités et l'intensité de son contrôle aux enjeux en matière de protection des personnes et de l'environnement. Le contrôle s'exerce le cas échéant avec l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Depuis le 1er janvier 2025, les missions de contrôle de l'ASN et d'expertise de l'IRSN sont réunies au sein de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR).

1.2 Le champ du contrôle des activités nucléaires

L'article L. 592-22 du code de l'environnement dispose que l'ASN assure le contrôle du respect des règles générales et des prescriptions particulières en matière de sûreté et de radioprotection auxquelles sont soumis :
• les exploitants d'INB ;
• les fabricants et exploitants d'équipements sous pression nucléaires (ESPN) utilisés dans les INB ;
• les responsables d'activités de transport de substances radioactives (TSR) ;
• les responsables d'activités comportant un risque d'exposition des personnes et des travailleurs aux rayonnements ionisants, y compris les applications médicales des rayonnements ionisants ;
• les personnes responsables de la mise en œuvre de mesures de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants, telles que les organismes et laboratoires agréés ;
• les exploitants nucléaires, leurs fournisseurs, prestataires ou sous-traitants lorsqu'ils réalisent des activités importantes pour la protection des personnes et de l'environnement en dehors du périmètre des INB.

Ces personnes ou entités sont dénommées « exploitants » dans ce chapitre.

Par ailleurs, au sein des INB, les inspecteurs de l'ASN disposent des droits et prérogatives dévolus aux inspecteurs de l'environnement pour le contrôle des dispositions relatives à la protection de l'environnement.

L'ASN contrôle également les organismes et les laboratoires qu'elle agrée dans le but de participer aux contrôles et à la veille en matière de sûreté et de radioprotection.

Enfin, l'ASN exerce la mission d'inspection du travail dans les centrales nucléaires (*voir chapitre 10*).

2 — Proportionner le contrôle aux enjeux

L'ASN s'attache à organiser son action de contrôle de manière proportionnée aux enjeux présentés par les activités. Elle adopte une démarche d'amélioration continue de ses pratiques de contrôle afin de conforter l'efficacité et la qualité de ses actions. Elle exploite le retour d'expérience de plus de 40 ans de contrôle des activités nucléaires et les échanges de bonnes pratiques avec ses homologues étrangers.

L'exploitant est le principal acteur du contrôle de ses activités.

L'ASN réalise le contrôle des activités nucléaires par ses actions :
• d'inspection, en général sur site ou dans un service contrôlé, ou auprès des transporteurs de substances radioactives. Elle consiste à vérifier, par sondage, la conformité d'une situation donnée à un référentiel réglementaire ou technique mais aussi, éventuellement, à évaluer les pratiques de l'exploitant par rapport aux meilleures pratiques actuelles ;
• d'autorisation, après analyse de la démonstration du demandeur prouvant que ses activités sont maîtrisées sur le plan de la radioprotection et de la sûreté ;
• de retour d'expérience notamment par l'instruction des événements significatifs ;
• d'agrément d'organismes et de laboratoires participant aux mesures de radioactivité et aux contrôles de la radioprotection, ainsi que d'habilitation d'organismes pour le contrôle des appareils à pression ;
• de présence sur le terrain, fréquente également en dehors des inspections ;
• de concertation avec les organisations professionnelles (syndicats, ordres professionnels, sociétés savantes, etc.).

La réalisation de certains contrôles par des organismes et des laboratoires, qui présentent les garanties nécessaires validées par un agrément ou une habilitation de l'ASN, contribue au contrôle exercé sur les activités nucléaires.

2.1 Le contrôle réalisé par l'ASN

L'exploitant a la charge de fournir à l'ASN l'information nécessaire à son contrôle. Cette information, par son volume et sa qualité, doit permettre à l'ASN d'analyser les démonstrations techniques présentées par l'exploitant et de cibler les inspections. Elle doit, par ailleurs, permettre de connaître et de suivre les événements importants qui marquent l'exploitation d'une activité nucléaire.

Le contrôle des installations nucléaires de base

La sûreté nucléaire recouvre l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des INB, ainsi qu'au TSR, prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets. Cette notion intègre les mesures prises pour optimiser la gestion des déchets et des effluents.

La sûreté des installations nucléaires repose sur la mise en œuvre des principes suivants, définis par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) dans ses principes fondamentaux de sûreté des installations nucléaires (collection Sécurité n° 110) puis repris en grande partie dans la directive européenne sur la sûreté nucléaire du 8 juillet 2014 modifiant celle de 2009 :
• la responsabilité en matière de sûreté incombe en premier lieu à l'exploitant ;
• l'organisme en charge de la réglementation et du contrôle est indépendant de l'organisme chargé de promouvoir ou d'utiliser l'énergie nucléaire. Il doit détenir les responsabilités en matière d'autorisation, d'inspection et de mise en demeure, ainsi que l'autorité, les compétences et les ressources nécessaires pour exercer ses responsabilités. Aucune autre responsabilité ne doit compromettre sa responsabilité en matière de sûreté ou entrer en conflit avec elle.

En France, le code de l'environnement définit l'ASN comme l'organisme qui répond à ces critères, hormis pour les installations nucléaires et les activités intéressant la défense qui sont régies par les dispositions du code de la défense.

L'ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016, prise en application de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (loi TECV), a étendu le champ du contrôle exercé par l'ASN aux fournisseurs, prestataires ou sous-traitants des exploitants, y compris pour les activités mises en œuvre hors des INB.

Dans son action de contrôle, l'ASN s'intéresse aux équipements et matériels qui constituent les installations, aux personnes chargées de les exploiter, aux méthodes de travail et à l'organisation depuis les premières phases de la conception jusqu'au démantèlement. Elle examine les dispositions prises en matière de sûreté nucléaire ou de contrôle et de limitation des doses reçues par les personnes qui interviennent dans les installations, ainsi que les modalités de gestion des déchets, de contrôle des rejets d'effluents ou de protection de l'environnement.

Le contrôle des équipements sous pression

De nombreux circuits des installations nucléaires contiennent ou véhiculent des fluides sous pression. Ils sont soumis à ce titre à la réglementation relative aux ESP dont font partie les ESPN.

Le code de l'environnement dispose que l'ASN est l'autorité administrative compétente pour prendre les décisions individuelles et de contrôle du suivi en service des ESP implantés dans le périmètre d'une INB.

L'exploitation des ESP fait l'objet d'un contrôle qui porte en particulier sur les programmes de suivi en service, les contrôles non destructifs, les interventions de maintenance, le traitement des anomalies qui affectent ces circuits et les requalifications périodiques.

Par ailleurs, l'ASN évalue la conformité des ESPN neufs les plus importants aux exigences de la réglementation. Elle habilite et surveille les organismes chargés d'évaluer la conformité des autres ESPN.

Le contrôle du transport de substances radioactives

Le transport comprend toutes les opérations et conditions associées au mouvement des substances radioactives, telles que la conception des emballages, leur fabrication, leur entretien et leur réparation, et la préparation, l'envoi, le chargement, l'acheminement, y compris l'entreposage en transit, le déchargement et la réception au lieu de destination finale des chargements de substances radioactives et de colis.

Le contrôle des activités comportant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants

En France, l'ASN remplit la mission d'élaboration et de contrôle de la réglementation technique concernant la radioprotection.

Le champ du contrôle de la radioprotection par l'ASN comprend toutes les activités mettant en œuvre des rayonnements ionisants. L'ASN exerce cette mission le cas échéant conjointement avec d'autres services de l'État, tels que l'inspection du travail, l'inspection des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), les services du ministère chargé de la santé et l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM).

Cette action porte soit directement sur les utilisateurs de sources de rayonnements ionisants, soit sur des organismes agréés pour effectuer des contrôles et vérifications techniques de ces utilisateurs.

Les modalités de contrôle des acteurs de la radioprotection sont présentées dans le tableau 1. Elles ont évolué lors de la parution, en juin 2018, des décrets transposant la directive européenne 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.

TABLEAU 1 Modalités de contrôle par l'ASN des différents acteurs de la radioprotection

	Instruction/Autorisation	Inspection	Coopération
Utilisateurs de sources de rayonnements ionisants	• Examen des dossiers prévus par le code de la santé publique (articles R. 1333-1 et suivants) • Visite avant mise en service, principalement dans le domaine médical • Réception de la déclaration, enregistrement ou délivrance de l'autorisation (article R. 1333-8)	• Inspection de la radioprotection (article L. 1333-29 du code de la santé publique)	• Élaboration avec les organisations professionnelles de guides de bonnes pratiques pour les utilisateurs de rayonnements ionisants
Organismes agréés pour les vérifications en radioprotection	• Examen des dossiers de demande d'agrément pour la réalisation des contrôles prévus à l'article R. 1333-172 du code de la santé publique • Audit de l'organisme • Délivrance de l'agrément	• Contrôle de deuxième niveau : – contrôles approfondis au siège et dans les agences des organismes – contrôles de supervision inopinés sur le terrain	• Élaboration avec les organisations professionnelles de règles de bonnes pratiques pour la réalisation des vérifications en radioprotection

Le contrôle de l'application du droit du travail dans les centrales nucléaires

L'ASN exerce les missions d'inspection du travail dans les 18 centrales nucléaires, le réacteur EPR à Flamanville mis en service en décembre 2024 et 11 autres installations, pour la plupart des réacteurs en démantèlement. En effet, les actions de contrôle en matière de sûreté, de radioprotection et d'inspection du travail portent très souvent sur des thèmes communs, comme l'organisation des chantiers ou les conditions de recours à la sous-traitance.

Les inspecteurs du travail de l'ASN ont quatre missions essentielles :
• contrôler l'application de la législation du travail dans tous ses aspects (santé, sécurité et conditions de travail, enquêtes sur les accidents du travail, qualité de l'emploi et relations collectives) ;
• conseiller et informer les employeurs, les salariés et les représentants du personnel sur leurs droits et obligations et sur la législation du travail ;
• informer l'administration des évolutions du travail et des carences éventuelles de la législation ;
• faciliter la conciliation entre les parties.

Les inspecteurs du travail de l'ASN disposent des mêmes pouvoirs et mêmes prérogatives que les inspecteurs du travail de droit commun. Ils appartiennent au système d'inspection du travail dont l'autorité centrale est la Direction générale du travail.

Les missions des inspecteurs du travail sont fondées sur des normes internationales (convention n°81 de l'Organisation internationale du travail – OIT) et sur la réglementation nationale. L'ASN les exerce en relation avec les autres services de l'État, principalement les services du ministère chargé du travail.

L'ASN s'est dotée d'une organisation visant à faire face à ces enjeux. L'action des inspecteurs du travail de l'ASN (20 agents habilités inspecteurs du travail par l'ASN, représentant 8,5 équivalents temps plein – ETP, dont deux ETP pour la mission inspection du travail) s'est renforcée sur le terrain depuis 2009, notamment lors des arrêts de réacteur, avec des visites de contrôle, des conseils lors des réunions des commissions santé, sécurité et conditions de travail (CSSCT) et des commissions interentreprises sur la sécurité et les conditions de travail, ainsi que des entretiens réguliers avec les partenaires sociaux.

2.2 Les contrôles internes effectués par les exploitants

2.2.1 Le contrôle interne des exploitants d'installations nucléaires de base

L'ASN a adopté en 2017 une décision (n° 2017-DC-0616 du 30 novembre 2017) qui précise les critères permettant de distinguer les modifications notables devant être soumises à autorisation de l'ASN de celles soumises à déclaration. Elle définit par ailleurs les exigences applicables à la gestion des modifications notables, notamment les modalités de contrôle interne que doivent mettre en œuvre les exploitants.

L'ASN contrôle la bonne application des dispositions prescrites par cette décision.

2.2.2 Le contrôle interne de la radioprotection par les utilisateurs de sources de rayonnements ionisants

Les dispositions des articles R. 4451-40 à R. 4451-51 du code du travail précisent les vérifications qui doivent être déclinées, durant la vie des équipements de travail, ou des installations, sous la forme de vérifications initiales (faites par un organisme accrédité), le cas échéant renouvelées, et de vérifications périodiques (effectuées par le conseiller en radioprotection – CRP).

2.3 L'agrément d'organismes et de laboratoires

L'ASN peut s'appuyer sur les résultats des contrôles réalisés par les organismes et laboratoires indépendants qu'elle agrée et dont elle surveille l'action.

L'article L. 592-21 du code de l'environnement dispose que l'ASN délivre les agréments requis aux organismes qui participent aux contrôles et à la veille en matière de sûreté ou de radioprotection. La liste des organismes et laboratoires agréés est disponible sur *asn.fr*.

À ce titre, l'ASN agrée des organismes pour procéder aux contrôles techniques ou vérifications prévus par la réglementation dans les domaines qui relèvent de sa compétence :
• vérifications en radioprotection ;
• mesures d'activité volumique du radon dans les établissements recevant du public (ERP) ;
• évaluations de la conformité d'ESPN et actions de contrôle des ESP en service.

Pour agréer les organismes qui en font la demande, l'ASN s'assure que ceux-ci réalisent les contrôles conformément à leurs obligations sur les plans technique, organisationnel et déontologique, et dans les règles de l'art. Le respect de ces dispositions doit permettre d'obtenir et de maintenir le niveau de qualité requis.

L'ASN veille à tirer parti de la mise en place d'un agrément, notamment par des échanges réguliers avec les organismes qu'elle agrée et la remise obligatoire d'un rapport annuel. L'examen de ces rapports permet, d'une part, de s'assurer que les vérifications obligatoires ont bien lieu ; d'autre part, d'interroger les exploitants

TABLEAU 2 Vérifications de radioprotection réalisées en 2024 par les organismes agréés pour les vérifications des installations(*)

Médical	Recherche/ Enseignement	Industrie (inclus vétérinaire)	Total
228	116	66	**410**

* Compte tenu des évolutions réglementaires, le nombre de vérifications réalisées s'exprime dorénavant en nombre d'installations vérifiées (et non en nombre de sources).

sur les actions entreprises pour remédier aux éventuelles non-conformités.

En 2023, de nombreux RAN n'avaient pas identifié la nécessité de faire réaliser les vérifications au titre du code de la santé publique par un organisme agréé en radioprotection (OARP). Au cours de l'année 2023, l'ASN a communiqué sur les exigences réglementaires par l'intermédiaire notamment des réseaux PCR et a réalisé une campagne d'information (courrier) ciblant les RAN concernés. Ces actions ont été efficaces. Le nombre de vérifications réalisées au titre du code de la santé publique a doublé dans tous les secteurs en 2024. La répartition par domaine figure dans le tableau 2 (*voir page précédente*).

Les rapports des vérifications réalisées dans chaque établissement par les organismes agréés pour les vérifications en radioprotection sont à la disposition et examinés par les agents de l'ASN lors :
• des renouvellements d'autorisations ou modifications soumises à autorisation de l'ASN ;
• des inspections.

L'ASN agrée également des laboratoires pour procéder à des analyses lorsque l'utilisation des résultats requiert un haut niveau de qualité de la mesure. Elle procède ainsi à l'agrément de laboratoires pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement (*voir point 4.3*).

Par ailleurs, l'ASN agrée, après avis de la sous-commission permanente chargée du transport de marchandises dangereuses au sein du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques (CSPRT) :
• les organismes de formation des conducteurs de véhicules effectuant le transport de matières radioactives ; deux organismes sont agréés ;
• les organismes chargés d'attester la conformité des emballages conçus pour contenir 0,1 kg ou plus d'hexafluorure d'uranium (UF_6) ;
• les organismes chargés de l'homologation de type conteneurs-citernes et caisses mobiles citernes destinés au transport de marchandises dangereuses de la classe 7 ;
• les organismes chargés des contrôles initiaux et périodiques des citernes destinées au transport de marchandises dangereuses de la classe 7.

Deux organismes sont agréés pour l'homologation des conteneurs-citernes et l'attestation de conformité des emballages d'UF_6.

Au 31 décembre 2024 sont agréés ou habilités par l'ASN :
• neuf organismes chargés des vérifications en radioprotection. Un renouvellement a été délivré au cours de l'année 2024 ;
• 72 organismes chargés de la mesure de l'activité volumique du radon dans les bâtiments (niveau 1), dont 15 sont également agréés pour identifier les sources et voies d'entrée et de transfert du radon dans les bâtiments (niveau 2). En 2024, 14 nouveaux agréments ou renouvellement ont été délivrés, dont 11 de niveau 1 et 3 de niveau 2 ;
• quatre organismes habilités pour les contrôles des ESPN dans le cadre de l'évaluation de la conformité des ESPN neufs ;
• deux organismes habilités pour les contrôles des ESPN dans le cadre du suivi en service ;
• trois organismes habilités pour les ESP et les récipients à pression simple dans le périmètre des INB (suivi en service) ;
• 18 services d'inspection habilités pour le suivi en service des ESP et des récipients à pression simple dans le périmètre des centrales nucléaires ;
• 67 laboratoires pour les mesures de la radioactivité de l'environnement couvrant 966 agréments en cours de validité au 1er janvier 2025, dont 149 agréments ou renouvellements délivrés ou maintenus au cours de l'année 2024.

Depuis 2020, la réglementation a progressivement restreint le champ d'intervention des OARP en déléguant les missions de vérification prévues par le code du travail à des organismes de vérification accrédités par le Comité français d'accréditation (Cofrac). La totalité de ces vérifications (codes du travail et de la santé publique) étaient effectuées dans la réglementation antérieure uniquement par les OARP. Par ailleurs, les vérifications du code de la santé publique ne concernent plus les INB. Le nombre d'OARP s'est fortement réduit en conséquence de ces évolutions réglementaires.

En 2023, la réglementation concernant les vérifications et prestations réalisées par les OARP a évolué.

Depuis le 1er janvier 2023, l'arrêté du 24 octobre 2022 relatif aux modalités et aux fréquences des vérifications des règles mises en place par le RAN a abrogé la décision n° 2010-DC-0175 de l'ASN du 4 février 2010 définissant les modalités de vérification des OARP. Ce texte modifie le champ des vérifications des OARP. L'arrêté s'applique aux activités nucléaires médicales et industrielles soumises aux régimes mentionnés à l'article L. 1333-8 du code de la santé publique lorsque ces activités génèrent des effluents ou des déchets contaminés par des radionucléides ou susceptibles de l'être, y compris par activation. Il ne s'applique pas aux activités nucléaires dont les seuls déchets générés sont des pièces activées indissociables d'un accélérateur de particules, tel que défini à l'annexe 13-7 au code de la santé publique. La décision n°2022-DC-747 de l'ASN, entrée en vigueur le 5 février 2023, complète cet arrêté.

Cette décision définit les règles précisées dans l'arrêté du 24 octobre 2022, que le responsable d'une activité nucléaire est tenu de faire vérifier par un OARP. Cette décision s'appuie sur des règles définies dans la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008, fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, ou susceptibles de l'être du fait d'une activité nucléaire, ainsi que dans la décision n° 2014-DC-0463 du 23 octobre 2014 relative aux règles techniques minimales de conception, d'exploitation et de maintenance des installations de médecine nucléaire *in vivo*.

Enfin, la décision n° 2010-DC-0191 de l'ASN du 22 juillet 2010 a été remplacée par la décision n° 2022-DC-0748 entrée en vigueur le 5 février 2023. Cette décision fixe les conditions et les modalités d'agrément des organismes chargés des vérifications mentionnées à l'article R. 1333-172 du code de la santé publique.

3 — Réaliser un contrôle efficace

3.1 L'inspection

3.1.1 Les objectifs et les principes de l'inspection

L'inspection conduite par l'ASN s'appuie sur les principes suivants :
• l'inspection vise à vérifier le respect des dispositions dont la réglementation impose l'application. Elle vise aussi à l'évaluation de la situation au regard des enjeux de sûreté nucléaire et de radioprotection ; elle cherche à identifier les bonnes pratiques, les pratiques perfectibles, et à apprécier les évolutions possibles de la situation ;
• l'inspection est modulée dans son étendue et sa profondeur en fonction des risques intrinsèques à l'activité et de leur prise en compte effective par les responsables d'activité ;
• l'inspection n'est ni systématique ni exhaustive, elle procède par échantillonnage et se concentre sur les sujets présentant les enjeux les plus forts.

3.1.2 Les moyens mis en œuvre pour l'inspection

Pour une meilleure efficacité, l'action de l'ASN est organisée sur la base :
• d'inspections, selon une fréquence déterminée, des activités nucléaires et des thèmes qui présentent des enjeux sanitaires et environnementaux forts ;
• d'inspections d'autres activités nucléaires déterminées en fonction des actualités (retour d'expérience, signalements, contexte montrant des difficultés, etc.) ;
• de contrôles des organismes et laboratoires agréés.

Les inspections peuvent être inopinées ou annoncées à l'exploitant quelques semaines avant. Elles se déroulent principalement sur site ou au cours des activités (chantier, opération de transport, etc.). Elles peuvent également concerner les services centraux ou d'études des grands exploitants nucléaires, les ateliers ou bureaux d'études des sous-traitants, les chantiers de construction, les usines ou les ateliers de fabrication des différents composants importants pour la sûreté.

L'ASN met en œuvre différents types d'inspections :
• les inspections courantes, le plus souvent d'une journée à deux inspecteurs ;
• les inspections renforcées, qui consistent en un examen approfondi d'un thème ciblé par une équipe d'inspecteurs plus nombreuse que pour une inspection courante ;
• les inspections de revue, qui se déroulent sur plusieurs jours et qui portent sur plusieurs thèmes, mobilisent une dizaine d'inspecteurs. Elles ont pour objet de procéder à des examens approfondis et sont pilotées par des inspecteurs expérimentés ;
• les inspections avec prélèvements et mesures. Elles permettent d'assurer, sur les rejets et dans l'environnement des installations, un contrôle par échantillonnage indépendant de celui de l'exploitant ;
• les inspections sur événement, menées à la suite d'événements significatifs particuliers ;
• les inspections de chantier, qui permettent d'assurer une présence importante de l'ASN sur les sites à l'occasion des arrêts de réacteur ou de travaux particuliers, notamment en phase de construction ou de démantèlement ;
• les campagnes d'inspections, regroupant des inspections réalisées sur plusieurs installations similaires, en suivant un canevas déterminé.

L'inspection du travail dans les centrales nucléaires donne lieu à différents types d'interventions[1], qui portent notamment sur :
• le contrôle de l'application du code du travail par EDF et les entreprises extérieures dans les centrales nucléaires (interventions de contrôle qui comprennent les inspections) ;
• la participation à des réunions de CSSCT, de comités sociaux et économiques et de commissions interentreprises sur la sécurité et les conditions de travail ;
• la réalisation d'enquêtes sur demande, sur plainte ou sur information à la suite desquelles les inspecteurs peuvent prendre des décisions prévues par la réglementation du travail, telles que l'arrêt de travaux ou l'obligation de vérification d'équipements de travail par un organisme accrédité.

Des contrôles à distance peuvent être réalisés par les inspecteurs, pouvant être couplés à des inspections sur site. Cet outil est adapté à certaines thématiques d'inspections. Toutefois, l'inspection sur site reste le mode de contrôle préférentiel. Seuls quelques pour cent des inspections sont réalisés à distance chaque année.

La mise en place de ces modalités de contrôle à distance en 2020 a conduit l'ASN à modifier les indicateurs relatifs aux inspections. Pour ce type d'inspection, l'examen critique de documents transmis par un RAN, réalisé lors des phases de préparation des inspections sur site, devient prépondérant. Il n'est dès lors plus possible de discerner la préparation de l'inspection, impliquant cet examen documentaire, de l'inspection elle-même.

Par conséquent, les paragraphes suivants présenteront le nombre de jours.inspecteur correspondant aux inspections sur site, et le nombre d'inspections à distance. Le nombre de jours.inspecteur dans ces paragraphes n'est donc pas directement comparable à celui des années antérieures à 2020, car il ne reflète que le temps passé sur site sans prendre en compte les inspections à distance.

Par ailleurs, le tableau 5 (*voir page suivante*) présente le nombre total de jours.inspecteur consacrés aux inspections, que celles-ci soient réalisées sur site, à distance, ou selon des modalités mixtes.

L'ASN adresse à l'exploitant une lettre de suite d'inspection, publiée sur *asn.fr*, qui formalise :
• le constat d'écarts entre la situation observée lors de l'inspection et les textes réglementaires ou les documents établis par l'exploitant en application de la réglementation ;
• des anomalies ou des points qui nécessitent des justifications complémentaires ;
• les bonnes pratiques ou pratiques perfectibles sans être directement opposables.

Les demandes figurant dans les lettres de suite peuvent concerner aussi bien des demandes d'actions correctives que d'informations complémentaires au regard des écarts constatés lors des inspections.

La lettre de suite priorise les actions demandées par l'ASN afin que les exploitants puissent également mettre en œuvre une approche graduée dans le traitement des écarts relevés et pilotent au mieux les moyens dont ils disposent.

La réalisation effective des actions demandées par l'ASN fait l'objet d'un suivi proportionné aux enjeux. Ainsi, les demandes d'actions à traiter prioritairement font l'objet d'un contrôle exhaustif à l'horizon de l'échéance. Les autres demandes font l'objet d'un suivi par échantillonnage, selon des modalités adaptées (contrôle documentaire, inspection de suivi, etc.).

Les non-conformités relevées lors d'une inspection peuvent faire l'objet de sanctions administratives ou pénales (*voir point 7*).

TABLEAU 3 Répartition des inspecteurs par domaine de contrôle au 31 décembre 2024

Catégories d'inspecteurs	Directions	Divisions	Total
Inspecteurs de la sûreté nucléaire	142	128	**270**
dont inspecteurs de la sûreté nucléaire pour le transport	*31*	*45*	**76**
Inspecteurs de la radioprotection	39	100	**139**
Inspecteurs du travail	3	21	**24**
Inspecteurs tous domaines confondus	164	168	**332**

TABLEAU 4 Nombre d'inspections par domaine en 2024

Installation nucléaire de base (hors équipements sous pression)	Équipements sous pression	Transport de substances radioactives	Nucléaire de proximité	Organismes et laboratoires agréés	Total
744	142	91	764	72	**1 813**

1. *L'intervention est l'unité représentative de l'activité habituellement utilisée par l'inspection du travail.*

TABLEAU 5 **Répartition par thème des jours d'inspection sur site en 2024**

Par domaine	Nombre de jours. inspecteur	Nombre d'inspections réalisées sur site
Installation nucléaire de base/Réacteur à eau sous pression	1 268	428
Installation nucléaire de base/Laboratoires usines déchets et démantèlement	777	311
Installation nucléaire de base/Équipements sous pression	393	139
Nucléaire de proximité/Industrie	494	288
Nucléaire de proximité/Médical	739	364
Nucléaire de proximité/Radioactivité naturelle	34	31
Nucléaire de proximité/Sites et sols pollués	7	4
Nucléaire de proximité/Recherche	89	47
Nucléaire de proximité/Vétérinaire	34	22
Nucléaire de proximité/Autre	8	5
Transport de substances radioactives	146	90
Organismes agréés/Laboratoires agréés	127	69
Total(*)	**4116**	**1798**

* L'utilisation d'arrondis sur les différents nombres résulte en un total légèrement différent de la somme de chaque ligne.

Certaines inspections sont réalisées avec l'appui d'un ou plusieurs représentants de l'IRSN spécialistes de l'installation contrôlée ou du thème technique de l'inspection.

Les inspecteurs de l'ASN

L'ASN dispose d'inspecteurs désignés et habilités par son président, en application de l'article L. 596-2 du code de l'environnement pour les inspecteurs de la sûreté nucléaire et de l'article L. 1333-29 du code de la santé publique pour les inspecteurs de la radioprotection, dès lors qu'ils ont acquis les compétences juridiques et techniques nécessaires par leur expérience professionnelle, le compagnonnage ou les formations.

Les inspecteurs prêtent serment et sont astreints au secret professionnel. Ils exercent leur activité de contrôle sous l'autorité du directeur général de l'ASN et disposent d'outils pratiques (guides d'inspection, outils d'aide à la décision) régulièrement mis à jour.

Dans une démarche d'amélioration continue, l'ASN favorise par ailleurs l'échange et l'intégration de bonnes pratiques issues d'autres organismes de contrôle :
• en organisant au plan international des échanges d'inspecteurs entre autorités de sûreté, pour le temps d'une inspection ou pour une durée plus longue qui peut aller jusqu'à une mise à disposition de plusieurs années. Ainsi, après en avoir constaté l'intérêt, l'ASN a adopté le modèle des inspections de revue décrit précédemment. En revanche, elle n'a pas opté pour le système de l'inspecteur résidant sur un site nucléaire, estimant que ses inspecteurs doivent travailler dans une structure d'une taille suffisante pour permettre le partage d'expérience et participer à des contrôles d'exploitants et d'installations différents afin d'avoir une vue élargie de ce domaine d'activité. Ce choix permet également une plus grande clarté dans l'exercice des responsabilités respectives de l'exploitant et du contrôleur ;
• en accueillant des inspecteurs formés à d'autres pratiques de contrôle. L'ASN encourage l'intégration dans ses services d'inspecteurs provenant d'autres autorités de contrôle, telles que les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal), l'ANSM, les agences régionales de santé (ARS), etc. Elle propose également l'organisation d'inspections conjointes avec ces autorités sur les activités qui entrent dans leur champ de compétences communes ;
• en organisant la participation de ses agents à des inspections sur des sujets, dans des régions et des domaines différents, pour favoriser notamment l'homogénéité de ses pratiques. Chaque inspecteur de l'ASN en région participe chaque année à au moins une inspection réalisée dans une région différente.

Le tableau 3 (*voir page précédente*) présente l'effectif des inspecteurs qui est de 332 au 31 décembre 2024. Certains agents sont inspecteurs dans plusieurs domaines de contrôle et tous les chefs d'entité opérationnelle et leurs adjoints cumulent les fonctions d'encadrement et d'inspection.

Les inspections sont réalisées majoritairement par les inspecteurs en poste dans les divisions territoriales, qui représentent 51 % des inspecteurs de l'ASN. Les 164 inspecteurs en poste dans les directions participent aux inspections de l'ASN dans leur domaine de compétence ; ils représentent 49 % de l'effectif des inspecteurs et ont réalisé environ 20 % des inspections en 2024, l'essentiel de leur activité se concentrant sur l'instruction de dossiers.

Comme indiqué précédemment, l'ASN améliore continuellement l'efficience de son contrôle en ciblant et en modulant ses inspections en fonction de l'importance des enjeux pour la protection des personnes et de l'environnement.

En 2024, les inspecteurs de l'ASN ont réalisé 1 813 inspections au total, représentant 4 116 hommes.jours d'inspection sur le terrain. Environ 1 % des inspections a été réalisé à distance. La répartition par domaine d'activité est précisée dans le tableau 4 (*voir page précédente*).

Le programme d'inspection de l'ASN

Pour assurer une répartition des moyens d'inspection de manière proportionnée aux enjeux des différentes installations et activités en matière de sûreté et de radioprotection, l'ASN établit chaque année un programme prévisionnel d'inspections, en tenant compte des enjeux en matière de contrôle (*voir point 3.1*). Les bilans des actions prioritaires de l'année sont présentés dans les chapitres dédiés aux installations et activités nucléaires. Par exemple, une campagne d'inspections sur la maîtrise des configurations de circuit ainsi qu'une campagne d'inspections portant sur la gestion d'un accident avec fusion du cœur (*voir encadré en page 313 au chapitre 10*) d'un réacteur ont été menées en 2024, ainsi que la poursuite de la campagne d'inspection portant sur la corrosion sous contrainte des lignes auxiliaires (*voir encadré en page 310 au chapitre 10*).

Ce programme n'est communiqué ni aux exploitants ni aux RAN.

L'ASN assure un suivi de l'exécution du programme et des suites données aux inspections grâce à des bilans périodiques. Ce suivi permet d'évaluer les activités contrôlées et d'alimenter le dispositif d'amélioration continue du processus d'inspection.

L'information relative aux inspections

L'ASN informe le public des suites données aux inspections par la mise en ligne des lettres de suite d'inspection sur *asn.fr*.

Par ailleurs, au terme de chaque inspection de revue, l'ASN publie une note d'information sur *asn.fr*.

3.1.3 L'inspection des installations nucléaires de base et des équipements sous pression

En 2024, 2 438 jours.inspecteur ont été consacrés à l'inspection sur site des INB et des ESP, correspondant à 878 inspections. Parmi celles-ci, 20 % ont été réalisées de façon inopinée. De plus, huit inspections ont été conduites à distance.

Le travail d'inspection sur le terrain est réparti en 1 268 jours.inspecteur dans les centrales nucléaires (428 inspections sur site), 777 jours.inspecteur dans les autres INB (311 inspections sur site), c'est-à-dire principalement les installations du « cycle du combustible », installations de recherche et installations en démantèlement, et 393 pour les ESP (139 inspections sur site).

Les inspections à distance se répartissent ainsi : cinq inspections pour les centrales nucléaires, aucune pour les autres INB et trois inspections pour les ESP.

Deux inspections de revue ont été réalisées en 2024 sur la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly, ainsi que sur le site du CEA de Saclay, ce qui correspond à 58 jours.inspecteur sur site.

Par ailleurs, les inspecteurs du travail de l'ASN ont mené 436 interventions lors de 158 journées d'inspection dans les centrales nucléaires.

3.1.4 L'inspection du transport de substances radioactives

En 2024, 146 jours.inspecteur ont été consacrés par l'ASN à l'inspection sur site des activités de transport, correspondant à 90 inspections sur site. Parmi celles-ci, 26 % ont été réalisées de façon inopinée. Par ailleurs, une inspection à distance a été réalisée.

3.1.5 L'inspection dans le nucléaire de proximité

L'ASN organise son action de contrôle de façon proportionnée aux enjeux radiologiques, présentés par l'utilisation des rayonnements ionisants, et cohérente avec l'action des autres services d'inspection.

En 2024, 1 405 jours.inspecteur ont été consacrés aux inspections dans les activités du nucléaire de proximité sur site, correspondant à 761 inspections, dont 8 % inopinées, auxquelles s'ajoutent trois inspections à distance. Ce travail d'inspection a été réparti notamment dans les domaines médical, industriel, vétérinaire, de la recherche ou de la radioactivité naturelle.

3.1.6 Le contrôle des organismes et laboratoires agréés par l'ASN

L'ASN exerce sur les organismes et laboratoires agréés un contrôle de second niveau. Il comprend, outre l'instruction du dossier de demande et la délivrance de l'agrément, des actions de surveillance telles que :
- des audits d'agrément (audit initial ou de renouvellement) ;
- des contrôles pour s'assurer que l'organisation et le fonctionnement de l'organisme sont conformes aux exigences applicables ;
- des contrôles de supervision, le plus souvent inopinés, pour s'assurer que les agents de l'organisme interviennent dans des conditions satisfaisantes.

En 2024, 127 jours.inspecteur ont été consacrés au contrôle d'organismes et de laboratoires agréés, correspondant à 69 inspections, dont 29 % étaient inopinées, auxquelles s'ajoutent trois inspections à distance.

3.1.7 Le contrôle des expositions au radon et aux rayonnements naturels

L'ASN exerce également un contrôle de la radioprotection dans des lieux où l'exposition des personnes aux rayonnements naturels peut être renforcée du fait du contexte géologique sous-jacent (radon dans les ERP et dans les lieux de travail).

Contrôler les expositions au radon

L'article R. 1333-33 du code de la santé publique prévoit que les mesurages de l'activité volumique du radon dans les ERP sont réalisés soit par l'IRSN, soit par des organismes agréés par l'ASN. Ces mesures sont à effectuer entre le 15 septembre d'une année donnée et le 30 avril de l'année suivante.

L'article R. 4451-44 du code du travail prévoit que les vérifications initiales de la concentration d'activité au radon, dans les zones délimitées au titre du radon, lorsqu'elle est requise, sont réalisées par des organismes accrédités.

Contrôler la radioactivité naturelle des eaux de consommation

Le contrôle de la radioactivité naturelle des eaux de consommation est exercé par les ARS. Les modalités de ces contrôles tiennent compte des recommandations émises par l'ASN et reprises dans la circulaire de la Direction générale de la santé du 13 juin 2007.

Les résultats des contrôles sont conjointement exploités par l'ASN et les services du ministère chargé de la santé.

3.2 L'analyse des démonstrations fournies par l'exploitant

Les dossiers fournis par l'exploitant ont pour but de démontrer que les objectifs fixés par la réglementation technique générale, ainsi que ceux qu'il s'est lui-même fixés, sont respectés. L'ASN est amenée à vérifier le caractère suffisamment complet du dossier et la qualité de la démonstration.

L'instruction de ces dossiers peut conduire l'ASN à accepter ou non les propositions de l'exploitant, à exiger des compléments d'information ou des études, voire la réalisation de travaux de mise en conformité.

3.2.1 L'analyse des dossiers transmis par les exploitants des installations nucléaires de base

L'examen des documents justificatifs produits par les exploitants et les réunions techniques organisées avec eux constituent l'une des formes du contrôle exercé par l'ASN.

Chaque fois qu'elle le juge nécessaire, l'ASN recueille l'avis d'appuis techniques, dont le principal est l'IRSN. L'évaluation de sûreté implique en effet la collaboration de nombreux spécialistes, ainsi qu'une coordination efficace afin de dégager les points essentiels relatifs à la sûreté et à la radioprotection.

L'évaluation de l'IRSN s'appuie sur des échanges techniques approfondis avec les équipes des exploitants qui conçoivent et exploitent les installations. Elle est également fondée sur des études et des programmes de R&D consacrés à la prévention des risques et à l'amélioration des connaissances sur les accidents. Pour certains dossiers, l'ASN demande l'avis du groupe permanent d'experts (GPE) compétent ; pour les autres dossiers, les analyses de sûreté font l'objet d'avis de l'IRSN transmis directement à l'ASN. La manière dont l'ASN requiert l'avis d'un appui technique et, le cas échéant, d'un GPE est décrite au chapitre 2.

Au stade de la conception et de la construction, l'ASN analyse avec l'aide de son appui technique les rapports de sûreté, qui décrivent et justifient les principes de conception, les calculs de dimensionnement des systèmes et des équipements, leurs règles d'utilisation et d'essais, l'organisation de la qualité mise en place par le maître d'ouvrage et ses fournisseurs. Elle analyse également l'étude d'impact environnemental de l'installation. L'ASN contrôle la construction et la fabrication des ouvrages et des équipements, notamment ceux du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs à eau sous pression (REP). Elle contrôle selon les mêmes principes les colis destinés au TSR.

Une fois l'installation nucléaire mise en service, après autorisation de l'ASN, toutes les modifications de l'installation ou de son mode d'exploitation, apportées par l'exploitant, de nature à affecter la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de l'environnement sont déclarées à l'ASN ou soumises à son autorisation. Par ailleurs, l'exploitant doit procéder à des réexamens périodiques afin d'actualiser l'appréciation de l'installation en tenant compte de l'évolution des techniques et de la réglementation, ainsi que du retour d'expérience. Les conclusions de ces réexamens sont soumises par l'exploitant à l'ASN qui peut fixer de nouvelles prescriptions pour la poursuite du fonctionnement.

Les autres dossiers transmis par les exploitants d'INB

Un volume important de dossiers concerne des thèmes spécifiques comme la protection contre l'incendie, la gestion du combustible des REP, les relations avec les prestataires, etc.

L'exploitant fournit aussi périodiquement des rapports d'activité, ainsi que des bilans sur les prélèvements d'eau, les rejets liquides et gazeux et sur les déchets produits.

3.2.2 L'instruction des demandes prévues par le code de la santé publique

Il appartient à l'ASN d'instruire les demandes de détention et d'utilisation de sources de rayonnements ionisants dans les domaines médical et industriel. L'ASN traite également les procédures prévues en cas d'acquisition, de distribution, d'importation, d'exportation, de cession, de reprise et d'élimination de sources radioactives. Elle s'appuie notamment sur les rapports de contrôle des organismes agréés et les comptes-rendus d'exécution des mesures prises pour remédier aux non-conformités constatées lors de ces contrôles.

Outre les vérifications conduites sous la responsabilité des établissements et les contrôles périodiques prévus par la réglementation, l'ASN procède à ses propres contrôles lors de l'instruction des demandes.

3.3 Les enseignements tirés des événements significatifs

3.3.1 La démarche de détection et d'analyse des anomalies

Historique

Les conventions internationales ratifiées par la France (alinéa VI de l'article 19 de la Convention sur la sûreté nucléaire du 20 septembre 1994 ; alinéa V de l'article 9 de la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs du 5 septembre 1997 imposent aux exploitants d'INB de mettre en œuvre un système fiable de détection précoce et de déclaration des anomalies qui peuvent survenir, telles que des défaillances de matériels ou des erreurs d'application des règles d'exploitation. Dix ans avant, l'arrêté « qualité » du 10 août 1984 imposait déjà un tel système en France.

L'ASN a élaboré trois guides qui définissent les principes et rappellent les obligations des exploitants en matière de déclaration des incidents et accidents :
• le Guide du 21 octobre 2005 regroupe les dispositions applicables aux exploitants d'INB. Il concerne les événements significatifs qui intéressent la sûreté nucléaire (ESS), la radioprotection (ESR) et la protection de l'environnement (ESE) applicables aux INB ;
• le Guide n° 11 du 7 octobre 2009, mis à jour en juillet 2015, regroupe les dispositions applicables aux responsables d'activités nucléaires telles que définies par l'article L. 1333-1 du code de la santé publique et aux chefs d'établissements dans lesquels sont utilisés des rayonnements ionisants (activités médicales, industrielles et de recherche mettant en œuvre des rayonnements ionisants) ;
• le Guide n° 31 décrit les modalités de déclaration des événements liés au TSR (*voir chapitre 9*). Ce guide est applicable depuis le 1er juillet 2017.

Ces guides sont consultables sur *asn.fr*.

Qu'est-ce qu'un événement significatif ?

La détection, par les responsables des activités où sont utilisés des rayonnements ionisants, des événements (écarts, anomalies, incidents, etc.) et la mise en œuvre des mesures correctives décidées après analyse jouent un rôle fondamental en matière de prévention des accidents. Par exemple, EDF détecte et analyse plusieurs centaines d'anomalies chaque année pour chaque réacteur.

La hiérarchisation des anomalies doit permettre un traitement prioritaire des plus importantes d'entre elles. La réglementation a défini une catégorie d'anomalies appelée « événement significatif ». Ces événements sont suffisamment importants en matière de sûreté, d'environnement ou de radioprotection pour justifier que l'ASN en soit rapidement informée et qu'elle reçoive ultérieurement une analyse plus complète. Les événements significatifs doivent obligatoirement lui être déclarés, ainsi que le prévoient l'arrêté du 7 février 2012 (article 2.6.4), le code de la santé publique (articles L. 1333-13, R. 1333-21 et 22), le code du travail (article R. 4451-74) et les textes réglementaires relatifs au TSR (par exemple, l'accord européen pour le transport de marchandises dangereuses par la route).

Les critères de déclaration aux pouvoirs publics des événements jugés significatifs tiennent compte :
• des conséquences réelles ou potentielles sur les travailleurs, le public, les patients ou l'environnement, des événements pouvant survenir en matière de sûreté ou de radioprotection ;
• des principales causes techniques, humaines ou organisationnelles ayant entraîné la survenue d'un tel événement.

Ce processus de déclaration s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue de la sûreté et de la radioprotection. Il nécessite la participation active de tous les acteurs (utilisateurs de rayonnements ionisants, transporteurs, etc.) à la détection et à l'analyse des écarts.

Il permet aux autorités :
• de s'assurer que l'exploitant a procédé à une analyse pertinente de l'événement et a pris les dispositions appropriées pour corriger la situation et éviter son renouvellement ;
• de faire bénéficier d'autres responsables d'activités similaires du retour d'expérience de l'événement.

Ce système n'a pas pour objet l'identification ou la sanction d'une personne ou d'un intervenant.

Par ailleurs, le nombre et le classement sur l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (*International Nuclear and Radiological Event Scale* – INES) des événements significatifs survenus dans une installation nucléaire ne sont pas, à eux seuls, des indicateurs du niveau de sûreté de l'installation. En effet, d'une part, la classification sur un niveau donné est réductrice et ne suffit pas à rendre compte de la complexité d'un événement ; d'autre part, le nombre d'événements recensés dépend du taux de déclaration. L'évolution du nombre d'événements ne reflète donc pas non plus l'évolution du niveau de sûreté.

3.3.2 La mise en œuvre de la démarche

La déclaration d'un événement

L'exploitant d'une INB ou la personne responsable d'un TSR est tenu de déclarer dans les meilleurs délais à l'ASN et, le cas échéant, à l'autorité administrative, les accidents ou incidents survenus du fait du fonctionnement de cette installation ou de ce transport qui sont de nature à porter une atteinte significative aux intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement.

De même, le RAN doit déclarer tout événement pouvant conduire à une exposition accidentelle ou non intentionnelle des personnes aux rayonnements ionisants et susceptible de porter une atteinte significative aux intérêts protégés.

Selon les dispositions du code du travail, l'employeur est tenu de déclarer les événements significatifs affectant ses travailleurs. Lorsque le chef d'une entreprise exerçant une activité nucléaire fait intervenir une entreprise extérieure ou un travailleur non salarié, les événements significatifs concernant les travailleurs sont déclarés conformément aux plans de prévention et aux accords conclus en application des dispositions de l'article R. 4451-35 du code du travail.

Le déclarant apprécie l'urgence de la déclaration au regard de la gravité avérée ou potentielle de l'événement et de la rapidité de réaction nécessaire pour éviter une aggravation de la situation ou limiter les conséquences de l'événement. Le délai de déclaration de deux jours ouvrés (quatre jours pour les événements significatifs pour le TSR), mentionné dans les guides de déclaration de l'ASN, n'a pas lieu d'être lorsque les conséquences de l'événement nécessitent une intervention des pouvoirs publics.

Lorsqu'un même événement concerne potentiellement plusieurs installations, il est qualifié de « générique ». L'exemple le plus courant est un défaut lié à un matériel installé sur plusieurs réacteurs nucléaires (*voir chapitre 10*). Dans ce cas, l'ASN analyse l'événement comme un événement unique, le traitement étant principalement commun aux installations affectées. Ce processus suit les recommandations de l'AIEA, qui précisent qu'une déclaration unique peut être appropriée en cas d'événement affectant la défense en profondeur et touchant plusieurs installations similaires.

L'exploitation de la déclaration par l'ASN

L'ASN analyse la déclaration initiale pour vérifier la mise en œuvre des dispositions correctives immédiates, décider de

TABLEAU 6 Nombre d'événements significatifs classés sur l'échelle INES entre 2019 et 2024

		2019	2020	2021	2022	2023	2024
Installations nucléaires de base	Niveau 0	1 057	1 033	1 068	985	1 010	1 047
	Niveau 1	112	107	103	97	86	75
	Niveau 2	3	2	1	0	2	2
	Niveau 3 et +	0	0	0	0	0	0
	Total	**1 172**	**1 142**	**1 172**	**1 082**	**1 098**	**1 124**
Nucléaire de proximité (médical et industriel)	Niveau 0	142	135	177	163	176	210
	Niveau 1	35	24	33	37	25	21
	Niveau 2	2	1	0	2	0	0
	Niveau 3 et +	0	0	0	0	0	0
	Total	**179**	**160**	**210**	**202**	**201**	**231**
Transport de substances radioactives	Niveau 0	85	71	80	76	84	100
	Niveau 1	4	4	4	12	2	3
	Niveau 2	0	0	0	0	0	0
	Niveau 3 et +	0	0	0	0	0	0
	Total	**89**	**75**	**84**	**88**	**86**	**103**
	Total général	**1 440**	**1 377**	**1 466**	**1 372**	**1 385**	**1 458**

* Seules les données relatives aux événements significatifs classés niveau 1 et plus sur l'échelle INES ont été mises à jour (à la suite des reclassements effectués l'année suivant celle de la déclaration).

la réalisation d'une inspection sur le site afin d'analyser l'événement de manière approfondie et préparer, s'il y a lieu, l'information du public.

La déclaration est complétée dans les deux mois par un rapport faisant part des conclusions que l'exploitant tire de l'analyse de l'événement et des mesures qu'il prend pour améliorer la sûreté ou la radioprotection et éviter le renouvellement de l'événement. Ces informations sont prises en compte par l'ASN et son appui technique, l'IRSN, pour l'élaboration du programme d'inspection et lors des réexamens périodiques de la sûreté des INB.

L'ASN s'assure que l'exploitant a procédé à une analyse pertinente de l'événement, et a pris les dispositions appropriées pour corriger la situation et en éviter le renouvellement et a diffusé le retour d'expérience.

L'examen de l'ASN porte sur le respect des règles en vigueur en matière de détection et de déclaration des événements significatifs, les dispositions immédiates techniques, organisationnelles ou humaines prises par l'exploitant pour maintenir ou amener l'installation dans un état sûr, ainsi que sur la pertinence de l'analyse fournie.

L'ASN et l'IRSN effectuent aussi un examen plus global du retour d'expérience des événements. Les comptes-rendus d'événements significatifs et les bilans périodiques transmis par les exploitants, ainsi que l'évaluation qui en est faite par l'ASN et l'IRSN constituent une base du retour d'expérience. L'examen du retour d'expérience peut conduire à des demandes de l'ASN d'amélioration de l'état des installations et de l'organisation adoptée par l'exploitant, mais également à des évolutions de la réglementation.

Le retour d'expérience comprend les événements qui se produisent en France et à l'étranger, dans les installations nucléaires ou présentant des risques non radiologiques, si leur prise en compte est pertinente pour renforcer la sûreté ou la radioprotection.

3.3.3 L'enquête technique menée en cas d'incident ou d'accident concernant une activité nucléaire

L'ASN a le pouvoir de diligenter une enquête technique en cas d'incident ou d'accident dans une activité nucléaire. Cette enquête consiste à collecter et analyser les informations utiles, sans préjudice de l'enquête judiciaire éventuelle, afin de déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'événement et, si nécessaire, d'établir les recommandations nécessaires. Les articles L. 592-35 et suivants du code de l'environnement donnent à l'ASN le pouvoir de constituer la mission d'enquête, d'en déterminer la composition (agents ASN et personnes extérieures), de définir l'objet et l'étendue des investigations et d'accéder aux éléments nécessaires en cas d'enquête judiciaire.

Le décret n° 2007-1572 du 6 novembre 2007 relatif aux enquêtes techniques sur les accidents ou incidents concernant une activité nucléaire précise la procédure à mettre en œuvre. Elle s'appuie sur les pratiques établies par les autres bureaux d'enquête et tient compte des spécificités de l'ASN, notamment son indépendance, ses missions propres, sa capacité à imposer des prescriptions ou à prendre des sanctions.

3.3.4 Le bilan statistique des événements

En 2024, 2 260 événements significatifs ont été déclarés à l'ASN (*voir tableau 6 ci-dessus*) :
• 1 200 événements significatifs concernant la sûreté nucléaire, la radioprotection, l'environnement et le transport interne de matières dangereuses dans les INB, dont 1 124 sont classés sur l'échelle INES (75 événements de niveau 1 et deux événements de niveau 2). Parmi ces événements, 16 événements significatifs ont été classés comme des « événements génériques », c'est-à-dire qu'ils concernent plusieurs réacteurs, dont un au niveau 2 de l'échelle INES ;
• 103 événements significatifs concernant le TSR sur la voie publique (trois événements de niveau 1 sur l'échelle INES) ;
• 956 ESR pour le nucléaire de proximité, dont 210 événements classés de niveau 0 et 21 événements classés de niveau 1 sur l'échelle INES.

Les graphiques 1 à 6 (*voir pages suivantes*) détaillent les événements significatifs déclarés à l'ASN en 2024 en les distinguant selon les critères de déclaration pour chaque domaine d'activité.

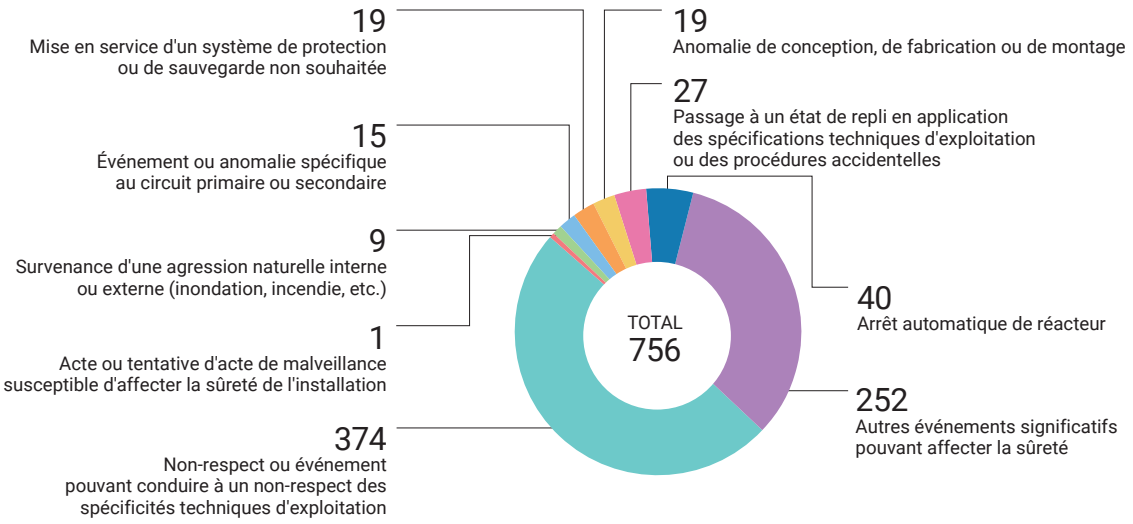
En 2024, deux événements ont été classés au niveau 2 sur l'échelle INES.

L'augmentation du nombre d'événements significatifs déclarés dans les activités nucléaires n'est pas attribuable à un domaine particulier ni à une cause spécifique. Les détails de l'analyse statistique de ces événements figurent dans les chapitres 7 et suivants.

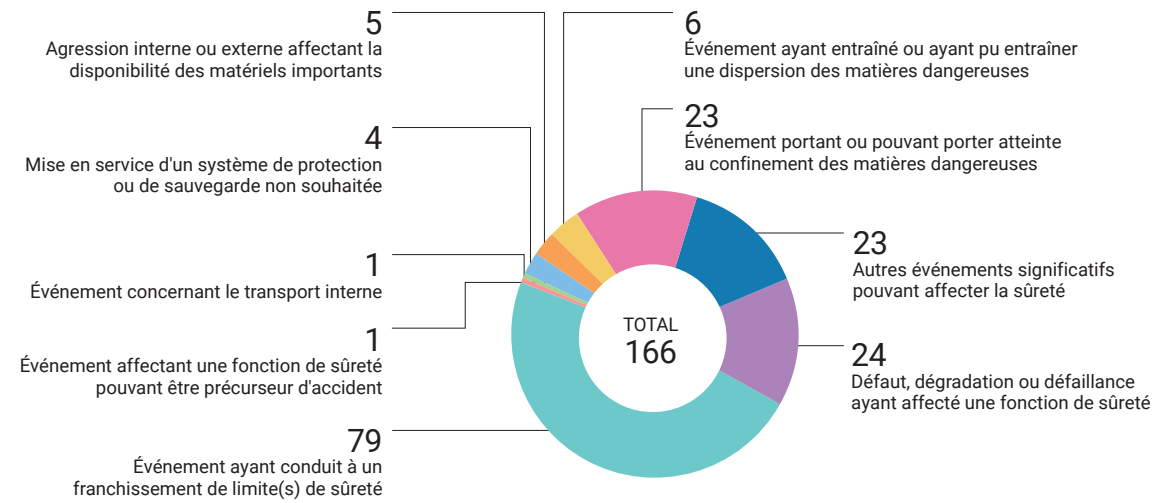
Les deux événements de niveau 2 concernent la contamination externe de deux travailleurs dans les centrales nucléaires du Tricastin et de Saint-Laurent-des-Eaux. Ils font l'objet d'un encadré au chapitre 10 (*voir page 324*).

Comme indiqué précédemment, ces données doivent être utilisées avec précaution : elles ne constituent pas à elles seules un indicateur de sûreté. L'ASN encourage les exploitants à la déclaration des incidents, ce qui contribue à la transparence et au partage d'expérience.

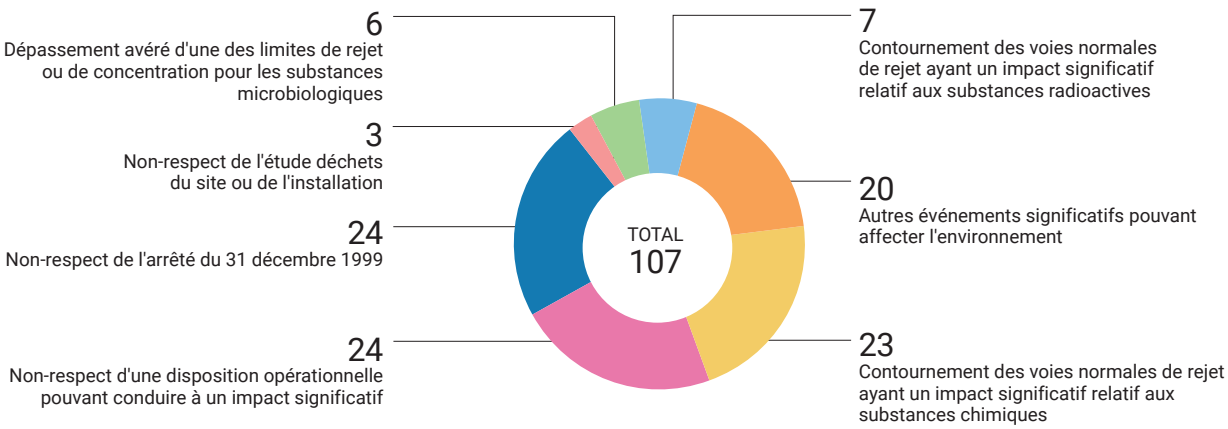
GRAPHIQUE 1 **Événements impliquant la sûreté dans les centrales nucléaires déclarés en 2024**



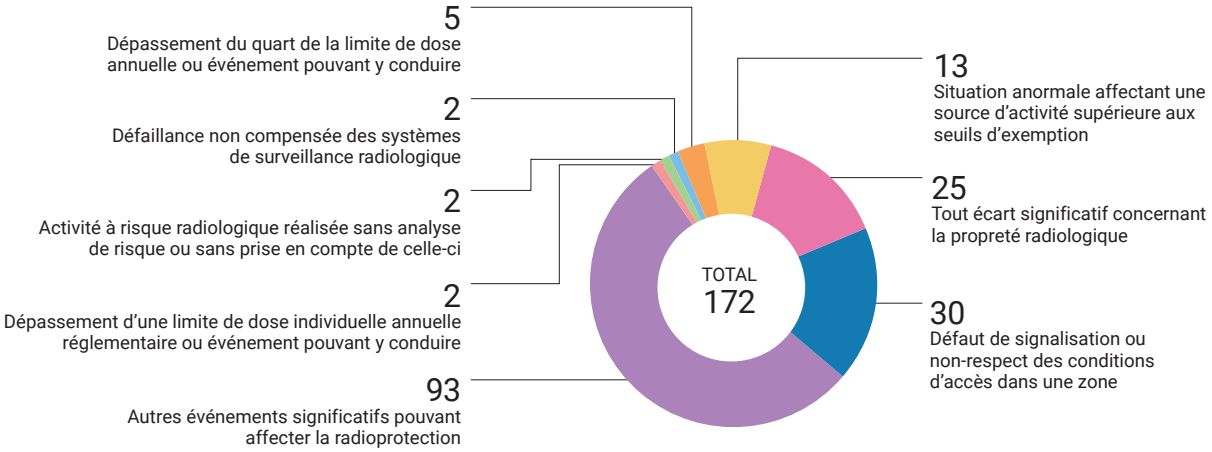
GRAPHIQUE 2 **Événements impliquant la sûreté dans les INB autres que les centrales nucléaires déclarés en 2024**



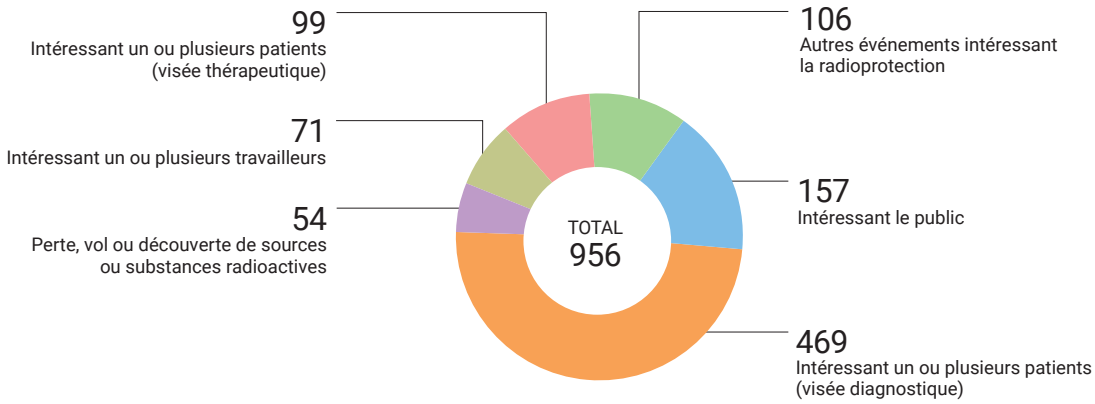
GRAPHIQUE 3 **Événements significatifs relatifs à l'environnement dans les INB déclarés en 2024**



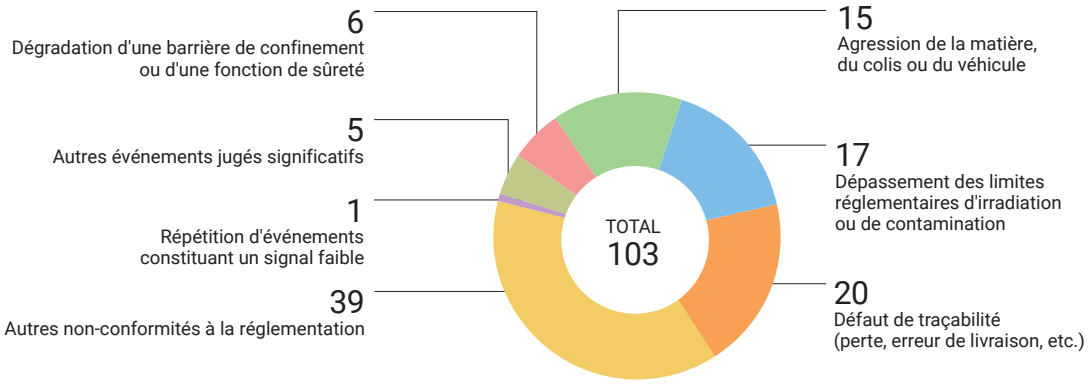
GRAPHIQUE 4 Événements impliquant la radioprotection dans les INB déclarés en 2024



GRAPHIQUE 5 Événements impliquant la radioprotection (hors INB et TSR) déclarés en 2024



GRAPHIQUE 6 Événements impliquant le transport de substances radioactives déclarés en 2024



La répartition des événements significatifs classés sur l'échelle INES est précisée dans le tableau 6 (*voir page 159*). L'échelle INES n'étant pas applicable aux événements significatifs intéressant les patients, le classement sur l'échelle ASN-SFRO[2] des événements significatifs intéressant un ou plusieurs patients en radiothérapie est précisé au chapitre 7.

De même, les événements significatifs relatifs à l'environnement, mais impliquant les substances non radiologiques, ne sont pas couverts par l'échelle INES. Ils sont caractérisés comme étant « hors échelle INES ».

3.4 La sensibilisation des professionnels et la coopération avec les autres administrations

L'action de contrôle est complétée par des actions de sensibilisation qui visent à faire connaître la réglementation et à la décliner dans des termes pratiques adaptés aux différentes professions. L'ASN souhaite encourager et accompagner les initiatives des organisations professionnelles qui entreprennent cette démarche par l'établissement de guides de bonnes pratiques et d'informations professionnelles.

L'ASN édite des fiches « Éviter l'accident » dans le domaine des INB et du transport et des fiches « retour d'expérience » ou des bulletins « La sécurité du patient » dans le domaine médical, ayant pour objectif de partager ses analyses du retour d'expérience.

La sensibilisation passe également par des actions concertées avec d'autres administrations et organismes qui contrôlent les mêmes installations, mais avec des prérogatives distinctes. On peut citer l'inspection du travail, l'inspection des dispositifs médicaux par l'ANSM, l'inspection des activités médicales confiée aux corps techniques du ministère chargé de la santé, ou le contrôle général des armées qui exerce le contrôle des activités relevant du nucléaire de proximité au ministère des Armées.

3.5 L'information sur l'action de contrôle de l'ASN

Attentive à la coordination des services de l'État, l'ASN informe les autres services de l'administration intéressés par son programme de contrôle, des suites de ses contrôles, des sanctions prises à l'encontre des exploitants et des événements significatifs.

Pour assurer la transparence du contrôle qu'elle exerce, l'ASN informe le public par la mise en ligne sur *asn.fr* :
- de ses décisions ;
- des lettres de suite d'inspection pour toutes les activités qu'elle contrôle ;
- des agréments et habilitations qu'elle délivre ou refuse ;
- des avis d'incidents ;
- du bilan des arrêts de réacteur ;
- de ses publications thématiques.

4 — Contrôler l'impact des activités nucléaires et surveiller la radioactivité de l'environnement

4.1 Le contrôle des rejets et de l'impact environnemental et sanitaire des activités nucléaires

4.1.1 Le suivi et le contrôle des rejets

L'arrêté INB du 7 février 2012 et la décision n° 2013-DC-0360 de l'ASN du 16 juillet 2013 modifiée fixent les prescriptions générales applicables à toute INB encadrant leurs prélèvements d'eau et leurs rejets de substances radioactives ou chimiques. En complément de ces dispositions, l'ASN a défini, dans sa décision n° 2017-DC-0588 du 6 avril 2017, les modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement applicables spécifiquement aux REP. Cette décision a été homologuée par le ministre de la Transition écologique et solidaire par arrêté du 14 juin 2017.

Outre les dispositions générales précitées, des décisions de l'ASN fixent, pour chaque installation, les prescriptions particulières qui lui sont applicables, notamment les limites de prélèvement d'eau et de rejet de substances radioactives ou chimiques.

La surveillance des rejets des INB

La surveillance des rejets d'une installation relève en premier lieu de la responsabilité de l'exploitant. Les prescriptions de l'ASN encadrant les rejets prévoient les contrôles minimaux que l'exploitant doit mettre en œuvre. Cette surveillance s'exerce sur les effluents liquides ou gazeux (suivi de l'activité des rejets ou des concentrations et flux de substances chimiques rejetées, caractérisation de certains effluents avant rejet, etc.) et sur l'environnement à proximité de l'installation (contrôles au cours du rejet, prélèvements d'air, d'eau, de lait, d'herbe, etc.), sur l'ensemble des paramètres pertinents pour caractériser l'impact de l'installation sur les personnes et l'environnement. Les résultats de cette surveillance sont consignés dans des registres transmis chaque mois à l'ASN.

Par ailleurs, les exploitants d'INB transmettent régulièrement à un laboratoire indépendant, pour analyse contradictoire, un certain nombre de prélèvements réalisés sur les rejets. Les résultats de ces contrôles, dits « contrôles croisés », sont communiqués à l'ASN. Ce programme de contrôles croisés, défini par l'ASN, permet de s'assurer du maintien dans le temps de la justesse des mesures réalisées par les laboratoires des exploitants.

Les inspections menées par l'ASN

L'ASN s'assure, grâce à des inspections dédiées, que les exploitants respectent bien les dispositions réglementaires qui leur incombent en matière de maîtrise des rejets et d'impact environnemental et sanitaire de leurs installations. Chaque année, elle réalise environ 90 inspections de ce type, qui se répartissent entre les thèmes suivants :
- prévention des pollutions, maîtrise des nuisances et maîtrise des risques non radiologiques ;
- prélèvements d'eau et rejets d'effluents, surveillance des rejets et de l'environnement ;
- gestion des déchets.

Chacun de ces thèmes couvre à la fois les domaines radiologique et non radiologique.

L'ASN réalise également, chaque année, 10 à 20 inspections avec prélèvements et mesures, généralement inopinées, conduites avec l'appui de laboratoires spécialisés et indépendants mandatés par l'ASN. Des prélèvements d'échantillons dans les effluents et dans l'environnement sont réalisés en vue d'analyses radiologiques et chimiques. Enfin, l'ASN réalise chaque année plusieurs inspections renforcées qui visent à contrôler l'organisation mise en œuvre par l'exploitant pour la protection de l'environnement ; le champ de l'inspection est alors élargi à l'ensemble des thèmes précités. Dans ce cadre, des mises en situation telles que des exercices visant à tester l'organisation relative à la gestion d'une pollution peuvent notamment être effectuées (*voir chapitre 10*).

La comptabilisation des rejets des INB

Les règles de comptabilisation des rejets, tant radioactifs que chimiques, sont fixées

2. Cette échelle permet une communication vers le public, en des termes accessibles et explicites, sur les événements de radioprotection conduisant à des effets inattendus ou imprévisibles affectant des patients dans le cadre d'une procédure médicale de radiothérapie.

Pour parler mesure

• **Le seuil de décision** (SD) est la valeur au-dessus de laquelle on peut conclure avec un degré de confiance élevé qu'un radionucléide est présent dans l'échantillon.
• **La limite de détection** (LD) est la valeur à partir de laquelle la technique de mesure permet de quantifier un radionucléide avec une incertitude raisonnable (l'incertitude est d'environ 50 % au niveau de la LD).

De façon simplifiée, LD ≈ 2 x SD.

Pour les résultats de mesure sur des substances chimiques, la limite de quantification est équivalente à la limite de détection utilisée pour la mesure de radioactivité.

Spectres de référence

Pour les centrales nucléaires, les spectres de référence des rejets comprennent les radionucléides suivants :
• **rejets liquides :** tritium, carbone-14, iode-131, autres produits de fission et d'activation (manganèse-54, cobalt-58, cobalt-60, nickel-63, argent-110m, tellure-123m, antimoine-124, antimoine-125, césium-134, césium-137) ;
• **rejets gazeux :** tritium, carbone-14, iodes (iode-131, iode-133), autres produits de fission et d'activation (cobalt-58, cobalt-60, césium-134, césium-137), gaz rares : xénon-133 (rejets permanents des réseaux de ventilation, vidange de réservoirs de stockage des effluents « RS » et lors de la décompression des bâtiments réacteurs), xénon-135 (rejets permanents des réseaux de ventilation et lors de la décompression des bâtiments réacteurs), xénon-131m (vidange de réservoirs RS), krypton-85 (vidange de réservoirs RS), argon-41 (lors de la décompression des bâtiments réacteurs).

dans la réglementation générale par la décision n° 2013-DC-0360 de l'ASN du 16 juillet 2013 modifiée relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des INB. Ces règles ont été fixées de façon à garantir que les valeurs de rejet déclarées par les exploitants, prises notamment en compte dans les calculs d'impact, ne sont en aucun cas sous-estimées.

Pour les rejets de substances radioactives, la comptabilisation ne repose pas sur des mesures globales, mais sur une analyse par radionucléide, en introduisant la notion de « spectre de référence », listant les radionucléides spécifiques au type de rejet considéré.

Les principes sous-tendant les règles de comptabilisation sont les suivants :
• les radionucléides dont l'activité mesurée est supérieure au seuil de décision de la technique de mesure sont tous comptabilisés ;
• les radionucléides du « spectre de référence » dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision (*voir encadré ci-dessus*) sont comptabilisés au niveau du seuil de décision.

Pour les rejets de substances chimiques faisant l'objet d'une valeur limite d'émission fixée par une prescription de l'ASN, lorsque les valeurs de concentration mesurées sont inférieures à la limite de quantification, l'exploitant est tenu de déclarer par convention une valeur égale à la moitié de la limite de quantification concernée.

Les substances per- et polyfluoroalkylées

Les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) sont des substances qui se dégradent très lentement et qui sont très persistantes dans l'environnement, ce qui pose de nombreuses questions quant à leur dangerosité, tant sur le plan sanitaire que sur le plan environnemental.

À la suite du plan d'action engagé par le Gouvernement en janvier 2023 pour réduire les risques liés aux PFAS et améliorer la connaissance de l'exposition des citoyens à ces substances, l'ASN a demandé aux exploitants des INB dont les activités sont susceptibles d'être à l'origine d'émissions de PFAS d'établir la liste des PFAS utilisées, produites, traitées ou rejetées par leur établissement, puis de réaliser une campagne de recherche et de quantification de leur présence dans les rejets aqueux de leur établissement.

Bien que les procédés industriels mis en œuvre dans les INB n'utilisent pas de PFAS, certains équipements (joints, garnitures mécaniques, mousses anti-incendie) présents dans les INB sont susceptibles d'en contenir. Les exploitants des INB concernées ont ainsi réalisé en 2024 des campagnes de mesure portant dans un premier temps sur des échantillons prélevés dans les réseaux d'évacuation des rejets liquides non radioactifs de leur établissement. Ces premiers résultats confirment l'absence de PFAS dans les rejets dans la majorité des cas. Certains établissements se sont engagés à compléter leur campagne par une ou plusieurs mesures lorsqu'une présence ponctuelle de PFAS a été détectée. Par ailleurs, les résultats des campagnes complémentaires à réaliser sur les rejets radioactifs sont attendus d'ici fin 2026.

À l'issue de ces campagnes, en cas de présence avérée de PFAS dans les rejets des INB, l'ASN pourrait être amenée à prendre des décisions de prescriptions visant à encadrer réglementairement ces rejets en fixant des valeurs limites d'émission et des modalités de surveillance adaptées.

Le suivi des rejets dans le domaine du nucléaire de proximité

En application de la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008, des mesures de la radioactivité sont réalisées sur les effluents issus des établissements producteurs.

Dans les centres hospitaliers hébergeant un service de médecine nucléaire, ces mesures portent principalement sur l'iode-131 et le technétium-99m (*voir chapitre 7*).

Dans le domaine du nucléaire de proximité industriel, peu d'établissements rejettent des effluents radioactifs en dehors des cyclotrons (*voir chapitre 8*). Les rejets et leur surveillance font l'objet de prescriptions dans les autorisations délivrées et d'une attention particulière lors des inspections.

Pour les services de médecine nucléaire et les laboratoires de recherche, l'IRSN propose une approche graduée de la surveillance des déversements radioactifs dans le réseau public de collecte d'eaux usées. Cette approche pourrait se composer de protocoles de prélèvement et de mesure, ainsi que de niveaux guides à comparer aux résultats de ces mesures pour décider de la nécessité éventuelle d'actions correctives.

4.1.2 L'évaluation de l'impact radiologique des activités nucléaires

L'impact radiologique des effluents produits par les activités médicales et le nucléaire de proximité industriel

L'impact des déversements radioactifs sur les travailleurs des systèmes d'assainissement (égoutiers et travailleurs en station de traitement des eaux usées) et sur les travailleurs chargés de l'évacuation et de l'épandage des boues résultant du traitement des eaux usées peut être évalué, depuis 2019, grâce à l'outil CIDRRE (Calcul d'impact des déversements radioactifs dans les réseaux), développé par l'IRSN.

Le résultat final est une surestimation prudente, qui donne un ordre de grandeur des doses susceptibles d'être reçues par catégorie de travailleurs de l'assainissement, en fonction de l'établissement qui procède au déversement, du système de collecte qui reçoit ces rejets et de la station qui traite les eaux usées. CIDRRE permet de s'assurer que la dose annuelle reçue par les travailleurs de l'assainissement reste inférieure à 1 millisievert (mSv).

Pour la population, l'impact radiologique estimé lié aux déversements radioactifs des services de médecine nucléaire et des laboratoires de recherche dans les systèmes d'assainissement apparaît inférieur à 300 microsieverts par an (µSv/an) dans toutes les études, même sous des hypothèses majorantes et en considérant

l'ensemble des radionucléides détectés dans les systèmes d'assainissement. Cet impact est estimé inférieur à 1 µSv/an lorsque ne sont pris en compte que les radionucléides utilisés en médecine nucléaire, avec des hypothèses réalistes (données IRSN).

L'impact radiologique des INB

En application du principe d'optimisation, l'exploitant doit réduire l'impact radiologique de son installation à des valeurs aussi faibles que possible dans des conditions économiquement acceptables.

L'exploitant est tenu d'évaluer l'impact dosimétrique induit par son activité. Cette obligation découle, selon les cas, de l'article L. 1333-8 du code de la santé publique ou de la réglementation relative aux rejets des INB (article 5.3.2 de la décision n° 2013-DC-0360 de l'ASN du 16 juillet 2013 modifiée relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des INB). Le résultat est à apprécier en considérant la limite annuelle de dose admissible pour le public (1 millisievert par an – mSv/an) définie à l'article R. 1333-11 du code de la santé publique, qui correspond à la somme des doses efficaces reçues par le public du fait des activités nucléaires.

En pratique, seules des traces de radioactivité artificielle sont détectables au voisinage des installations nucléaires ; en surveillance de routine, les mesures effectuées sont dans la plupart des cas inférieures aux seuils de décision ou reflètent la radioactivité naturelle. Ces mesures ne pouvant servir à l'estimation des doses, il est nécessaire de recourir à des modélisations du transfert de la radioactivité à l'homme sur la base des mesures des rejets de l'installation. Ces modèles sont propres à chaque exploitant et sont détaillés dans l'étude d'impact de l'installation. Lors de son analyse, l'ASN s'attache à vérifier le caractère conservatif de ces modèles afin de s'assurer que les évaluations d'impact ne sont pas sous-estimées.

En complément des estimations d'impact réalisées à partir des rejets des installations, des programmes de surveillance de la radioactivité présente dans l'environnement (milieux aquatiques, air, terre, lait, herbe, productions agricoles, etc.) sont imposés aux exploitants, notamment pour vérifier le respect des hypothèses retenues dans l'étude d'impact et suivre l'évolution du niveau de la radioactivité dans les différents compartiments de l'environnement autour des installations (*voir point 4.1.1*).

L'estimation des doses dues aux INB pour une année donnée est effectuée à partir des rejets réels de chaque installation, comptabilisés pour l'année considérée. Cette évaluation prend en compte les rejets par les émissaires identifiés (cheminée, conduite de rejet vers le milieu fluvial ou marin), les émissions diffuses non canalisées vers des émissaires (par exemple, évent de réservoir) et les sources d'exposition radiologique aux rayonnements ionisants présentes dans l'installation.

L'estimation est calculée, conformément aux dispositions des articles R. 1333-23 et R. 1333-24 du code de la santé publique, pour une « personne représentative » des personnes les plus exposées au sein de la population, à l'exclusion des personnes ayant des habitudes extrêmes ou rares et selon des scénarios aussi réalistes que possible. Ces scénarios tiennent compte de paramètres spécifiques à chaque site : distance au site, données météorologiques, etc. Les différences observées d'un site à l'autre et d'une année sur l'autre s'expliquent en grande partie par l'utilisation de ces paramètres spécifiques.

Le tableau intitulé « Impact radiologique des INB depuis 2018 » du chapitre 1 présente l'évaluation des doses dues aux INB, calculée par les exploitants.

Pour chacun des sites nucléaires présentés, l'impact radiologique reste très inférieur ou, au plus, de l'ordre du pour cent de la limite pour le public, cette limite étant de 1 mSv/an. Ainsi, en France, les rejets produits par l'industrie nucléaire ont un impact radiologique très faible.

4.1.3 Les contrôles effectués dans le cadre européen

L'article 35 du traité Euratom impose aux États membres de mettre en place des installations de contrôle permanent de la radioactivité de l'atmosphère, des eaux et du sol afin de garantir le contrôle du respect des normes de base pour la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants.

Tout État membre, qu'il dispose d'installations nucléaires ou non, doit donc mettre en place un dispositif de surveillance de l'environnement sur l'ensemble de son territoire.

L'article 35 dispose également que la Commission européenne (CE) peut accéder aux installations de contrôle pour en vérifier le fonctionnement et l'efficacité. Lors de ses vérifications, elle fournit un avis sur les moyens de suivi mis en place par les États membres pour les rejets radioactifs dans l'environnement, ainsi que pour les niveaux de radioactivité de l'environnement autour des sites nucléaires et sur le territoire national. Elle donne notamment son appréciation sur les équipements et méthodologies utilisés pour cette surveillance, ainsi que sur l'organisation mise en place.

Depuis 1994, la CE a effectué une dizaine de visites de vérification sur différents types d'installations nucléaires en France (centrales nucléaires, usines du « cycle du combustible », centres de cherche, anciennes mines d'uranium).

4.2 La surveillance de l'environnement

4.2.1 Le réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement

En France, de nombreux acteurs participent à la surveillance de la radioactivité de l'environnement :

- les exploitants d'installations nucléaires qui réalisent une surveillance autour de leurs sites ;
- l'ASN, l'IRSN (dont les missions définies par le décret n° 2016-283 du 10 mars 2016 comprennent la participation à la surveillance radiologique de l'environnement), les ministères (Direction générale de la santé, Direction générale de l'alimentation, Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes, etc.), les services de l'État et autres acteurs publics réalisant des missions de surveillance du territoire national ou de secteurs particuliers (denrées alimentaires contrôlées par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes, par exemple) ;
- les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (collectivités locales), les associations de protection de l'environnement et les commissions locales d'information (CLI).

Le Réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement (RNM) fédère l'ensemble de ces acteurs. Il a pour principal objectif de réunir et de mettre à disposition du public sur un site Internet spécifique (*mesure-radioactivite.fr*) l'intégralité des mesures environnementales effectuées dans un cadre réglementaire sur le territoire national. La qualité de ces mesures est assurée par une procédure d'agrément des laboratoires (*voir point 4.3*).

Les orientations du RNM (par exemple, les nouveaux types de mesures à intégrer dans le RNM) sont décidées au sein du comité de pilotage du réseau, qui regroupe des représentants de l'ensemble des parties prenantes au réseau : services ministériels, ARS, représentants des laboratoires des exploitants nucléaires ou associatifs, membres de CLI, IRSN, ASN, etc. La décision CODEP-DEU-2023-053424 du président de l'ASN du 29 novembre 2023 a acté l'élargissement de la composition du comité de pilotage du RNM en nommant notamment des représentants de Dreal en tant que membres du comité.

Après le lancement du site Internet du RNM en 2009 et une première refonte en 2016, l'ASN et l'IRSN ont engagé en 2022 un travail de modernisation de l'outil afin de mieux répondre aux attentes des internautes, qu'il s'agisse du public ou de visiteurs plus avertis.

TABLEAU 7 Exemples de suivi radiologique de l'environnement autour des INB

Milieu surveillé ou nature du contrôle	Centrale nucléaire de Cattenom (décision n° 2014-DC-0415 de l'ASN du 16 janvier 2014)	Établissement Orano de La Hague (décision n° 2015-DC-0535 de l'ASN du 22 décembre 2015 modifiée)
Air au niveau du sol	• 4 stations de prélèvement en continu des poussières atmosphériques sur filtre fixe avec mesures quotidiennes de l'activité β globale (βG) – Spectrométrie γ si βG > 2 mBq/m³ – Spectrométrie γ mensuelle sur regroupements des filtres par station • 1 station de prélèvement en continu, située sous les vents dominants, avec mesure hebdomadaire du ^{3}H atmosphérique	• 5 stations de prélèvement en continu des poussières atmosphériques sur filtre fixe avec mesures quotidiennes des activités α globale (αG) et β globale (βG) – Spectrométrie γ si αG ou βG > 1 mBq/m³ – Spectrométrie α (Pu) mensuelle sur le regroupement des filtres par station • 5 stations de prélèvement en continu des halogènes sur absorbant spécifique avec spectrométrie γ hebdomadaire pour la mesure des iodes • 5 stations de prélèvement en continu avec mesure hebdomadaire du ^{3}H atmosphérique • 5 stations de prélèvement en continu avec mesure bimensuelle du ^{14}C atmosphérique • 5 stations de mesure en continu de l'activité du ^{85}Kr dans l'air
Rayonnement γ ambiant	• Mesure en continu avec enregistrement : – 4 balises à 1 km – 10 balises aux limites du site – 4 balises à 5 km	• 5 balises avec mesure en continu et enregistrement • 11 balises avec mesure en continu à la clôture du site
Pluie	• 1 station de prélèvement en continu sous les vents dominants avec mesures bimensuelles βG et ^{3}H	• 2 stations de prélèvement en continu dont une sous le vent dominant avec mesure hebdomadaire de αG, βG et du ^{3}H • Spectrométrie γ si αG ou βG significatif
Milieu récepteur des rejets liquides	• Prélèvement dans la rivière en amont du point de rejet et dans la zone de bon mélange à chaque rejet – Mesure βG, du potassium (K)(*) et ^{3}H • Prélèvement continu dans la rivière au point de bon mélange – Mesure ^{3}H (mélange moyen quotidien) • Prélèvements annuels dans les sédiments, la faune et la flore aquatiques en amont et en aval du point de rejet avec spectrométrie γ, mesure ^{3}H libre, et, sur les poissons, ^{14}C et ^{3}H organiquement lié • Prélèvements périodiques dans un ruisseau et dans la retenue avoisinant le site avec mesures ßG, K, ^{3}H	• Prélèvements quotidiens d'eau de mer en deux points à la côte avec mesures quotidiennes (spectrométrie γ, ^{3}H) en un de ces points et pour chacun des deux points, spectrométries α et γ et mesures βG, K, ^{3}H et ^{90}Sr • Prélèvements trimestriels d'eau de mer en 3 points au large avec spectrométrie γ et mesures βG, K, ^{3}H • Prélèvements trimestriels de sable de plage, d'algues et de patelles en 13 points avec spectrométrie γ + mesure ^{14}C et spectrométrie α pour les algues et patelles en 6 points • Prélèvements de poissons, crustacés, coquillages et mollusques dans 3 zones des côtes du Cotentin avec spectrométries α et γ et mesure ^{14}C • Prélèvements trimestriels de sédiments marins au large en 8 points avec spectrométries α et γ mesure ^{90}Sr • Prélèvements hebdomadaires à semestriels de l'eau de 19 ruisseaux avoisinant le site, avec mesures αG, βG, K et ^{3}H • Prélèvements trimestriels des sédiments des 4 principaux ruisseaux avoisinant le site, avec spectrométries γ et α • Prélèvements trimestriels de végétaux aquatiques dans 3 ruisseaux avoisinant le site avec spectrométrie γ et mesure ^{3}H
Eaux souterraines	• Prélèvements mensuels en 4 points, bimensuels en 1 point et trimestriels en 4 points avec mesure βg, K et ^{3}H	• 5 points de prélèvement (contrôle mensuel) avec mesure αG, βG, du K et du ^{3}H
Eaux de consommation	• Prélèvement annuel d'une eau destinée à la consommation humaine, avec mesures βG, K et ^{3}H	• Prélèvements périodiques des eaux destinées à la consommation humaine en 15 points, avec mesures αG, βG, K et ^{3}H
Sol	• 1 prélèvement annuel de la couche superficielle des terres avec spectrométrie γ	• Prélèvements trimestriels en 7 points avec spectrométrie γ et mesure du ^{14}C
Végétaux	• 2 points de prélèvement d'herbe, dont un sous les vents dominants, avec spectrométrie γ mensuelle et mesures trimestrielles ^{14}C et du C • Campagne annuelle sur les principales productions agricoles avec spectrométrie γ, mesure ^{3}H, et ^{14}C	• Prélèvements d'herbes mensuels en 5 points et trimestriels en 5 autres points avec spectrométrie γ et mesure de ^{3}H et ^{14}C – Spectrométrie α annuelle en chaque point • Campagne annuelle sur les principales productions agricoles avec spectrométries α et γ, mesures du ^{3}H, du ^{14}C et du ^{90}Sr
Lait	• 2 points de prélèvement, situés de 0 à 10 km de l'installation, dont un sous les vents dominants, avec spectrométrie γ mensuelle, mesure trimestrielle ^{14}C et mesure annuelle ^{90}Sr et ^{3}H	• 5 points de prélèvement (contrôle mensuel) avec spectrométrie γ, mesure de K, ^{3}H, ^{14}C et ^{90}Sr

αG = α global ; βG = β global
* Mesures de la concentration totale de potassium par spectrométrie pour ^{40}K.

Dans cet objectif, un groupe de travail pluraliste composé des principaux exploitants nucléaires, de représentants de la société civile, de ministères, de l'IRSN et de l'ASN s'est réuni entre 2022 et 2023 afin de dégager des axes d'amélioration et de proposer plusieurs évolutions du site. Plusieurs d'entre elles sont déjà mises en œuvre, telles que l'amélioration de la fonctionnalité de recherche autour des sites. La modernisation du site Internet se poursuivra en 2025.

4.2.2 L'objet de la surveillance de l'environnement

Les exploitants sont responsables de la surveillance de l'environnement autour de leurs installations. Le contenu des programmes de surveillance à mettre en œuvre à ce titre (mesures à réaliser et périodicité) est défini dans la décision n° 2013-DC-0360 de l'ASN du 16 juillet 2013 modifiée, ainsi que dans les prescriptions individuelles applicables à chaque installation (arrêtés d'autorisation de rejets ou décisions de l'ASN encadrant les prélèvements d'eau et des rejets), indépendamment des dispositions complémentaires que peuvent prendre les exploitants pour leur propre suivi.

Cette surveillance de l'environnement permet :
• de contribuer à la connaissance de l'état radiologique et radioécologique de l'environnement de l'installation par la réalisation de mesures relatives aux paramètres et substances réglementés dans les prescriptions, dans les différents compartiments de l'environnement (air, eau, sol), ainsi que dans les biotopes et la chaîne alimentaire (lait, végétaux, etc.) : un état initial, servant de référence, est réalisé avant la création de l'installation ; la surveillance de l'environnement tout au long de la vie de l'installation permet d'en suivre l'évolution ;
• de contribuer à vérifier que l'impact de l'installation sur la santé et l'environnement est conforme à l'étude d'impact ;
• de détecter le plus précocement possible une élévation anormale de la radioactivité ;
• de s'assurer du respect de la réglementation par les exploitants et de l'absence de dysfonctionnement de l'installation, notamment par le contrôle des nappes d'eaux souterraines ;
• de contribuer à la transparence et à l'information du public par la transmission des données de surveillance au RNM.

4.2.3 Le contenu de la surveillance

Tous les sites nucléaires qui émettent des rejets en France font l'objet d'une surveillance systématique de l'environnement. Ce suivi est proportionné aux risques ou inconvénients que peut présenter l'installation pour l'environnement tels qu'ils sont décrits dans le dossier d'autorisation et notamment l'étude d'impact.

La surveillance réglementaire de l'environnement des INB est adaptée à chaque type d'installation selon qu'il s'agit d'un réacteur électronucléaire, d'une usine, d'une installation de recherche, d'un centre de stockage de déchets, etc. Le contenu minimal de cette surveillance est défini par l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux INB et par la décision du 16 juillet 2013 modifiée précitée. Cette décision impose aux exploitants d'INB de faire effectuer les mesures réglementaires de surveillance de la radioactivité de l'environnement par des laboratoires agréés.

En fonction des spécificités locales, la surveillance peut varier d'un site à l'autre. Le tableau 7 (*voir page suivante*) présente des exemples de surveillance effectuée par l'exploitant d'une centrale électronucléaire et d'une usine du « cycle du combustible ».

Lorsque plusieurs installations (INB ou non) sont présentes sur un même site, la surveillance peut être commune à l'ensemble de ces installations, comme cela est par exemple le cas sur les sites de Cadarache et du Tricastin depuis 2006.

Ces principes de surveillance sont complétés dans les prescriptions individuelles des installations par des dispositions de surveillance spécifiques aux risques présentés par les procédés industriels qu'elles utilisent.

Chaque année, outre la transmission réglementaire des résultats de la surveillance à l'ASN, les exploitants transmettent près de 120 000 mesures au RNM.

4.2.4 La surveillance de l'environnement sur le territoire national par l'IRSN

La surveillance de l'environnement effectuée par l'IRSN sur l'ensemble du territoire national est réalisée au moyen de réseaux de mesure et de prélèvement consacrés à :
• la surveillance de l'air (aérosols, eaux de pluie, activité gamma ambiante) ;
• la surveillance des eaux de surface (cours d'eau) et des eaux souterraines (nappes phréatiques) ;
• la surveillance de la chaîne alimentaire de l'homme (lait, céréales, poissons, etc.) ;
• la surveillance continentale terrestre (stations de référence éloignées de toute installation industrielle).

Cette surveillance repose sur :
• la surveillance en continu *in situ* par des systèmes autonomes (réseaux de télésurveillance) permettant la transmission en temps réel des résultats parmi lesquels on trouve :
  – le réseau Téléray (radioactivité gamma ambiante de l'air) qui s'appuie sur des balises de mesure en continu et sur l'ensemble du territoire. Ce réseau est en cours de densification autour des sites nucléaires dans la zone de 10 à 30 km autour des INB ;
  – le réseau Hydrotéléray (surveillance des principaux cours d'eau, en aval de toutes les installations nucléaires et avant leur sortie du territoire national) ;
• des réseaux de prélèvement en continu avec mesures en laboratoire, comme le réseau de mesure de la radioactivité des aérosols atmosphériques ;
• le traitement et la mesure en laboratoire d'échantillons prélevés dans différents compartiments de l'environnement à proximité ou non d'installations susceptibles de rejeter des radionucléides.

L'IRSN réalise chaque année plus de 25 000 prélèvements dans l'environnement, tous compartiments confondus (hors réseaux de télémesures).

Les niveaux de radioactivité artificielle mesurés en France sont stables et se situent à des niveaux très faibles, généralement à la limite de la sensibilité des instruments de mesure. La radioactivité artificielle détectée dans l'environnement résulte essentiellement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires réalisés dans les années 1960 et de l'accident de Tchernobyl (Ukraine). Des traces de radioactivité artificielle liées aux rejets peuvent parfois être détectées à proximité des installations. À cela peuvent s'ajouter très localement des contaminations sans enjeu sanitaire issues d'incidents ou d'activités industrielles passées.

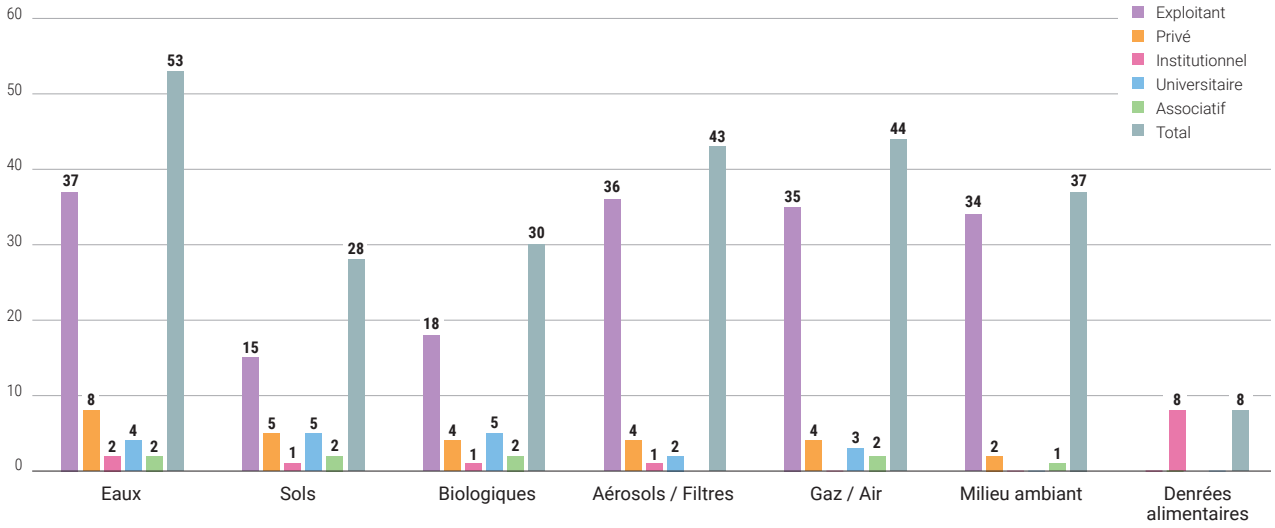
À partir des résultats de la surveillance de la radioactivité sur l'ensemble du territoire publiés dans le RNM et conformément aux dispositions de la décision n° 2008-DC-0099 de l'ASN du 29 avril 2008 modifiée, l'IRSN publie régulièrement un bilan de l'état radiologique de l'environnement français. La cinquième édition de ce bilan, relative à la période 2021-2023, a été publiée en décembre 2024.

4.3 Des laboratoires agréés par l'ASN pour garantir la qualité des mesures

Les articles R. 1333-25 et R. 1333-26 du code de la santé publique prévoient la création d'un RNM et d'une procédure d'agrément des laboratoires de mesure de la radioactivité par l'ASN. Les modalités de fonctionnement du RNM sont définies par la décision n° 2008-DC-0099 de l'ASN du 29 avril 2008 modifiée précitée.

La mise en place de ce réseau répond à deux objectifs majeurs :
• poursuivre une politique d'assurance de la qualité des mesures de la radioactivité de l'environnement par l'instauration d'un agrément des laboratoires, délivré par décision de l'ASN ;
• assurer la transparence en mettant à disposition du public les résultats de la surveillance de la radioactivité de l'environnement et des informations sur l'impact radiologique du nucléaire en France sur le site Internet du RNM (*voir point 4.2.1*).

GRAPHIQUE 7 Laboratoires agréés par type de matrice au 1er janvier 2025



Les agréments couvrent toutes les matrices environnementales pour lesquelles une surveillance réglementaire est imposée aux exploitants : eaux, sols ou sédiments, matrices biologiques (faune, flore, lait), aérosols et gaz atmosphériques. Les mesures concernent les principaux radionucléides artificiels ou naturels, émetteurs gamma, bêta ou alpha ainsi que la dosimétrie gamma ambiante. La liste des types de mesure couverts par un agrément est définie par la décision n° 2008-DC-0099 de l'ASN du 29 avril 2008 modifiée précitée.

Au total, les agréments couvrent une cinquantaine de mesures, auxquelles correspondent autant d'essais d'intercomparaison de laboratoires (EIL). Ces essais sont organisés par l'IRSN sur un cycle de cinq ans, correspondant à la durée maximale de validité des agréments.

4.3.1 La procédure d'agrément des laboratoires

La décision n° 2008-DC-0099 de l'ASN du 29 avril 2008 modifiée précitée précise l'organisation du réseau national et fixe les modalités d'agrément des laboratoires de mesure de la radioactivité de l'environnement.

La procédure d'agrément comprend notamment :
- la présentation d'un dossier de demande par le laboratoire intéressé après participation à un EIL ;
- son instruction par l'ASN ;
- l'examen des dossiers de demande par une commission d'agrément pluraliste qui émet un avis sur des dossiers rendus anonymes.

Les laboratoires sont agréés par décision de l'ASN publiée dans son *Bulletin officiel*. La liste des laboratoires agréés est actualisée tous les six mois et publiée sur *asn.fr*.

4.3.2 La commission d'agrément

La commission d'agrément a pour mission de s'assurer que les laboratoires de mesure ont les compétences organisationnelles et techniques pour fournir au RNM des résultats de mesures de qualité.

La commission est compétente pour proposer l'agrément, le refus, le retrait ou la suspension d'agrément à l'ASN. Elle se prononce sur la base d'un dossier de demande présenté par le laboratoire pétitionnaire et sur ses résultats aux EIL organisés par l'IRSN. Elle se réunit tous les six mois.

La commission, présidée par l'ASN, est composée de personnes qualifiées et de représentants des services de l'État, des laboratoires, des instances de normalisation et de l'IRSN.

L'ASN a renouvelé en 2023 la composition de la commission d'agrément, par la décision CODEP-DEU-2023-052098 du président de l'ASN du 13 octobre 2023 portant nomination à la commission d'agrément des laboratoires de mesures de la radioactivité de l'environnement.

4.3.3 Les conditions d'agrément

Les laboratoires qui souhaitent être agréés doivent mettre en place une organisation qui répond aux exigences de la norme NF EN ISO/IEC 17025 relative aux exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.

Afin de démontrer leurs compétences techniques, ils doivent participer aux EIL organisés par l'IRSN. Le programme quinquennal de ces essais est mis à jour annuellement. Il fait l'objet d'un examen par la commission d'agrément et est publié sur le site Internet du RNM. Jusqu'à 70 laboratoires s'inscrivent à un type d'essai, dont quelques laboratoires étrangers.

La commission d'agrément définit les critères d'évaluation utilisés pour l'exploitation des EIL. Lorsque le résultat obtenu par un laboratoire à un EIL n'est pas suffisamment probant, l'ASN peut, sur avis de la commission d'agrément, délivrer un agrément pour une durée probatoire d'un ou deux ans, par exemple, ou conditionner la délivrance de l'agrément à la fourniture d'éléments complémentaires, voire la participation à un nouvel essai contradictoire.

En 2024, l'IRSN a organisé cinq EIL et quatre essais contradictoires. Depuis 2003, 115 EIL ont été menés couvrant 60 types d'agréments. C'est dans le domaine de la surveillance de la radioactivité des eaux que les laboratoires agréés sont les plus nombreux, avec 53 laboratoires. Ils sont entre 30 et 44 laboratoires à disposer d'agréments pour les mesures de matrices biologiques (faune, flore, lait), des poussières atmosphériques, de l'air ou encore de la dosimétrie gamma ambiante. Pour les sols et les sédiments, le nombre de laboratoires agréés s'établit à 28. Si la plupart des laboratoires sont compétents pour la mesure des émetteurs gamma dans toutes les matrices environnementales, entre 10 et 20 d'entre eux sont agréés pour les mesures du carbone-14, des transuraniens ou des radioéléments des chaînes naturelles de l'uranium et du thorium dans l'eau, les sols et sédiments, et les matrices biologiques (herbe, productions agricoles végétales ou animales, lait, faune et flore aquatique, etc.).

En 2024, l'ASN a délivré 351 agréments ou renouvellements d'agréments. Au 31 décembre 2024, le nombre total de laboratoires agréés est de 67, ce qui représente 961 agréments, tous types confondus, en cours de validité au 1er janvier 2025.

La liste détaillée des laboratoires agréés et de leur domaine de compétence technique est disponible sur *asn.fr*.

5 — Les contrôles liés aux contrefaçons, falsifications et suspicions de fraudes, et le traitement des signalements

5.1 Le contrôle relatif aux contrefaçons, falsifications et suspicions de fraudes

Depuis 2015, plusieurs cas d'irrégularités pouvant s'apparenter à des falsifications ont été mis en évidence chez des fabricants, des fournisseurs ou des organismes connus et travaillant depuis de nombreuses années pour l'industrie nucléaire française. Des cas avérés de contrefaçons ou de falsifications ont en outre été rencontrés dans certains pays étrangers ces dernières années. Le terme d'irrégularité a été employé initialement par l'ASN pour toute modification, altération ou omission de certaines informations ou données de manière intentionnelle. L'ASN adopte progressivement le terme de « contrefaçon, falsification ou suspicion de fraude » (CFS), mieux adapté à la problématique, et se rapprochant du terme usuel employé à l'international : *Counterfeit, Fraudulent and Suspect Items* (CFSI). Une CFS détectée par l'ASN peut être caractérisée par un juge sur le plan pénal en « faux et usage de faux ».

Les cas avérés ou suspectés restent peu nombreux mais, malgré le haut niveau de qualité exigé dans l'industrie nucléaire et la robustesse de la chaîne de surveillance et de contrôle au premier rang de laquelle se trouvent les fabricants, fournisseurs et exploitants, ils existent. Les exploitants ont amélioré leur surveillance, et en conséquence la détection de CFS. Ils doivent toutefois maintenir leurs efforts pour mieux adapter leurs méthodes de surveillance à la prévention, à la détection, à l'analyse et au traitement de cas de CFS.

L'ASN a engagé en 2016 une réflexion sur l'adaptation des méthodes de contrôle des INB dans un contexte d'irrégularité. Lors de celle-ci, elle a interrogé d'autres administrations de contrôle, ses homologues étrangers, ainsi que des exploitants sur leurs pratiques afin d'en tirer le retour d'expérience. Ce risque particulier a donné lieu à des évolutions de méthodes de contrôle de l'ASN (points de contrôle spécifiques, instances de gouvernance dédiées, développement de la sensibilisation des exploitants et fournisseurs, etc.). Il s'inscrit pour son traitement dans le cadre existant.

L'ASN a aussi rappelé aux exploitants d'INB et aux principaux fabricants d'équipements nucléaires en 2018 qu'une CFS est un écart au sens de l'arrêté INB. Les exigences de l'arrêté s'appliquent donc pour la prévention, la détection et le traitement des CFS. De manière plus générale, les exigences réglementaires portant sur la sûreté et la protection des personnes contre les risques liés aux rayonnements ionisants s'appliquent également. Par exemple, certifier par une signature qu'une activité a bien été réalisée alors qu'en réalité elle ne l'a pas été, peut être, selon le cas, un écart aux règles d'organisation, de contrôle technique des activités, de gestion des compétences, etc.

La recherche de CFS s'intègre depuis quelques années parmi les pratiques habituelles d'inspection et des outils internes spécifiques ont été mis à disposition des inspecteurs.

La prise en compte des CFS en inspection correspond à trois contextes :
- des inspections faisant suite à des sujets connus, issus de CFS constatées sur d'autres installations ou le suivi du traitement d'un cas détecté précédemment ;
- des inspections intégrant un volet de recherche approfondie de preuves dans la réalisation d'activités, avec par exemple la vérification de la présence effective d'une personne ayant certifié avoir réalisé une activité à une date donnée ou l'examen de données sources d'enregistrement de contrôles ;
- des inspections ayant pour objectif de sensibiliser aux risques de CFS, notamment lors des inspections des fournisseurs où le risque de CFS dans la chaîne de sous-traitance est abordé.

Il s'agit d'un sujet d'inspection prioritaire pour l'ASN. Une campagne d'inspection sur toutes les INB a été lancée en 2024 et se prolongera en 2025. Elle porte sur les organisations en place dans les installations pour la prévention et le traitement des CFS. Les inspections de cette campagne, axée sur les facteurs organisationnels et humains, incluent de multiples entretiens avec des acteurs différents de la vie des installations, depuis la hiérarchie portant la thématique des CFS jusqu'aux intervenants réalisant des travaux divers dans les installations.

Plus de 70 inspections de ce type ont été réalisées en 2024. Elles ont principalement eu lieu sur les sites nucléaires et chez les fabricants d'équipements destinés à y être utilisés. Des inspections dédiées à cette thématique ont par ailleurs aussi été menées dans les services centraux de grands exploitants nucléaires.

Les cas relevés sont d'abord traités en tant qu'écarts aux exigences réglementaires. Ils font de plus l'objet de discussions avec la direction des sites et les services centraux des exploitants, pour la mise en œuvre d'actions préventives. Suivant les enjeux relatifs à l'écart, un procès-verbal (PV) peut être dressé ou en cas de délit un signalement au procureur de la République est effectué, l'appréciation de l'opportunité des poursuites lui appartenant (article 40 du code de procédure pénale).

En 2024, l'ASN a effectué trois signalements. Lorsque le procureur de la République lance des investigations, l'ASN fournit un appui aux enquêteurs mandatés par la justice pour les analyses techniques des documents et pour faciliter les démarches avec les exploitants nucléaires.

De plus, la thématique de l'intégrité des données – c'est-à-dire le fait que des données n'aient pas été modifiées ou détruites de façon non autorisée – liée au risque de CFS dans le sens où des faiblesses sur la traçabilité peuvent faciliter les irrégularités, a continué d'être fréquemment abordée depuis 2023 et fait l'objet de demandes dans plusieurs lettres de suite d'inspections.

De nouvelles CFS sont encore détectées, tant par les exploitants eux-mêmes dans le cadre de leur surveillance et contrôles internes que par les inspecteurs de l'ASN. En 2024, 104 ont été instruits par l'ASN, qu'il s'agisse de cas suspects, classés avérés ou finalement dédouanés après analyse. Cette forte augmentation du nombre de cas recensés par rapport à 2023 s'explique par trois facteurs principaux :
- les exploitants, en particulier EDF, ont poursuivi la mise en œuvre de leurs actions de prévention, détection et traitement des CFS. Les contrôles qu'ils ont menés ont conduit à plus de détection ;
- la campagne d'inspection de l'ASN sur les CFS mentionnée *supra* a permis aux inspecteurs de détecter des CFS mais aussi de rassembler plus d'informations auprès des exploitants ;
- la publicité accrue pour le dispositif de signalement à l'ASN (*voir point 5.2*) conduit à la connaissance de nouveaux cas.

Les CFS font l'objet d'un suivi et d'un traitement en lien étroit avec les exploitants et les fabricants.

La typologie des CFS peut être présentée comme suit :
- 80 concernent des cas spécifiques à une installation, sans composante générique potentielle (action signée comme réalisée mais absence en zone contrôlée, falsification de réalisation d'activité ou de qualification de soudeurs, etc.) ;
- 15 cas concernent des fournisseurs pour lesquels des investigations ont été nécessaires pour vérifier l'absence de CFS étendue à plusieurs exploitants ou fournisseurs (réparations par soudage non tracées ou masquées, fourniture de pièces en dehors du circuit de traçabilité dit « brokers », etc.). Ces cas ont conduit l'ASN à demander aux exploitants et fabricants de vérifier s'ils étaient concernés (3 courriers émis) ;
- 6 cas illustrent la potentialité de trouver des CFS dans un domaine annexe comme les organismes agréés ou certifiés : falsification d'une certification comme OCR, rajout d'une mention dans un document de désignation de PCR sans nouvelle

signature, prestation comme organisme agréé pour les mesures de radon sans agrément ;
• 3 sont des cas repérés par une veille réalisée par les agents ASN sur les actualités étrangères. Ils donnent lieu à des discussions avec les exploitants et fabricants pour la plupart.

Enfin, le 26 février 2024, le collège de l'ASN a auditionné le président-directeur général d'EDF au sujet des contrefaçons, falsifications et suspicions de fraude dans le domaine nucléaire. Plus de détails sont donnés en encart dans le chapitre 10.

Les actions de l'ASN pour la prévention, la détection et le traitement des CFS ne se limitent pas aux inspections. Par exemple, l'ASN informe les exploitants et fabricants principaux de cas détectés et analyse leurs réponses. Elle échange avec les autorités de sûreté étrangères, par un canal d'échange au niveau international qu'elle a activement contribué à établir, lors d'échanges bilatéraux ou d'observations croisées d'inspections. En complément, l'ASN sensibilise les fournisseurs. Un guide spécifique à vocation pédagogique (disponible en anglais et français), destiné aux fournisseurs du secteur nucléaire a été publié en 2024 dont une partie est consacrée aux CFS.

La communication relative aux cas de CFS traités par l'ASN serait susceptible de porter atteinte aux autres secrets protégés par la loi, et notamment aux garanties de respect d'une stricte confidentialité de l'identité des auteurs d'un cas transmis, des personnes ou entreprises visées par celui-ci, de tout tiers mentionné et des informations recueillies par l'ensemble des destinataires. L'ASN traite donc tous ces sujets de manière confidentielle et ne communique pas les détails.

5.2 Le traitement des signalements

Fin novembre 2018, l'ASN a mis en ligne un portail permettant à une personne souhaitant lui signaler des irrégularités pouvant affecter la protection des personnes et de l'environnement, potentiellement un lanceur d'alerte, de l'en informer.

La loi n° 2022-401 du 21 mars 2022 visant à améliorer la protection des lanceurs d'alerte, qui modifie le dispositif conçu par la loi dite « loi Sapin 2 » du 9 décembre 2016, est entrée en vigueur le 1er septembre 2022. Elle est complétée par la loi organique n° 2022-400 du même jour visant à renforcer le rôle du Défenseur des droits en matière de signalement d'alerte. Ces deux lois viennent renforcer le régime de protection des lanceurs d'alerte. Elles transposent, en en dépassant les exigences, la directive (UE) 2019/1937 du 23 octobre 2019 définissant un cadre commun pour cette protection.

Une définition plus large du lanceur d'alerte, une simplification des canaux de signalement, le renforcement du régime de protection des lanceurs d'alerte, un nouveau statut pour leur entourage et un élargissement des missions du Défenseur des droits en matière de signalement constituent les principaux apports de ces lois. De plus, le décret n° 2022-1284 du 3 octobre 2022 relatif aux procédures de recueil et de traitement des signalements émis par les lanceurs d'alerte et fixant la liste des autorités externes instituées par la loi n° 2022-401 précitée est venu compléter ces dispositions en détaillant des mécanismes attendus pour les procédures de traitement des signalements. Ce décret a désigné l'ASN comme compétente pour le traitement des signalements relatifs à la radioprotection et à la sûreté nucléaire. Le dispositif mis en place au départ de manière volontaire par l'ASN a été complété et répond à ces obligations.

Par un traitement de pseudonymisation des signalements reçus, l'ASN assure la confidentialité de toute personne lui envoyant un signalement. Seule une demande d'une autorité judiciaire serait de nature à briser cette confidentialité, ce qui n'est pas arrivé jusqu'à présent.

Il est toutefois préférable que l'auteur du signalement laisse ses coordonnées afin que l'ASN puisse :
• accuser réception de son signalement ;
• le contacter dans le cas où des informations devraient être précisées (besoin fréquent) ;
• l'informer si des suites ont été données à son signalement.

En 2024, 74 signalements ont été envoyés à l'ASN : les deux tiers (46) *via* le portail de signalement, les autres par d'autres moyens de transmission, principalement (15 signalements) par un contact direct avec la division de l'ASN géographiquement compétente ou la direction technique en charge d'un sujet. Les signalements reçus sont variés de par :
• le domaine concerné : environ un tiers concerne les INB, un tiers le domaine médical ;
• leur contenu : ils peuvent faire état de CFS dans des usines de fabrication, de dégradations dans l'organisation de l'entité qui pourraient affecter la radioprotection, de travaux mal réalisés, etc.

Après une constance dans le nombre de signalements reçus ces dernières années, une augmentation significative est notée en 2024 (+50 % environ), malgré une diminution des signalements hors des compétences de contrôle de l'ASN. Un nombre croissant de signalements a fait l'objet d'un ou plusieurs entretiens approfondis avec leur auteur.

Concernant les réacteurs, il est possible d'expliquer cette augmentation par :
• la réalisation des inspections des fournisseurs, programme ayant continué à prendre de l'ampleur (*voir point 6*). Lors de ces inspections, le sujet des signalements est abordé. Ainsi, les fournisseurs sont mieux sensibilisés sur cette possibilité d'informer l'ASN ;
• la publication en juin 2024 du guide pratique pour assurer la qualité des matériels destinés aux installations nucléaires, qui inclut un encart sur le dispositif de signalement ;
• la réalisation en 2024 de la campagne d'inspection de l'ASN portant sur les CFS et les facteurs humains. Des interrogations sont systématiquement formulées par les inspecteurs sur les possibilités pour les intervenants d'accéder à un dispositif de signalement ;
• la mise en œuvre du plan d'action d'EDF pour la prévention et le traitement des CFS, dont le déploiement a été accéléré en 2024.

La fluctuation concernant le domaine médical n'est pas explicable par des actions de l'ASN. Deux éléments peuvent faire partie des explications :
• la mise en place des dispositifs de signalement par les ordres de soignants (médecins, infirmiers, chirurgiens-dentistes, etc.) qui sont également désignés par le décret susvisé comme compétents pour le recueil d'alertes et dont certains ont déployé leurs dispositifs plus tardivement que l'ASN. Des signalements ont pu prendre des chemins différents entre 2023 et 2024 (envoi vers l'ordre des médecins au lieu de l'ASN par exemple) ;
• la publicité générale sur la protection des lanceurs d'alerte par le Défenseur des droits a pris de l'ampleur, notamment avec la publication de son premier rapport bisannuel sur les lanceurs d'alerte, auquel l'ASN a contribué.

Certains signalements sont retransmis par l'ASN à d'autres administrations lorsque leur traitement n'est pas de sa compétence. Il peut s'agir d'autorités de sûreté étrangères également, ainsi trois signalements ont été transférés aux homologues étrangers de l'ASN en 2024, ceux-ci impliquant des installations d'autres pays.

Tout signalement est examiné et pris en compte. Il peut faire l'objet d'une inspection, d'une analyse technique, d'une demande d'information à un RAN, etc. Il peut s'agir, par exemple, d'une information relative à la sécurité d'une INB, qu'il revient au Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité du ministère chargé de l'énergie de prendre en compte.

Quinze signalements reçus en 2024 ont fait ou vont faire l'objet de vérifications lors d'inspections. Les suites de ces inspections sont traitées dans le même cadre que s'il s'agissait d'inspections courantes.

6 — Les contrôles liés à la chaîne d'approvisionnement des installations nucléaires

La qualité de la fabrication des équipements importants pour la sûreté des installations nucléaires est une composante essentielle de la sûreté de ces installations. Les défaillances constatées dans la conformité aux exigences spécifiées de certains équipements nucléaires, ainsi que les irrégularités découvertes dans l'industrie, ont conduit l'ASN à renforcer ses contrôles de la chaîne d'approvisionnement de l'industrie nucléaire. De plus, dans un contexte de forte mobilisation de la filière, la maîtrise de la chaîne d'approvisionnement constitue un enjeu particulièrement important pour la sûreté des installations nucléaires en fonctionnement, comme pour les installations en projet.

Ces contrôles prennent la forme d'inspections et peuvent concerner des domaines d'activités variés tels que les forges, les fonderies, les fabricants de tuyauteries, mais également des fabricants d'alternateurs, de diésels, de capteurs, d'automates, de contrôle commande, ou de pompes, etc. Menées aussi bien en France qu'à l'étranger, ces inspections permettent de cibler des entreprises de tailles variées. Les inspections permettent de s'assurer de la pertinence de la surveillance mise en place par les exploitants et fabricants de leur chaîne de sous-traitance et plus particulièrement pour les EPSN, de contrôler la qualité des fabrications chez les fabricants réglementaires et leurs sous-traitants. L'ASN publie sur la page dédiée de son site Internet toutes les lettres envoyées à la suite de ses inspections, et en dresse le bilan annuel (*voir focus au chapitre 10*).

Par ailleurs, l'ASN échange régulièrement avec les représentants de la filière nucléaire afin d'expliciter la réglementation, de faire évoluer les référentiels techniques des donneurs d'ordres, et de partager les bonnes pratiques et les dispositions à améliorer en matière de sûreté. Les attentes de l'ASN portent notamment sur l'amélioration de la connaissance, par les fournisseurs et leurs sous-traitants, des exigences réglementaires et des attendus de traçabilité des activités importantes pour la fabrication des équipements importants pour la protection des intérêts. Cette traçabilité repose notamment sur une meilleure informatisation du suivi des fabrications, encore insuffisamment développée chez certains industriels de la filière. Ces échanges ont été menés en particulier avec les représentants de la filière au sein du Groupement des industriels français pour l'énergie nucléaire (GIFEN).

En 2024, l'ASN a publié, en français et en anglais, un guide pratique à l'attention des fournisseurs de matériels destinés aux installations nucléaires et à leurs sous-traitants. Ce guide pratique a vocation à rendre plus accessible la réglementation et ses objectifs. Il explicite les exigences de conception et de fabrication des matériels importants pour la sûreté, ainsi que les pratiques industrielles que l'ASN juge satisfaisantes. Les principes décrits sont illustrés d'exemples industriels dans une approche résolument pratique. Pour son élaboration, des échanges techniques poussés ont été conduits avec le GIFEN.

L'ASN poursuit son engagement à l'international sur le contrôle des fournisseurs, dans le cadre du Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA) de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN). Cet engagement se traduit par une participation active au groupe de travail sur la chaîne d'approvisionnement (WGSUP) regroupant des autorités de sûreté nucléaire, dont l'ASN assure la présidence. Au sein de ce groupe de travail, l'ASN partage et facilite l'adoption des meilleurs pratiques d'inspection entre régulateurs, attire l'attention des régulateurs, exploitants et fournisseurs sur les domaines les plus à risques et participe à des actions d'inspection communes.

7 — Relever et faire corriger les écarts

L'ASN met en œuvre des mesures de coercition, permettant de contraindre un exploitant ou un responsable d'activité nucléaire à se remettre en conformité avec la réglementation, et des sanctions.

Dans certaines situations lorsque l'action de l'exploitant ou du RAN n'est pas conforme à la réglementation en vigueur, ou lorsqu'il importe qu'il mette en œuvre des actions appropriées pour remédier sans délai aux risques les plus importants, l'ASN peut recourir à des mesures de coercition et des sanctions prévues par la loi. Les principes de l'action de l'ASN dans ce domaine reposent sur :
- des actions impartiales, justifiées et adaptées au niveau de risque présenté par la situation constatée. Leur importance est proportionnée aux enjeux de sûreté nucléaire, de protection de la santé publique et de l'environnement associés à l'écart relevé et tient compte également de facteurs relatifs à l'exploitant (historique, comportement, répétitivité), au contexte de l'écart et à la nature du référentiel enfreint (réglementation, normes, « règles de l'art », etc.) ;
- des mesures administratives engagées sur proposition des inspecteurs et décidées par l'ASN ou la commission des sanctions en matière d'amende administrative, pour faire remédier aux situations de risques et aux non-respects des dispositions législatives et réglementaires constatés lors des inspections.

De plus, en matière pénale, des PV de constat d'infraction (contravention, délit) peuvent être dressés par les inspecteurs de l'ASN et transmis au procureur de la République territorialement compétent qui appréciera l'opportunité d'engager des poursuites.

7.1 Les mesures de coercition et les sanctions administratives

L'ASN dispose d'une palette d'outils à l'égard d'un RAN ou d'un exploitant, notamment :
- l'observation de l'inspecteur ;
- la lettre officielle des services de l'ASN (lettre de suite d'inspection) ;
- la mise en demeure par l'ASN de régulariser sa situation administrative ou de satisfaire à la réglementation en vigueur dans un délai qu'elle détermine ;
- des mesures de police ou des sanctions administratives, prononcées après mise en demeure qui n'aurait pas été respectée.

TABLEAU 8 Nombre de procès-verbaux transmis par les inspecteurs de l'ASN entre 2018 et 2024

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PV hors inspection du travail en centrale nucléaire	14	8	4	2	3	4	4
PV inspection du travail en centrale nucléaire	2	4	8	0	2	2	3

Ces mesures, prévues par la loi, sont les suivantes :
• la consignation entre les mains d'un comptable public d'une somme répondant du montant des travaux à réaliser ;
• l'exécution d'office de travaux aux frais de l'exploitant ou du RAN (les sommes éventuellement consignées préalablement pouvant être utilisées pour payer ces travaux) ;
• la suspension du fonctionnement de l'installation, du déroulement de l'opération de transport jusqu'à la mise en conformité ou la suspension de l'activité jusqu'à l'exécution complète des conditions imposées et la prise des mesures conservatoires aux frais de la personne mise en demeure, notamment en cas d'urgence tenant à la sécurité des personnes ;
• l'astreinte journalière (un montant fixé par jour dont l'exploitant ou le responsable d'activité doit s'acquitter jusqu'à satisfaction des demandes formulées à son endroit dans la mise en demeure) ;
• l'amende administrative.

Il convient de signaler que les deux dernières mesures sont proportionnées à la gravité des manquements constatés. Concernant la sanction administrative, la commission des sanctions, saisie par le collège de l'ASN, peut prononcer l'amende administrative prévue par le 4° du II de l'article L.171-8 du code de l'environnement, lorsqu'une décision de mise en demeure, prise préalablement par l'ASN à l'encontre d'un exploitant ou d'un RAN pour exiger la mise en conformité de l'activité à la réglementation en vigueur, n'a pas été respectée par ce dernier.

La commission des sanctions, dont la réunion d'installation s'était tenue le 19 octobre 2021, s'est de nouveau réunie à l'occasion de sa réunion annuelle d'information le 8 janvier 2024.

La loi prévoit également des mesures prises à titre conservatoire pour la sauvegarde de la sécurité, de la santé et de la salubrité publiques ou de la protection de l'environnement. Ainsi, l'ASN peut :
• suspendre le fonctionnement d'une INB à titre provisoire, avec information sans délai des ministres chargés de la sûreté nucléaire, en cas de risques graves et imminents ;
• prescrire à tout moment les évaluations et la mise en œuvre des dispositions nécessaires en cas de menace pour les intérêts cités ci-dessus ;
• prendre des décisions de retrait temporaire ou définitif du titre administratif (autorisation et prochainement enregistrement) délivré au RAN après avoir informé l'intéressé de la possibilité de présenter ses observations dans un délai déterminé afin de respecter la procédure contradictoire.

En 2024, l'ASN a adressé trois mises en demeure : deux pour des INB et une dans le nucléaire de proximité.

Par ailleurs, l'ASN a décidé de suspendre un certificat de conformité d'un ESP, suspension ensuite levée après instruction des justifications de sa conformité aux exigences essentielles de sécurité.

7.2 Les suites données aux infractions pénales

Les textes prévoient, par ailleurs, des infractions pénales, délits ou contraventions. Il s'agira, par exemple, du non-respect de dispositions relatives à la protection des travailleurs exposés à des rayonnements ionisants, du non-respect d'une mise en demeure adressée par l'ASN, de l'exercice d'une activité nucléaire sans le titre administratif requis, du non-respect de dispositions de décisions de l'ASN ou de la gestion irrégulière de déchets radioactifs.

Les infractions éventuellement constatées sont relevées par PV de constat dressés par les inspecteurs de la sûreté nucléaire ou de la radioprotection et transmis au procureur de la République qui décide de l'opportunité des poursuites.

Le code de l'environnement prévoit des sanctions pénales, une amende voire une peine d'emprisonnement (jusqu'à 150 000 € et trois ans d'emprisonnement), selon la nature de l'infraction. Pour les personnes morales déclarées responsables pénalement, le montant de l'amende peut atteindre 10 millions d'euros, selon l'infraction en cause et selon l'atteinte portée aux intérêts mentionnés à l'article L. 593-1.

Le code de la santé publique prévoit également des sanctions pénales ; sont encourues une amende de 3 750 à 15 000 € et une peine d'emprisonnement de six mois à un an.

Selon la gravité du manquement, des peines complémentaires peuvent être appliquées à l'encontre des personnes morales.

Des contraventions de 5e classe (amendes) sont prévues, sur le champ de la sûreté nucléaire, pour les infractions citées à l'article R. 596-16 du code de l'environnement, ainsi que sur le champ de la radioprotection, pour les infractions citées aux articles R. 1337-14-2 à 5 du code de la santé publique, par exemple s'agissant du non-respect des dispositions relatives à la déclaration d'événement significatif, au régime administratif (transmission du dossier de demande de titre, respect des prescriptions générales, information portant sur le changement du CRP).

Pour le domaine des ESP, les dispositions du chapitre VII du titre V du livre V du code de l'environnement, qui s'appliquent aux produits et équipements à risques dont font partie les appareils à pression, y compris ceux implantés dans les INB, permettent notamment d'ordonner le paiement d'une amende assortie, le cas échéant, d'une astreinte journalière applicable jusqu'à satisfaction de la mise en demeure à l'encontre des exploitants. Ce chapitre comporte également des dispositions à l'égard des fabricants, importateurs et distributeurs de tels équipements, visant à interdire la mise sur le marché, la mise en service ou le maintien en service d'un équipement et à mettre l'exploitant en demeure de prendre toutes les mesures pour le contraindre à se mettre en conformité avec les dispositions législatives et réglementaires qui régissent son activité.

Dans l'exercice de leurs missions dans les centrales nucléaires, les inspecteurs du travail de l'ASN disposent de l'ensemble des moyens de contrôle, de décision et de contrainte des inspecteurs du travail de droit commun (en vertu de l'article R. 8111-11 du code du travail). L'observation, la mise en demeure, la sanction administrative, le PV, le référé (pour faire cesser sans délai les risques) ou encore l'arrêt de travaux constituent pour les inspecteurs du travail de l'ASN une large palette de moyens d'incitation et de contraintes.

Pour finir, les inspecteurs peuvent constater des infractions ne relevant pas de leur domaine de compétence, comme dans un cas d'irrégularité s'apparentant à une fraude (*voir point 5.1*). Dans ce cas, et nécessairement s'il s'agit d'un délit, un signalement est effectué auprès du procureur de la République.

En 2024, sept PV ont été dressés par les inspecteurs de l'ASN. Le tableau 8 (*voir page précédente*) indique le nombre de PV dressés par les inspecteurs de l'ASN entre 2018 et 2023.

04

Les situations d’urgence radiologique et post-accidentelles

Sommaire

1 **Anticiper** p. 175

1.1 **Prévoir et planifier**

1.1.1 Les plans d'urgence et les plans de secours relatifs aux installations nucléaires de base

1.1.2 Les plans de réponse aux accidents de transport de substances radioactives

1.1.3 La réponse aux autres situations d'urgence radiologique

1.1.4 Maîtriser l'urbanisation autour des sites nucléaires

1.2 **Les acteurs de la gestion des situations d'urgence**

1.2.1 L'organisation locale

1.2.2 L'organisation nationale

1.3 **Protéger la population**

1.3.1 Les actions de protection générale

1.3.2 La prise en charge des personnes contaminées

1.4 **Appréhender les conséquences à long terme**

2 **Le rôle de l'ASN en situation d'urgence et post-accidentelle** p. 180

2.1 **Les quatre missions essentielles de l'ASN**

2.2 **S'organiser en cas d'accident majeur**

3 **Exploiter les enseignements** p. 182

3.1 **S'exercer**

3.1.1 Les exercices nationaux d'urgence nucléaire et radiologique

3.2 **Évaluer pour s'améliorer**

4 **Perspectives** p. 183



Les activités nucléaires sont exercées dans un cadre visant à prévenir les accidents, mais également à en limiter les conséquences. Malgré toutes les précautions prises, un accident ne peut jamais être exclu et il convient de prévoir, tester et réviser régulièrement les dispositions nécessaires à la gestion d'une **situation d'urgence radiologique**.

Les situations d'urgence radiologique, qui résultent d'un incident ou d'un accident risquant d'entraîner une émission de substances radioactives ou un niveau de radioactivité susceptible de porter atteinte à la santé publique, incluent ainsi :
- les situations d'urgence survenant dans une installation nucléaire de base (INB) ;
- les accidents de transport de substances radioactives ;
- les situations d'urgence survenant dans le domaine du nucléaire de proximité.

Les situations d'urgence affectant des activités nucléaires peuvent également présenter des risques non radiologiques, tels que l'incendie, l'explosion ou le rejet de substances toxiques.

Ces situations d'urgence font l'objet de dispositions matérielles et organisationnelles spécifiques, qui incluent les plans de secours et impliquent à la fois l'exploitant ou le responsable d'activité et les pouvoirs publics.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) participe à la gestion de ces situations pour les questions relatives au contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection et, en se fondant notamment sur l'expertise de son appui technique l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (**IRSN**), est chargée des quatre missions suivantes :
- contrôler les dispositions prises par l'exploitant et s'assurer de leur pertinence ;
- conseiller les autorités sur les actions de protection des populations ;
- participer à la diffusion de l'information de la population et des médias ;
- assurer la fonction d'autorité compétente dans le cadre des conventions internationales sur la notification rapide et sur l'assistance.

Par ailleurs, à la demande du Premier ministre, l'ASN a mis en place dès 2005 un Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle (**Codirpa**) pour préparer, dans la continuité de la gestion d'une situation d'urgence radiologique, la gestion de la phase post-accidentelle.

Ce comité pluraliste regroupe notamment des experts, des représentants des services de l'État, des élus locaux, des commissions locales d'information (**CLI**), des associations, etc.

En 2022, ce comité a publié ses dernières recommandations au Gouvernement. Celles-ci visent notamment à intégrer les enseignements de l'accident de la centrale nucléaire de **Fukushima** (Japon) et des exercices de crise nationaux dans la stratégie nationale de gestion post-accidentelle des conséquences d'un accident nucléaire.

1 — Anticiper

La protection des populations vis-à-vis des risques occasionnés par les INB s'appuie sur plusieurs piliers :
- la diminution du risque à la source, pour laquelle l'exploitant doit prendre toutes les dispositions pour réduire les risques à un niveau aussi bas que possible dans des conditions économiquement acceptables ;
- les plans d'urgence et les plans de secours, visant à prévenir et limiter les conséquences d'un accident ;
- la maîtrise de l'urbanisation autour des INB ;
- l'information des populations.

1.1 Prévoir et planifier

1.1.1 Les plans d'urgence et les plans de secours relatifs aux installations nucléaires de base

Les plans d'urgence et de secours relatifs aux accidents survenant dans une INB définissent les dispositions nécessaires pour protéger le personnel du site, la population et l'environnement et pour maîtriser l'accident.

a) Le Plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur

L'ASN a participé à l'élaboration du Plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur (**PNRANRM**), qui a été publié par le Gouvernement en février 2014. Le plan prend en compte les enseignements de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima et la doctrine post-accidentelle établie par le Codirpa en 2012. Il précise l'organisation nationale en cas d'accident nucléaire, la stratégie

Des remontées de données rapides pour une gestion de la crise plus efficace

L'ASN et l'IRSN travaillent, sous l'égide du Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN), depuis plusieurs années avec les exploitants des installations nucléaires autres que les réacteurs d'EDF (pour lesquels la remontée des informations techniques en cas de crise existent déjà), afin de sécuriser et d'optimiser en situation accidentelle la transmission à l'IRSN et à l'ASN des informations nécessaires à la gestion de crise.

De nombreux mois de travail et un investissement important des équipes de l'IRSN et des exploitants ont permis de mettre en œuvre, en 2024, les premières liaisons entre les installations d'Orano et le centre de crise de l'IRSN. Ces liaisons permettent la transmission automatique et directe, en situation d'urgence, des données de mesure de la radioactivité aux émissaires depuis les installations vers le centre de crise de l'IRSN. Ces données seront disponibles rapidement et sont indispensables pour évaluer lors d'un accident l'existence de rejets radioactifs dans l'environnement et les possibles conséquences de ceux-ci en dehors de l'installation. Un exercice local conduit en 2024 sur un site Orano a montré la pertinence de cette approche.

à appliquer et les principales actions à mettre en place. Il intègre la dimension internationale des crises et les possibilités d'assistance mutuelle en cas d'événement.

Ce plan est en cours de révision par le SGDSN et l'ASN est associée à ces travaux de révision.

b) Les plans particuliers d'intervention

Au voisinage de l'installation, le plan particulier d'intervention (PPI) est établi par le Préfet du département concerné en application des articles L. 741-6, R. 741-18 et suivants du code de la sécurité intérieure, *« en vue de la protection des populations, des biens et de l'environnement, pour faire face aux risques particuliers liés à l'existence d'ouvrages et d'installations dont l'emprise est localisée et fixe. Le PPI met en œuvre les orientations de la politique de sécurité civile en matière de mobilisation de moyens, d'information et d'alerte, d'exercice et d'entraînement »*. Ces articles précisent également quelles sont les caractéristiques des installations ou ouvrages pour lesquels le Préfet doit obligatoirement définir un PPI.

Le PPI précise les premières actions de protection de la population à mettre en œuvre, les missions des différents services concernés, les schémas de diffusion de l'alerte et les moyens matériels et humains susceptibles d'être engagés pour la protection des populations.

Le PPI s'inscrit dans le dispositif de l'Organisation de la réponse de sécurité civile (Orsec), qui décrit les actions de protection décidées par les pouvoirs publics lors de crises de grande ampleur. Ainsi, au-delà du périmètre d'application du PPI, le dispositif Orsec départemental ou zonal est actionné. L'ASN apporte son concours au Préfet, responsable de l'élaboration et de l'approbation du PPI, en analysant, avec l'aide de son appui technique l'IRSN, différents éléments dont ceux relatifs à la nature et l'ampleur des conséquences radiologiques d'un accident.

Les PPI permettent actuellement de planifier la réponse des pouvoirs publics dans les premières heures de l'accident pour protéger la population résidant jusqu'à une distance de 20 km autour de l'installation affectée. Les PPI comprennent une phase dite « réflexe » prévoyant l'alerte sans délai par l'exploitant des populations situées dans un rayon allant de quelques centaines de mètres jusqu'à 2 km (pour les réacteurs de production d'électricité). Alertées par le déclenchement des sirènes « PPI », les populations situées dans ce rayon doivent se mettre à l'abri et à l'écoute des médias. Les PPI permettent également de préparer une réponse « d'évacuation immédiate » sur une distance allant de quelques centaines de mètres jusqu'à 5 km (pour les réacteurs de production d'électricité). Enfin, dans un rayon pouvant aller jusqu'à 20 km autour des installations, les PPI prévoient la distribution préventive de comprimés d'iode stable pour certaines installations (les réacteurs en particulier), l'intégration de mesures de restrictions de consommation en cas d'accident, ainsi que l'information renforcée des populations aux risques de l'installation et aux bons comportements à adopter.

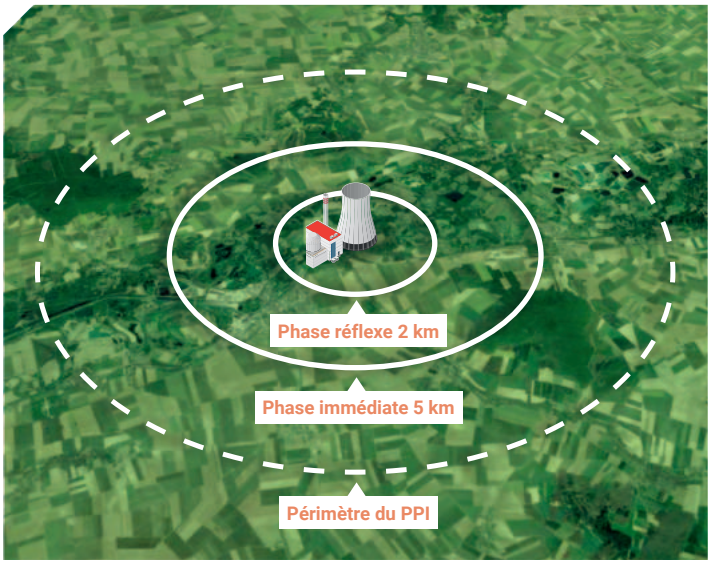
Les actions supplémentaires qui seraient à mettre en place au-delà de la zone faisant l'objet du PPI sont précisées, le cas échéant, dans le cadre d'une approche concertée qui peut reposer sur le dispositif Orsec, tenant compte des caractéristiques de l'accident et des conditions météorologiques.

c) Les plans d'urgence interne

Dans le cadre des procédures d'autorisation de mise en service des INB, l'ASN instruit et approuve les plans d'urgence interne (PUI), ainsi que leur mise à jour (article R. 593-31 du code de l'environnement).

Le PUI, établi par l'exploitant, a pour objet de ramener l'installation dans un état maîtrisé et stable et de limiter les conséquences de l'événement. Il précise

SCHÉMA 1 Plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur



Sur l'ensemble du territoire :

application du Plan national de réponse « Accident nucléaire ou radiologique majeur »

Phase réflexe	**Situation 1 du plan :** rejet immédiat et court	• Mise à l'abri et à l'écoute sur 2 km • Restriction de consommation
Phase immédiate	**Situation 2 du plan :** rejet immédiat et long	• Mise à l'abri et à l'écoute sur 2 km puis évacuation sur 5 km • Restriction de consommation
Réponse concertée	**Autre situation**	• Mesures de protection des populations sur la base de prévision de doses et en tenant compte du contexte local

l'organisation et les moyens à mettre en œuvre sur le site. Il comprend également les dispositions permettant d'informer rapidement les pouvoirs publics. Les obligations de l'exploitant en matière de préparation et de gestion des situations d'urgence sont définies par le titre VII de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB. Les dispositions associées ont été précisées par la décision n° 2017-DC-0592 de l'ASN du 13 juin 2017 relative aux obligations des exploitants d'INB en matière de préparation et de gestion des situations d'urgence et au contenu du PUI, dite décision « urgence », homologuée par l'arrêté du 28 août 2017.

1.1.2 Les plans de réponse aux accidents de transport de substances radioactives

Le transport de substances radioactives représente près d'un million de colis transportés en France chaque année. D'un colis à l'autre, les dimensions, la masse, l'activité radiologique et les enjeux de sûreté associés peuvent fortement varier.

L'ASN instruit et approuve les plans de gestion des événements liés au transport de substances radioactives élaborés par les intervenants dans le transport de telles substances en application du règlement international du transport de matières dangereuses. Ces plans décrivent les dispositions qui doivent être prises selon la nature et l'ampleur des dangers prévisibles, afin d'éviter les dommages et, le cas échéant, d'en minimiser les effets. Le contenu de ces plans est défini dans le Guide de l'ASN n°17.

Pour faire face à l'éventualité d'un accident de transport de substances radioactives, chaque Préfet de département doit inclure, dans sa déclinaison du PNRANRM, un volet consacré à ce type d'accident, le plan Orsec-TMR (transport de matières radioactives). Au vu de la diversité des transports possibles, ce volet définit des critères et des actions simples permettant aux premiers intervenants (service départemental d'incendie et de secours et forces de l'ordre notamment), à partir des constats faits sur les lieux de l'accident, d'engager de façon réflexe les premières actions de protection des populations et de diffuser l'alerte.

1.1.3 La réponse aux autres situations d'urgence radiologique

En dehors des incidents ou accidents qui affecteraient des installations nucléaires ou un transport de substances radioactives, les situations d'urgence radiologique peuvent aussi survenir :
- dans l'exercice d'une activité nucléaire à finalité médicale, de recherche ou industrielle ;
- en cas de dissémination volontaire ou involontaire de substances radioactives dans l'environnement ;
- à l'occasion de la découverte de sources radioactives dans des lieux non prévus à cet effet.

Il est alors nécessaire d'intervenir afin de limiter le risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants. L'ASN a ainsi élaboré, en liaison avec les ministères et les intervenants concernés, la circulaire DGSNR/DHOS/DDSC n° 2005/1390 du 23 décembre 2005 relative aux principes d'intervention en cas d'événement susceptible d'entraîner une situation d'urgence radiologique hors situations couvertes par un plan de secours ou d'intervention. Celle-ci complète les dispositions de la directive interministérielle du 7 avril 2005 sur l'action des pouvoirs publics en cas d'événement entraînant une situation d'urgence radiologique présentée au point 1.3 et définit les modalités d'organisation des services de l'État pour ces situations.

Devant la multiplicité des émetteurs possibles d'une alerte et des circuits d'alerte associés, un guichet unique centralise toutes les alertes et les transmet à l'ensemble des acteurs : il s'agit du centre de traitement de l'alerte centralisé des sapeurs-pompiers Codis-CTA (Centre opérationnel départemental d'incendie et de secours – Centre de traitement de l'alerte), joignable par le 18 ou le 112.

La gestion des accidents d'origine malveillante qui surviendraient à l'extérieur des INB ne relève pas de cette circulaire, mais du plan Pirate NRBC (nucléaire, radiologique, biologique ou chimique).

1.1.4 Maîtriser l'urbanisation autour des sites nucléaires

La maîtrise de l'urbanisation vise à limiter les conséquences d'un accident sur la population et les biens. Une telle démarche est ainsi mise en œuvre, depuis 1987, autour des installations industrielles non nucléaires et a été renforcée depuis l'accident de l'usine AZF survenu à Toulouse en 2001. La loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (dite « loi TSN », désormais codifiée aux livres I^{er} et V du code de l'environnement), permet aux pouvoirs publics de maîtriser l'urbanisation autour des INB, par l'instauration de servitudes d'utilité publique limitant ou interdisant les nouvelles constructions à proximité de ces installations.

La démarche de maîtrise de l'urbanisation relève de responsabilités partagées entre l'exploitant, les maires et l'État :
- l'exploitant est responsable de ses activités et des risques associés ;
- le maire est responsable de l'élaboration des documents d'urbanisme et de la délivrance des permis de construire ;
- le Préfet informe les maires des risques existants, exerce le contrôle de légalité sur les actes des communes et peut imposer des restrictions d'usage.

L'ASN fournit les éléments techniques pour caractériser le risque et propose son appui au Préfet pour l'accompagner dans la démarche de maîtrise de l'urbanisation.

La démarche actuelle de maîtrise des activités autour des installations nucléaires concerne exclusivement celles faisant l'objet d'un PPI et vise en premier lieu à préserver le caractère opérationnel des plans de secours, notamment pour la mise à l'abri et l'évacuation, en limitant autant que faire se peut l'augmentation de la population concernée. Elle se concentre sur la zone « réflexe » des PPI, établie dans le cadre de la circulaire du 10 mars 2000 portant révision des PPI relatifs aux INB et dont la pertinence a été confirmée par l'instruction du 3 octobre 2016.

Dans cette zone « réflexe », des actions immédiates de protection des populations sont mises en œuvre en cas d'accident à déroulement rapide (*voir point 1.1.1 b*).

Une circulaire du ministère chargé de l'environnement du 17 février 2010 relative à la maîtrise des activités au voisinage des INB susceptibles de présenter des dangers à l'extérieur du site a demandé aux Préfets d'exercer une vigilance accrue sur le développement de l'urbanisation à proximité des installations nucléaires. Cette circulaire précise qu'il est nécessaire de porter la plus grande attention aux projets sensibles en raison de leur taille, de leur destination ou des difficultés qu'ils occasionneraient en matière de protection des populations dans la zone « réflexe ».

L'ASN est consultée sur des projets de construction ou d'urbanisme situés à l'intérieur de cette zone. Les avis rendus s'appuient sur les principes explicités dans le Guide de l'ASN n° 15 relatif à la maîtrise des activités autour des INB, publié en 2016. Ce guide, élaboré par un groupe de travail pluraliste copiloté par l'ASN et la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), associant des élus et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli), se fonde sur les objectifs suivants :
- préserver le caractère opérationnel des plans de secours ;
- privilégier un développement territorial au-delà de la zone « réflexe » ;
- permettre un développement maîtrisé et répondant aux besoins de la population résidente.

1.2 Les acteurs de la gestion des situations d'urgence

L'organisation des pouvoirs publics en cas d'accident nucléaire ou radiologique majeur est fixée par un ensemble de textes relatifs à la sûreté nucléaire, la radioprotection, l'ordre public, la sécurité civile et les plans d'urgence.

La loi n° 2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la sécurité civile prévoit un recensement actualisé des risques, la rénovation de la planification opérationnelle, la réalisation d'exercices qui impliquent la population, l'information et la formation de la population, la veille opérationnelle et l'alerte. Plusieurs décrets d'application de cette loi, codifiés dans le code de la sécurité intérieure aux articles L. 741-1 à L. 741-32 relatifs notamment aux plans Orsec et aux PPI, sont venus la préciser en 2005.

La prise en compte des situations d'urgence radiologique est précisée dans la directive interministérielle du 7 avril 2005 sur l'action des pouvoirs publics en cas d'événement entraînant une situation d'urgence radiologique (*voir schéma 1*).

Ainsi, au plan national, l'ASN participe activement aux travaux interministériels relatifs à la gestion d'une crise nucléaire.

L'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima a montré qu'il est nécessaire de mieux se préparer à la survenue d'un accident aux facettes multiples (catastrophe naturelle, accident affectant simultanément plusieurs installations). Ainsi, les organisations mises en place doivent être robustes et capables de gérer dans la durée une crise de grande ampleur. Les interventions sous rayonnements ionisants doivent être mieux anticipées et, pour permettre d'apporter un appui efficace au pays affecté, les relations internationales améliorées.

1.2.1 L'organisation locale

Plusieurs acteurs sont habilités à prendre localement des décisions en situation d'urgence :
• l'exploitant de l'installation nucléaire accidentée met en œuvre l'organisation et les moyens définis dans son PUI (*voir point 1.1.1*) ;
• l'ASN a un rôle de contrôle des actions de l'exploitant en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection. En situation d'urgence, elle s'appuie sur les évaluations de l'IRSN et peut à tout moment prescrire à l'exploitant les évaluations et les actions qu'elle juge nécessaires ;
• le Préfet du département où se trouve l'installation prend les décisions nécessaires pour assurer la protection de la population, de l'environnement et des biens menacés par l'accident. Il agit dans le cadre du PPI des plans Orsec ou du plan de protection externe en cas d'acte de malveillance. À ce titre, il est responsable de la coordination des moyens engagés dans le PPI, publics et privés, matériels et humains. Il veille à l'information des populations et des maires. L'ASN conseille le Préfet pour ce qui concerne les actions de protection des populations ;
• le Préfet de zone de défense et de sécurité est chargé de coordonner les renforts et les soutiens nécessaires au Préfet de département, d'assurer la cohérence interdépartementale des actions et de coordonner la communication territoriale avec la communication nationale ;
• le maire de la commune, par sa proximité, joue un rôle important dans l'anticipation et l'accompagnement des actions de protection des populations. À ce titre, le maire d'une commune comprise dans le champ d'application d'un PPI doit établir et mettre en œuvre un plan communal de sauvegarde pour prévoir, organiser et structurer les mesures d'accompagnement des décisions du Préfet. Il est également un relais d'information et de sensibilisation auprès des populations, en particulier lors des campagnes de distribution de comprimés d'iode.

1.2.2 L'organisation nationale

En situation d'urgence radiologique, chaque ministère est responsable, en lien avec ses services déconcentrés, de la préparation et de l'exécution des dispositions de niveau national relevant de son champ de compétences.

En cas de crise majeure nécessitant la coordination de nombreux acteurs, une organisation de crise gouvernementale est mise en place, sous la direction du Premier ministre, avec l'activation de la cellule interministérielle de crise (CIC). Cette cellule vise à centraliser et analyser les informations en vue de préparer les décisions stratégiques et de coordonner leur mise en œuvre à l'échelle interministérielle. Elle rassemble :
• tous les ministères concernés ;
• l'autorité de sûreté compétente et son appui technique l'IRSN ;
• les représentants de l'exploitant ;
• des administrations ou établissements publics apportant leur concours, comme Météo-France.

1.3 Protéger la population

Les actions de protection des populations durant la phase d'urgence ainsi que les premières actions menées au titre de la phase post-accidentelle visent à protéger les populations de l'exposition aux rayonnements ionisants et aux substances chimiques et toxiques éventuellement présentes dans les rejets. Ces actions sont mentionnées dans les PPI.

1.3.1 Les actions de protection générale

En cas d'accident nucléaire ou radiologique majeur, plusieurs actions peuvent être envisagées par le Préfet pour protéger la population :
• la mise à l'abri et à l'écoute : les personnes concernées, alertées par une sirène ou par FR-Alerte, se mettent à l'abri chez elles ou dans un bâtiment, toutes ouvertures closes, et y restent à l'écoute des consignes du Préfet transmises par les médias ;
• l'ingestion de comprimés d'iode stable (uniquement dans le cas d'accident comportant des rejets d'iode radioactif) : sur ordre du Préfet, les personnes susceptibles d'être exposées à des rejets d'iodes radioactifs sont invitées à ingérer la dose prescrite de comprimés d'iode ;
• l'évacuation : en cas de menace de rejets radioactifs importants, le Préfet peut ordonner l'évacuation. Les populations sont alors invitées à préparer un bagage, mettre en sécurité leur domicile et le quitter pour se rendre au point de rassemblement le plus proche.

L'ingestion de comprimés d'iode stable permet de saturer la glande thyroïde et de la protéger des effets cancérigènes des iodes radioactifs.

La circulaire NOR INTE 1824870J du 13 septembre 2018 relative aux modalités de mise en œuvre des campagnes de distribution d'iode dans les périmètres PPI définit les principes régissant les responsabilités respectives de l'exploitant d'une INB et de l'État en matière de distribution de comprimés d'iode.

Cette circulaire prévoit que l'exploitant nucléaire, sous le contrôle de l'État, assure le financement et la distribution des comprimés d'iode stable dans le rayon des PPI de son installation susceptible de rejeter de l'iode radioactif en cas d'accident.

La précédente campagne d'information et de distribution de comprimés d'iode dans un rayon de 0 à 10 km autour des centrales nucléaires a été réalisée en 2016-2017, complétée en 2019-2021 par une campagne dans la zone 10-20 km à la suite de l'extension des PPI.

Une campagne de renouvellement des comprimés distribués en 2016-2017 dans la zone 0-10 km autour des centrales nucléaires a débuté en septembre 2024 et est actuellement en cours. Par ailleurs, une campagne de distribution commence début janvier 2025 autour des ports militaires.

Au-delà de la zone couverte par le PPI, des stocks de comprimés sont constitués afin de couvrir le reste du territoire national. À cet égard, les ministres chargés de la santé et de l'intérieur ont décidé la constitution de stocks de comprimés d'iode mis en place et gérés par Santé publique France. Chaque Préfet définit les modalités de distribution à la population dans une disposition spécifique Orsec Iode, conformément à la circulaire du 11 juillet 2011. Pour sa mise en œuvre, il s'appuie sur les collectivités locales (communes, établissements publics de coopération intercommunale – EPCI, etc.) et les services de l'État en charge de la gestion de crises. Des exercices dédiés peuvent être organisés sur cette thématique.

Le Préfet peut également prendre des mesures d'interdiction de consommation des denrées alimentaires susceptibles d'avoir été contaminées par des substances radioactives dès la phase d'urgence (tant que l'installation n'est pas revenue à un état maîtrisé et stable).

Ces mesures, prises avant la fin des rejets, ont pour objectif de faciliter la gestion de la phase post-accidentelle. En effet, une fois que les rejets sont terminés et que l'installation est revenue dans un état stable, de nouvelles actions de protection des populations sont décidées en fonction des dépôts de matières radioactives dans l'environnement. Selon le niveau de radioactivité ambiante, il pourra s'agir :
• d'un éloignement des populations pour une durée plus ou moins longue ;
• de restrictions relatives à l'autoconsommation de denrées alimentaires produites localement ;
• de contrôles des denrées produites avant commercialisation, en accord avec les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive définis au niveau européen pour le commerce des denrées alimentaires.

1.3.2 La prise en charge des personnes contaminées

Dans le cas d'une situation d'urgence radiologique, un nombre important de personnes pourraient être contaminées par des radionucléides. La prise en charge de ces personnes devra être réalisée par des équipes de secours dûment formées et équipées pour ce type d'opération.

La circulaire du 18 février 2011 relative à la doctrine nationale d'emploi des moyens de secours et de soins face à une action terroriste utilisant des substances radioactives précise les dispositions qui s'appliquent également à un accident nucléaire ou radiologique, et qui visent à mettre en œuvre, sur l'ensemble du territoire national, une méthodologie unifiée d'emploi des moyens afin d'en optimiser l'efficacité.

Le *Guide national d'intervention médicale en cas d'événement nucléaire ou radiologique* dont la première version a été publiée en 2018, et dont la rédaction a été coordonnée par l'ASN, vient accompagner la circulaire DHOS/HFD/DGSNR n° 2002/277 du 2 mai 2002 relative à l'organisation des soins médicaux en cas d'accident nucléaire ou radiologique, en rassemblant toutes les informations utiles pour les intervenants médicaux chargés du rassemblement et du transport des blessés ainsi que pour les personnels hospitaliers. Sous l'égide de l'ASN, une nouvelle version de ce guide, intégrant les évolutions organisationnelles intervenues depuis 2008 et les nouveaux protocoles et moyens de traitements des contaminations, a été publiée en juin 2023.

1.4 Appréhender les conséquences à long terme

La phase post-accidentelle concerne le traitement dans le temps des conséquences d'une contamination durable de l'environnement par des substances radioactives après un accident nucléaire.

Elle recouvre le traitement des diverses conséquences (économiques, sanitaires, environnementales et sociales) par nature complexes, qui devraient être traitées sur le court, le moyen, voire le long terme, en vue d'un retour à une situation jugée acceptable.

La démarche suivie par le Codirpa, mis en place par l'ASN en 2005 à la demande du Premier ministre, a abouti à l'élaboration d'éléments constitutifs d'une première doctrine nationale pour la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire d'ampleur moyenne entraînant des rejets de courte durée (moins de 24 heures), publiée en 2012.

À la suite des travaux du Codirpa pour mieux prendre en compte les enseignements de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, le retour d'expérience des exercices de crise, les évolutions réglementaires et celles des recommandations internationales, une nouvelle version des recommandations pour la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire a été publiée en 2022.

Ce document constitue aujourd'hui le socle de la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire en France. Il est destiné aux acteurs locaux et nationaux concernés. Il a vocation à la fois à susciter la réflexion de ces acteurs quant à la préparation d'une telle situation et à les guider pour la gestion d'une crise réelle.

Les travaux du Codirpa se poursuivent pour compléter ces recommandations, notamment pour une meilleure prise en compte des accidents hors réacteurs nucléaires pouvant notamment mettre en œuvre la radioactivité alpha. Les réflexions actuelles du comité visent également à aboutir à la définition de stratégies de réduction de la contamination d'un territoire affecté par un accident radiologique ou nucléaire en lien avec la gestion des déchets associés, tout en tenant compte des enjeux des différentes typologies de milieux affectés (urbains, agricoles, forestiers, etc.). En outre, conformément au mandat du Premier ministre en date du 18 juin 2020, l'examen de la pertinence de la doctrine de gestion post-accidentelle en cas de rejets de substances radioactives dans les milieux aquatiques, qu'ils soient marins, lacustres ou fluviaux, a été lancé début 2023.



Panels citoyens sur les conséquences d'un accident nucléaire sur le milieu marin

Conséquences d'un accident nucléaire sur le milieu marin : l'ASN à la rencontre des citoyens

Pour améliorer la stratégie de protection de la population à la suite d'un accident nucléaire, l'ASN a souhaité associer les parties prenantes aux travaux du Codirpa afin de s'assurer que ceux-ci sont compris et acceptés.

Ainsi, l'ASN et la commission locale d'information sur le nucléaire (CLIN) de Paluel-Penly ont organisé deux nouveaux panels de citoyens, le 11 septembre 2024 à Cany-Barville et le 2 octobre 2024 à Petit-Caux, destinés au public résidant près d'une installation nucléaire de bord de mer afin de recueillir ses perceptions et ses attentes.

D'une durée de 3 heures, ces échanges ont permis à environ 25 riverains de donner leur avis sur la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire sur le milieu marin (applicabilité et acceptabilité du zonage post accidentel terrestre au milieu marin, difficultés liées au déplacement de la contamination et des poissons, etc.).

Les échanges ont été nourris et vont contribuer à l'élaboration de recommandations du Codirpa pour le Gouvernement.

Poursuivant sa démarche consistant à inclure la population dans l'élaboration des recommandations du Codirpa, l'ASN a organisé trois réunions de panels de citoyens afin d'évaluer la compréhension et l'acceptabilité des actions de protection et recueillir les propositions des populations concernées au sujet des propositions du Codirpa en matière de gestion des conséquences d'un accident nucléaire. Les 11 septembre et 2 octobre 2024, la population vivant autour des centrales nucléaires de Paluel et Penly a été invitée à échanger avec l'ASN sur la gestion du milieu marin après un accident nucléaire (*voir encadré page précédente*). Le 2 décembre, avec le soutien et la participation de l'Anccli et des CLI de Cadarache, Marcoule et La Hague, des discussions ont été organisées par visioconférence sur la prise en compte des accidents avec rejets d'émetteurs alpha dans les recommandations pour la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire publiées en 2022.

Sur ces deux sujets et quel que soit le mode de réunion (en présentiel ou en visioconférence), le retour d'expérience est positif pour l'ensemble des acteurs : l'ASN recueille un retour sur les propositions du Codirpa tout en sensibilisant au risque, tandis que le public améliore ses connaissances et sa préparation à la crise.

2 — Le rôle de l'ASN en situation d'urgence et post-accidentelle

2.1 Les quatre missions essentielles de l'ASN

En situation d'urgence, l'ASN, avec l'appui de l'IRSN, a pour missions :
• de contrôler les dispositions prises par l'exploitant et de s'assurer de leur pertinence ;
• de conseiller les autorités quant aux actions de protection des populations ;
• de participer à la diffusion de l'information de la population et des médias ;
• d'assurer la fonction d'autorité compétente dans le cadre des conventions internationales sur la notification rapide et sur l'assistance.

Le contrôle des dispositions prises par l'exploitant

De même qu'en situation normale, l'ASN exerce en situation accidentelle sa mission d'autorité de contrôle. Dans ce contexte particulier, l'ASN s'assure que l'exploitant exerce pleinement ses responsabilités pour maîtriser l'accident, en limiter les conséquences et informer rapidement et régulièrement les pouvoirs publics. Elle s'appuie sur l'expertise de l'IRSN et peut à tout moment prescrire à l'exploitant des évaluations ou des actions rendues nécessaires, sans pour autant se substituer à celui-ci dans la conduite technique.

Le conseil aux Préfets de département et de zone et au Gouvernement

La décision du Préfet sur les dispositions à prendre pour assurer la protection de la population en situations d'urgence radiologique et post-accidentelles dépend des conséquences effectives ou prévisibles de l'accident autour du site. De par la loi, il appartient à l'ASN de faire des recommandations au Préfet et au Gouvernement, en intégrant l'analyse de l'IRSN. Cette analyse porte à la fois sur le diagnostic de la situation (compréhension de la situation de l'installation accidentée, analyse des conséquences pour l'homme et l'environnement) et sur le pronostic (évaluation des développements possibles et en particulier des rejets radioactifs). Ces recommandations portent notamment sur les actions à mettre en œuvre pour la protection des populations en phase d'urgence et en phase post-accidentelle.

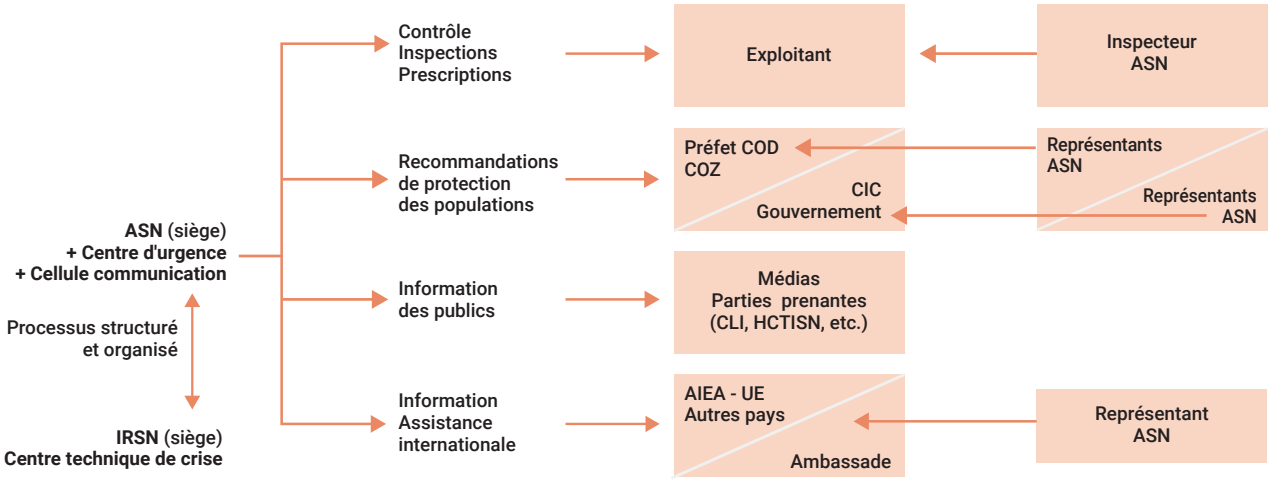
La diffusion de l'information

L'ASN intervient dans la diffusion de l'information auprès :
• des médias et du public : publication de communiqués et conférences de presse ; il importe que cette action soit coordonnée avec les autres entités amenées à communiquer (Préfets, exploitants aux niveaux local et national, etc.) ;
• des acteurs institutionnels et associatifs : collectivités locales, ministères, préfectures, autorités politiques, directions générales des administrations, CLI, etc. ;
• des organismes de sûreté étrangers.

La fonction d'autorité compétente au sens des conventions internationales

Le code de l'environnement prévoit que l'ASN assure la mission d'autorité compétente au titre des conventions internationales de 1986 sur la notification rapide et sur l'assistance. À ce titre, elle réalise le recueil et la synthèse d'informations en vue d'assurer ou de recevoir les notifications et transmettre les informations prévues par ces conventions aux organisations internationales (Agence internationale de l'énergie atomique – AIEA – et Union européenne) et aux pays concernés par d'éventuelles conséquences sur leur territoire, en lien avec le ministère chargé des affaires étrangères.

SCHÉMA 2 **Rôle de l'ASN en situation de crise nucléaire**



COD : Centre opérationnel départemental – **COZ** : Centre opérationnel de zone – **CIC** : Cellule interministérielle de crise – **CICNR** : Comité interministériel aux crises nucléaires ou radiologiques – **CLI** : Commission locale d'information – **HCTISN** : Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire

TABLEAU 1 Positionnement des différents acteurs en situation d'urgence radiologique

	Décision	Expertise	Intervention	Communication
Pouvoirs publics	Gouvernement (CIC) Préfecture (COD, COZ)	–	Préfecture Sécurité civile	Gouvernement (CIC) Préfecture (COD)
	ASN (CU)	IRSN (CTC) Météo-France	IRSN (cellules mobiles)	ASN IRSN
Exploitants	Niveaux national et local	Niveaux national et local	Niveau local	Niveaux national et local

CIC : Cellule interministérielle de crise – COD : Centre opérationnel départemental – COZ : Centre opérationnel zonal – CTC : Centre technique de crise – CU : Centre d'urgence

2.2 S'organiser en cas d'accident majeur

L'organisation de crise de l'ASN mise en place en cas d'accident majeur comprend notamment :

- la participation d'agents de l'ASN aux différentes cellules de la CIC ;
- la mise en place au plan national d'un centre d'urgence situé à Montrouge (Île-de-France) organisé autour d'un directeur de crise et de différentes cellules spécialisées :
  - une cellule « gestion de l'information et coordination » chargée d'apporter un appui au directeur de crise ;
  - une cellule logistique ;
  - une cellule « sûreté » chargée de comprendre et d'évaluer l'événement en cours ;
  - une cellule « protection des personnes, de l'environnement et des biens » chargée notamment de proposer les actions de protection des populations ;
  - une cellule « communication interne et externe » ;
  - une cellule « relations internationales » ;
  - une cellule « anticipation ».

Le fonctionnement du centre d'urgence est régulièrement testé lors des exercices nationaux de crise. Le centre est activé en situation réelle, à l'occasion d'incidents ou d'accidents. Au plan local, des représentants de l'ASN se rendent auprès des Préfets de département et de zone pour les appuyer dans leurs décisions et leurs actions de communication. Des inspecteurs de l'ASN peuvent également se rendre sur le site accidenté ; d'autres participent à la gestion de la crise au siège de la division territoriale impliquée.

En 2024, le centre d'urgence de l'ASN a été gréé à 10 reprises pour 7 exercices nationaux, 3 exercices internationaux (dont 1 a été joué « sur table » sans gréement réel du centre de crise) et 1 situation réelle.

L'organisation de crise de l'ASN a été sollicitée à plusieurs reprises en 2024 à la suite de déclenchements de PUI sur des installations nucléaires.

En 2024, trois centrales nucléaires ont déclenché leur PUI à la suite d'un départ de feu dans une zone située hors zone contrôlée (c'est-à-dire hors zone nucléaire) : la centrale nucléaire de Chinon en février (incendie sur un transformateur), la centrale nucléaire de Paluel en mai (incendie sur un transformateur) et la centrale nucléaire de Cattenom en juin (incendie dans un local de ventilation). Pour chacune de ces situations, l'équipe d'astreinte s'est mobilisée afin de suivre l'évolution de la situation et de se préparer à activer le centre d'urgence si besoin. Ces trois situations ont été rapidement maîtrisées par les équipes d'EDF sans entraîner de conséquences sur la sûreté des installations. L'ASN a, à chaque fois, autorisé la levée du PUI quelques heures après son déclenchement.

Le 10 avril 2024 à 18h30, l'ASN a été informée par la société Apave d'un blocage de source radioactive survenu lors de la réalisation par Apave NDT de contrôles radiographiques sur le site de la société ADF à Colmar (Haut-Rhin). L'équipe d'astreinte de l'ASN, ainsi que la division de Strasbourg de l'ASN ont suivi l'événement afin d'apporter leur concours aux pouvoirs publics dans la gestion de celui-ci (*voir chapitre 8*).

Le 11 décembre 2024 à 13h21, l'équipe d'astreinte de l'ASN a décidé de gréer son centre d'urgence à Montrouge après avoir été alerté d'un incendie sur le site d'Orano, à Bessines-sur-Gartempe. L'ASN a suivi la situation en liaison avec la préfecture de la Haute-Vienne, l'exploitant et l'IRSN. La situation a été maîtrisée par les équipes d'Orano sur site en milieu d'après-midi et le centre d'urgence de l'ASN a été désactivé à 16h30. L'IRSN a dépêché sur place ses moyens de mesures dans l'environnement qui ont permis de vérifier l'absence de rejets radioactifs.

Lors des exercices ou en cas de crise réelle, l'ASN est appuyée par une équipe d'analystes au centre technique de crise de l'IRSN.

Le système d'alerte de l'ASN permet la mobilisation de ses agents, ainsi que de ceux de l'IRSN. Ce système automatique envoie un signal d'alerte aux agents équipés d'un moyen de réception, dès son déclenchement à distance par l'exploitant de l'INB à l'origine de l'alerte. Il diffuse également l'alerte à des agents du SGDSN, de la Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC), du Centre opérationnel de gestion interministérielle des crises, de Météo-France et du Centre ministériel de veille opérationnelle et d'alerte (CMVOA) des ministères Aménagement du territoire et transition écologique.

Un numéro vert d'urgence radiologique permet également à l'ASN de recevoir les appels signalant des événements impliquant des sources de rayonnements ionisants utilisées hors des INB ou lors du transport de substances radioactives. Il est accessible 24 h/24, 7 j/7. Ce numéro est réservé aux sociétés titulaires d'une autorisation de détention de sources radioactives délivrée par l'ASN au titre du code de la santé publique et aux sociétés effectuant des transports de matières radioactives. En fonction de la gravité de l'événement, l'ASN peut activer son centre d'urgence à Montrouge en déclenchant le système d'alerte. Dans le cas contraire, seul l'échelon local de l'ASN (division concernée) intervient dans ses missions d'appui au Préfet et de communication, en recourant au besoin à l'expertise des directions nationales. Afin de renforcer la gradation de la réponse et de l'organisation de l'ASN en cas de crise, pour des situations ne nécessitant pas le gréement du centre d'urgence, l'équipe d'astreinte apporte un appui pour soutenir la division territoriale concernée.

Depuis 2018, un dispositif d'astreinte permet de renforcer la robustesse et la réactivité de mobilisation et d'intervention des agents de l'ASN.

Le schéma 2 (*voir page précédente*) présente de façon synthétique le rôle de l'ASN en situation d'urgence radiologique. Ce schéma fonctionnel illustre l'importance du représentant de l'ASN auprès du Préfet, qui relaie et présente les recommandations provenant du centre d'urgence de l'ASN.

Le tableau 1 montre le positionnement des pouvoirs publics (le Gouvernement, l'ASN et les experts techniques) et des exploitants en situation d'urgence radiologique. Ces acteurs interviennent dans leurs champs de compétence respectifs relatifs à l'expertise, à la décision, à l'intervention et à la communication, pour lesquels des audioconférences régulières sont organisées. Les échanges entre les acteurs conduisent aux décisions et orientations relatives à la sûreté de l'installation et à la protection de la population. De même, les relations entre les cellules de communication et les porte-parole des centres de crise assurent la cohérence de l'information du public et des médias.

3 — Exploiter les enseignements

3.1 S'exercer

L'objectif principal des exercices d'urgence nucléaire et radiologique est de tester le dispositif prévu en cas de situation d'urgence radiologique afin :
• de mesurer le niveau de préparation de toutes les entités impliquées (autorités de sûreté, experts techniques, exploitants) ;
• de s'assurer que les plans sont tenus à jour, connus des responsables et des intervenants à tous les niveaux et que les procédures d'alerte et de coordination qu'ils comportent sont opérantes ;
• d'entraîner les personnes qui seraient impliquées dans une telle situation ;
• de mettre en œuvre les différents aspects de l'organisation et les procédures prévues par les directives interministérielles : les plans d'urgence, les plans de secours, les plans communaux de sauvegarde et les diverses conventions ;
• de contribuer à l'information des médias et de développer une approche pédagogique destinée à la population, afin que chacun puisse concourir par son comportement à la sécurité civile ;
• de capitaliser les connaissances et expériences en matière de gestion des situations d'urgence.

Ces exercices, planifiés dans une instruction interministérielle annuelle, associent l'exploitant, les ministères, les préfectures et les services départementaux, l'ASN, l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND), l'IRSN et Météo-France, ce qui peut représenter jusqu'à 300 personnes lorsque des moyens sont déployés sur le terrain. Ils visent à tester l'efficacité des dispositifs d'évaluation de la situation, la capacité à placer l'installation ou le colis dans un état maîtrisé, à prendre les dispositions adéquates pour protéger les populations et à mettre en place une bonne communication vers les médias et les populations intéressées.



Un premier exercice pour tester l'organisation de crise de l'ASNR

Des exercices pour être pleinement opérationnel le 1er janvier 2025

La loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire prévoit la création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) par regroupement de l'ASN et de l'IRSN. Ainsi, depuis le 1er janvier 2025, l'ASNR a repris les missions actuellement assurées par l'ASN et par l'IRSN en situation d'urgence. Dès la publication de cette loi, l'ASN et l'IRSN ont renforcé leur collaboration pour permettre à l'ASNR de disposer d'une organisation de crise opérationnelle au 1er janvier 2025.
Cette organisation de crise a été testée à plusieurs reprises entre septembre et décembre 2024, à la fois lors des exercices de crise nationaux (*voir tableau 2 des exercices nationaux 2024*), mais également lors des exercices dits « locaux » organisés par les exploitants nucléaire au niveau local.

C'est ainsi que le mardi 17 septembre 2024, les équipes de l'ASN et de l'IRSN se sont retrouvées au centre crise de l'IRSN de Fontenay-aux-Roses (le futur siège du centre de crise de l'ASNR) pour participer à un exercice de crise organisé par EDF sur le site de Flamanville en mode de fonctionnement ASNR pour la première fois. Une trentaine d'équipiers de crise de l'IRSN et de l'ASN ont participé à cet exercice qui a débuté à 9h20 avec le déclenchement du PUI du site de Flamanville. De nombreux observateurs venus se familiariser avec la nouvelle organisation et préparer le retour d'expérience étaient également présents.

Le regroupement dans un centre de crise unique, largement apprécié par les participants, a permis des interactions plus fluides entre les différents acteurs, facilitant ainsi la production de recommandations et d'éléments d'appréciation de la situation à destination des pouvoirs publics.

Cet exercice a fait l'objet d'un retour d'expérience commun ASN-IRSN afin d'alimenter les travaux du groupe de travail chargé de la mise en œuvre de l'organisation de crise de l'ASNR au 1er janvier 2025.

3.1.1 Les exercices nationaux d'urgence nucléaire et radiologique

Dans la continuité des années antérieures, l'ASN, en liaison avec le SGDSN, la DGSCGC et l'ASND, a préparé le programme 2024 des exercices nationaux d'urgence nucléaire et radiologique concernant les INB et les transports de substances radioactives.

Ce programme a été annoncé aux Préfets par l'instruction interministérielle du 24 janvier 2024.

De façon générale, ces exercices permettent de tester les cercles décisionnels au plus haut niveau et la capacité de communication des principaux acteurs sur lesquels une pression médiatique simulée est parfois exercée.

Le tableau 2 décrit les caractéristiques essentielles des exercices nationaux menés en 2024.

Outre les exercices nationaux, les Préfets sont invités à mener des exercices locaux pour les sites implantés dans leur département, afin d'approfondir la préparation aux situations d'urgence radiologique et de tester spécialement les délais de mobilisation des acteurs.

La réalisation d'un exercice national d'urgence nucléaire et radiologique, selon une périodicité maximale de cinq ans sur les sites nucléaires soumis à un PPI et d'au moins un exercice annuel concernant le transport de substances radioactives, apparaît comme un juste compromis entre l'objectif d'entraînement des personnes et le délai nécessaire pour faire évoluer les organisations.

En 2024, outre les objectifs généraux des exercices listés dans le tableau 2, des objectifs complémentaires ont été introduits dans la planification en intégrant les enseignements tirés des retours d'expérience, ainsi que les résultats des exercices et entraînements expérimentaux réalisés en 2023.

TABLEAU 2 **Exercices nationaux d'urgence nucléaire et radiologique réalisés en 2024**

Site nucléaire	Dates de l'exercice	Caractéristiques principales
Centrale nucléaire EDF de Civaux (86)	24 et 25 janvier	• Processus de décision et pression médiatique simulée • Test des échanges bilatéraux d'informations avec le Luxembourg et l'Allemagne
Exercice INEX 6 (AEN)	7 février	• Exercice sur table • Gestion post-accidentelle sur les volets de l'alimentation et de la gestion des actions de décontamination et de gestion des déchets associée
Centrale nucléaire EDF du Bugey (01)	28 février	• Processus de décision et pression médiatique simulée
Transport de substances radioactives (88)	27 juin	• Remontée des informations de terrain vers le centre de crise national • Processus de décision
ConvEx-2b (AIEA)	3 et 4 septembre	• Test du mécanisme d'offre d'assistance au pays accidenté
ECUREX (Commission européenne)	25 septembre	• Test des mécanismes européens de remontée des informations en cas d'accident dans un pays européen
Base navale de Cherbourg (50)	14 et 15 novembre	• Test de la nouvelle organisation de crise de l'ASNR et de la coordination avec l'ASND
Centrale nucléaire EDF de Belleville-sur-Loire (18)	21 et 22 novembre	• Processus de décision • Envoi d'inspecteurs de l'ASN sur le site accidenté
Centrale nucléaire EDF du Tricastin (26)	28 novembre	• Test de la nouvelle organisation de crise de l'ASNR
Transport de substances radioactives (60)	12 décembre	• Remontée des informations de terrain vers le centre de crise national • Test de la nouvelle organisation de crise de l'ASNR

L'ASN s'investit également dans la préparation et la réalisation d'exercices de crise ayant un volet de sûreté nucléaire et organisés par d'autres acteurs tels que :
• ses homologues pour la sécurité nucléaire (Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité – HFDS, auprès du ministre chargé de l'énergie) ou pour les installations relevant de la défense (ASND) ;
• les instances internationales (AIEA, Commission européenne, Agence pour l'énergie nucléaire – AEN) ;
• les ministères de la Santé, de l'Intérieur, etc.

L'expérience acquise au cours de ces exercices doit permettre aux agents de l'ASN de répondre plus efficacement aux situations d'urgence réelles.

3.2 Évaluer pour s'améliorer

Des réunions d'évaluation sont organisées immédiatement après chaque exercice dans chaque centre de crise et à l'ASN quelques semaines après l'exercice. L'ASN veille, avec les autres acteurs, à identifier les bonnes pratiques et les axes d'amélioration mis en évidence lors de ces exercices.

Ces réunions d'évaluation permettent aux acteurs de partager leur expérience dans le cadre d'une démarche participative. Elles ont notamment mis en évidence :
• l'importance d'avoir des scénarios les plus réalistes possible, en conditions météorologiques réelles, et suffisamment complexes techniquement pour nourrir le retour d'expérience ;
• l'importance de la communication en situation d'urgence, en particulier pour informer au plus tôt le public et les autorités étrangères et éviter la propagation de rumeurs susceptibles d'empêcher une bonne gestion de la crise, en France comme à l'étranger ;
• l'importance de fournir aux décideurs une vision claire des conséquences radiologiques sous forme de représentations cartographiques : l'outil dénommé « Criter » développé par l'IRSN permet la représentation des résultats de mesures de radioactivité dans l'environnement.

4 — Perspectives

En 2024, l'ASN a poursuivi ses actions dans le domaine de la gestion des situations d'urgence en participant à de nombreux exercices nationaux et internationaux, en organisant de nombreuses inspections permettant de tester, au travers de mises en situation, l'opérationnalité de la gestion de crise chez les exploitants.

Concernant la gestion post-accidentelle, l'année 2024 constitue la dernière année du mandat actuel du Codirpa.

En 2025, l'ASNR va consolider sa réponse en cas de crise en profitant de la création du centre de crise de l'ASNR réunissant les organes de décision de l'ex-ASN et les compétences d'expertise de l'ex-IRSN au sein d'une même entité. Ce nouveau centre de crise, opérationnel depuis le 1er janvier 2025, est le fruit de travaux préparatoires orchestrés tout au long de l'année 2024. L'ASNR réalisera des inspections spécifiques sur le thème de la gestion de crise, participera aux exercices de crise nationaux et travaillera sur les relations avec ses homologues frontaliers pour améliorer la cohérence de la gestion d'une crise avec ces derniers.

Dans le domaine du post-accident, les rapports marquant l'aboutissement des travaux sur la prise en compte des accidents autres que les centres nationaux de production d'électricité et sur la gestion des milieux marins en phase post-accidentelle seront publiés début 2025.

Enfin, l'ASNR proposera au Premier ministre les suites à donner aux travaux du Codirpa, dans la perspective d'un nouveau mandat.

05

L’information et l’association des publics

Sommaire

1 Développer les relations avec les publics p. 187

1.1 **Le grand public**
- 1.1.1 Le site Internet *asn.fr*
- 1.1.2 Les réseaux sociaux
- 1.1.3 L'exposition ASN-IRSN
- 1.1.4 Le centre d'information de l'ASN

1.2 **Les professionnels**
- 1.2.1 Faire connaître la réglementation et faire progresser la culture de radioprotection
- 1.2.2 Une plateforme pour faciliter les démarches en ligne
- 1.2.3 Des supports pour partager les bonnes pratiques

1.3 **Les médias**

1.4 **Les élus et les institutionnels**

1.5 **La coopération internationale**

2 Renforcer le droit à l'information et la participation du public p. 192

2.1 **L'information donnée par les exploitants**

2.2 **L'information donnée aux riverains d'installations nucléaires de base**

2.3 **La consultation du public sur les projets d'avis, de guides, de décisions**
- 2.3.1 Consultation du public sur les projets de décisions réglementaires
- 2.3.2 Consultation du public sur les projets de décisions individuelles
- 2.3.3 Consultation d'instances particulières
- 2.3.4 Consultation : pour une participation toujours plus large et riche des publics

2.4 **Les acteurs en matière d'information**
- 2.4.1 Le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire
- 2.4.2 L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
- 2.4.3 Les commissions locales d'information ou de suivi
- 2.4.4 L'Association nationale des comités et commissions locales d'information



La loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité nucléaire a défini non seulement un droit à l'information pour le public, mais également un devoir de transparence pour les acteurs du nucléaire. Pour remplir cette mission, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) déploie des efforts dans deux directions :

• L'ASN s'appuie sur un large éventail de formes d'association des publics pour asseoir sa mission d'information et son ambition de contribuer à des choix de société éclairés en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection. Par cette démarche volontaire et continue, l'ASN s'emploie à améliorer la compréhension des enjeux, enrichit son processus décisionnel par une participation accrue des parties prenantes, et renforce la culture de sûreté et de radioprotection. L'ASN mène également des actions spécifiques auprès des professionnels (guides, colloques, séminaires) afin de faire connaître la réglementation et de les sensibiliser aux enjeux de sûreté et de radioprotection.

• Par ailleurs, l'ASN répond à de nombreuses requêtes émises par des parties prenantes, qu'il s'agisse d'associations environnementales, de professionnels, de collectivités locales, etc. Les porte-parole de l'ASN répondent également à de nombreuses sollicitations médiatiques.

Chaque année, l'ASN est auditionnée par le Parlement sur son activité et sur des sujets à fort enjeu. Elle apporte également son concours aux travaux des commissions locales d'information (CLI).

1 — Développer les relations avec les publics

1.1 Le grand public

L'ASN s'investit pour que les citoyens disposent d'une bonne information sur le risque nucléaire et acquièrent les bons réflexes de radioprotection en toute circonstance (notamment vis-à-vis des risques d'exposition des personnels soignants et des patients dans le cadre des activités médicales impliquant des rayonnements ionisants, mais aussi des riverains d'installations nucléaires). À cette fin, l'ASN développe des relations avec les parties prenantes et utilise des vecteurs diversifiés : publications imprimées ou numériques, site Internet, réseaux sociaux, événementiel, etc.

Ainsi, l'ASN participe depuis 2022 à la Journée nationale de la résilience (13 octobre) qui vise à sensibiliser les citoyens aux risques naturels et industriels. Cet événement national fédère plusieurs acteurs du nucléaire (Association nationale des comités et commissions locales d'information – Anccli, EDF et Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN) afin de sensibiliser le public au risque nucléaire et aux bons comportements en cas d'alerte. En 2024, l'ASN s'est mobilisée à travers six de ses divisions territoriales qui ont mené diverses actions (conférences, animations, ateliers pédagogiques). L'ASN a notamment participé au village de la résilience de Belleville-sur-Loire qui a accueilli près de 900 visiteurs *(voir encadré page suivante)*.

À l'intention de la jeunesse, l'ASN a renouvelé son soutien aux « Rencontres internationales lycéennes de la radioprotection », qui permettent à des lycéens français et étrangers de partager leurs travaux de recherche réalisés durant l'année scolaire. Les 3 et 4 avril 2024, 110 lycéens et leurs professeurs ont présenté, sur le site de l'IRSN à Fontenay-aux-Roses, leurs travaux sur la protection contre les risques liés à la radioactivité.

La collection des *Cahiers de l'ASN* vise à présenter de manière pédagogique des sujets majeurs de sûreté nucléaire. Faisant la part belle aux illustrations (dessins, photos, infographies), aux textes courts et aérés, elle entend en faciliter la lecture. Les *Cahiers de l'ASN* sont diffusés auprès de 6 000 lecteurs et sont disponibles sur *asn.fr*.

En 2024 deux nouveaux numéros des *Cahiers de l'ASN* ont été publiés :
• le Cahier #05 - *Réacteurs nucléaires de 1 300 MWe – Fonctionnement au-delà de 40 ans : les enjeux du 4e réexamen périodique* ;
• le Cahier #06 - *Les déchets radioactifs : comment mettre en place des solutions pérennes qui protègent la santé et l'environnement ?*

Ils viennent s'ajouter à la collection existante :
• le Cahier #01 – *Centrales nucléaires au-delà de 40 ans : les enjeux du 4e réexamen périodique des réacteurs nucléaires de 900 MWe* ;
• le Cahier #02 – *Centrales nucléaires au-delà de 40 ans : quelles conditions pour la poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe d'EDF ?* ;
• le Cahier #03 – *10 ans après Fukushima : quelles améliorations pour la sûreté des installations nucléaires en France ?* ;
• le Cahier #04 – *Les enjeux du démantèlement : comment veiller au bon déroulement de cette ultime phase de la vie d'une installation nucléaire ?*.

En 2025, la collection sera renommée *Cahiers de l'ASNR*. Un nouveau cahier sera consacré aux conditions de la poursuite de fonctionnement au-delà de 40 ans des réacteurs nucléaires de 1 300 MWe.

Par ailleurs, l'ASN a publié en 2023 un *Cahier Histoire de l'ASN*, consacré aux accidents nucléaires et aux évolutions de la sûreté et de la radioprotection.

L'ASN adresse *La Lettre de l'Autorité de sûreté nucléaire*, publication bimestrielle, à plus de 5 000 abonnés. Cette publication propose une synthèse des faits d'actualité les plus notables et des informations relatives aux décisions et aux actions de l'ASN. La lettre d'information de l'ASN est envoyée gracieusement sur simple inscription sur le site de l'Autorité.

1.1.1 Le site Internet *asn.fr*

Avec plus de 850 000 visites en 2024, le site *asn.fr* est au cœur du dispositif d'information de l'ASN. Il propose à la consultation du public les projets d'avis et de décisions qui représentent le plus d'enjeux.

C'est également une source d'information de référence pour les publics plus avertis : citoyens experts, professionnels, membres d'associations environnementales. Au total, ce sont près de 3,5 millions de pages du site qui ont été vues en 2024.

Le site Internet a pour objectif de faciliter l'accès à ses quelque 25 000 pages portant sur le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, la réglementation et les actions de l'ASN dans les domaines de la santé, de l'industrie ou de la recherche nucléaires. Contenus et fonctionnalités sont disponibles dans les mêmes conditions, quel que soit le support utilisé (ordinateur, téléphone, tablette), conformément aux normes d'accessibilité en vigueur, ainsi qu'aux exigences de la loi pour une République numérique.

Un outil de recherche performant et une carte des installations (électronucléaires, industrielles et médicales) offrent une navigation précise et rapide.

Le site s'attache à faciliter l'accès, selon les publics, aux informations recherchées :
• travailleurs des secteurs contrôlés et réglementés par l'ASN (pour les services en ligne et les formulaires notamment), experts techniques, juristes, riverains d'installations, patients, praticiens, élus et journalistes peuvent accéder à l'actualité des sites ou aux documents du contrôle qui les intéressent : lettres de suite d'inspection, avis d'événements significatifs, etc. ;
• citoyens s'intéressant aux enjeux de sûreté et souhaitant s'impliquer dans le processus de prise de décision. Ainsi, des contenus pédagogiques (vidéos, infographies, dossiers thématiques) sont proposés et le module de « consultation du public » a été amélioré.

L'ASN a renforcé les mesures de prévention et de détection des fraudes à la suite d'irrégularités découvertes à l'usine Creusot Forge en 2016, avec en 2024 l'organisation d'un webinaire sur le sujet en collaboration avec l'Anccli, et la publication d'un guide dédié (*voir encadré page suivante*). Le site *asn.fr* s'est doté d'un formulaire sécurisé de recueil des signalements de fraude dans le domaine nucléaire. Cette application garantit la protection des lanceurs d'alerte et le traitement confidentiel des informations recueillies. En 2024, sur les 74 signalements reçus par l'ASN, 46 l'ont été *via* le portail de signalement d'*asn.fr*.

Depuis le 1er janvier 2025, le site de l'ASNR *asnr.fr* permet d'accéder aux informations et services proposés par les anciens sites de l'ASN et de l'IRSN.

1.1.2 Les réseaux sociaux

Les contenus du site, consultables sur smartphones ou tablettes, sont également partagés sur les principaux médias sociaux (notamment sur X, Facebook, YouTube et LinkedIn). Les fils d'actualité des comptes sociaux de l'ASN relaient ses principales prises de position. Les temps forts auxquels participe l'ASN (auditions parlementaires, réunions publiques) sont annoncés et peuvent être suivis en temps réel sur les réseaux. Les médias sociaux de l'ASN contribueraient à l'information du public lors d'une situation d'urgence.

L'actualité de l'ASN était suivie et relayée en 2024 par plus de 17 500 abonnés sur X, plus de 55 500 sur LinkedIn et 4 900 sur Facebook.

En 2025, les comptes de l'ASN et de l'IRSN sont remplacés par ceux de l'ASNR sur X, LinkedIn, YouTube, Facebook et Instagram.

« Journée nationale de la résilience » : sensibilisation des publics au village de la résilience de Belleville-sur-Loire

Les 6, 7 et 8 novembre 2024 s'est tenu à Belleville-sur-Loire le village « Atom'Investigation », une action de sensibilisation aux risques nucléaires labellisée « Journée nationale de la résilience ». L'ASN y a déployé deux animations qui ont accueilli près de 900 visiteurs.

L'organisation du village de la résilience « Atom'Investigation » est le résultat d'un travail collectif (26 entités partenaires) piloté par la préfecture du Cher. Rassemblant des acteurs du risque nucléaire et radiologique (ASN, IRSN, Anccli, Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs – Andra, EDF, services départementaux d'incendie et de secours – SDIS, CLI, Institut français des formateurs-risques majeurs et protection de l'environnement – Iffo-RME, etc.), le village a été inauguré le 6 novembre par le préfet du Cher, en présence de Géraldine Pina, commissaire de l'ASN.

Programmé entre la campagne de distribution préventive d'iode stable (lancée le 15 septembre) et l'exercice de crise de Belleville-sur-Loire (21 et 22 novembre), « Atom'Investigation » visait à développer la connaissance du risque nucléaire, à préparer le public à la survenue d'un accident, et à développer la résilience collective.

L'ASN a proposé deux animations : l'une, intitulée « Rentrer chez soi après un accident nucléaire », reposait sur un jeu de rôle sur le thème du post-accidentel (voir ci-dessous) ; l'autre consacrée à la sûreté nucléaire s'appuyait sur les panneaux de l'exposition ASN-IRSN.

Près de 700 élèves (32 classes), 52 accompagnateurs et une centaine de riverains ont pu profiter de ces animations et poser leurs questions. Ce retour d'expérience positif sera utile à l'ASNR



pour « contribuer au développement d'une culture de radioprotection chez les citoyens » – ce qui constitue depuis le 1er janvier 2025 une nouvelle mission pour l'ASNR (article 1 de la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024).

L'animation « Rentrer chez soi après un accident nucléaire »

Développée par l'ASN avec l'appui de l'Iffo-RME, cette animation repose sur l'utilisation d'un tapis de jeu représentant un territoire à proximité d'une installation nucléaire accidentée. Des magnets à disposer sur le tapis de jeu permettent de réfléchir au devenir d'un territoire contaminé par la radioactivité.

L'objectif est d'éviter certaines fausses représentations et d'expliquer par exemple la différence entre contamination et irradiation, de comprendre qu'un accident sur une centrale en France ne se traduirait pas par une explosion nucléaire. Cela constitue un préalable pour présenter la démarche de reconquête d'un territoire après un accident. Cette dernière est abordée à travers la présentation de techniques de décontamination, de la priorisation des objectifs (que faut-il décontaminer en premier ?) et de l'intérêt pour les citoyens de mesurer la radioactivité de leur environnement.



1.1.3 L'exposition ASN-IRSN

Dans le cadre de leur mission d'information du public, l'ASN et l'IRSN ont créé des contenus pédagogiques destinés aux lycéens, étudiants, salariés, personnels hospitaliers, patients, etc., et plus généralement aux citoyens. Composée de plus de 80 panneaux répartis en onze thèmes, l'exposition « Radioactivité – découvrir et comprendre » a pour vocation d'informer sur la radioactivité – qu'elle soit naturelle ou artificielle – ses usages, ses enjeux et ses effets sur l'homme et l'environnement. Un jeu de cartes de type quizz a été créé en 2024 comme support pédagogique pour accompagner l'utilisation de l'exposition.

En 2024, elle a été accueillie dans 35 lieux : lycées, CLI, établissements de santé, collectivités territoriales, etc.

Cette exposition est mise à disposition gratuitement sur simple demande. Elle peut s'intégrer dans de nombreux événements et répondre à des situations variées (*voir page suivante*).

L'exposition est également consultable en ligne. Le site a fait peau neuve en 2024, avec des visuels plus attractifs et une navigation plus fluide et intuitive.

1.1.4 Le centre d'information de l'ASN

Tout citoyen peut adresser à l'ASN des demandes d'information en ligne par courrier et téléphone. En 2024, le centre d'information en ligne a répondu à 663 sollicitations sur des sujets divers (questions techniques, demandes de transmission de documents administratifs, d'informations relatives à l'environnement, de publications, recherches documentaires, etc.).

À partir de 2025, les demandes d'information en ligne sont à adresser à *info@asnr.fr*.

1.2 Les professionnels

L'ASN élabore des publications spécifiques, organise et participe à de nombreux colloques et séminaires afin de faire connaître la réglementation, de sensibiliser les professionnels à leurs responsabilités et aux enjeux de sûreté nucléaire et de radioprotection et, enfin, d'encourager la déclaration des événements significatifs.

1.2.1 Faire connaître la réglementation et faire progresser la culture de radioprotection

L'ASN considère qu'une réglementation claire s'appuyant sur les meilleurs standards de sûreté est un élément important pour le progrès de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Elle a ainsi entrepris depuis plusieurs années un important travail de refonte de la réglementation technique et générale applicable aux installations nucléaires de base (INB), en veillant toujours à la clarté et à la complétude des informations délivrées aux professionnels en matière réglementaire. Il en est de même pour la radioprotection des travailleurs et des patients, dans le domaine médical et dans l'industrie : l'ASN met à la disposition de tous des guides, des fiches pratiques et des recueils de référence.

Un espace pour les professionnels sur *asn.fr*

Les professionnels retrouvent dans un espace dédié les formulaires, les textes réglementaires ainsi que des publications à visée pédagogique ou d'accompagnement dans la mise en œuvre de la réglementation. Ces contenus sont disponibles depuis le 1er janvier 2025 *via* la rubrique « La réglementation » sur le site de l'ASNR, *asnr.fr*.

Des outils pratiques pour une application concrète de la réglementation

La radioprotection a fait l'objet d'une importante refonte réglementaire tant dans le code de la santé publique que dans le code du travail.

Les *Guides de l'ASN* énoncent des recommandations, présentent des moyens que l'ASN estime pertinents pour atteindre les objectifs fixés par la réglementation et partagent les méthodes et les bonnes pratiques issues du retour d'expérience des événements significatifs.

L'ASN a édité un guide pratique destiné aux fournisseurs et fabricants de composants nucléaires (*voir encadré ci-dessous*). Il est accessible en versions française et anglaise depuis une page dédiée de l'espace

Assurer la qualité des matériels destinés aux installations nucléaires



1200 usines conçoivent et fabriquent des équipements destinés aux installations nucléaires, en tant que fournisseur de rang 1 ou en sous-traitance. Les industriels ont fait part de leur besoin de mieux comprendre les exigences spécifiques liées au domaine nucléaire.

Au terme de deux années de travail et d'échanges avec des parties prenantes, l'ASN a mis à leur disposition en juin 2024 un guide pratique au plus près de leurs préoccupations. Chaque thématique est illustrée d'exemples industriels et répond aux questionnements adressés à l'ASN.

Ce guide insiste sur certains fondamentaux :

- assurer un transfert adapté des exigences de sûreté vers les sous-traitants ;
- identifier et tracer l'ensemble des activités de fabrication qui sont susceptibles d'affecter la sûreté de l'installation nucléaire ;
- prévenir et détecter les risques de fraude.

Le guide a été diffusé lors des journées perspectives du Groupement des industriels français de l'énergie nucléaire (GIFEN), mais également aux exploitants nucléaires.

Objectif : assurer ensemble la qualité des matériels importants pour la sûreté nucléaire et améliorer la transmission des exigences de conception et de fabrication tout au long de la chaîne de sous-traitance.

RADIOACTIVITÉ
DÉCOUVRIR & COMPRENDRE

11 séquences — **85 panneaux**

- La radioactivité, c'est quoi ?
- La radioactivité autour de nous
- Le radon dans nos maisons
- Les effets de la radioactivité sur le corps
- Des rayons pour soigner
- Usages méconnus des rayonnements
- Les centrales sont-elles sûres ?
- L'accident nucléaire
- Le « cycle du combustible »
- Que faire des déchets radioactifs ?
- Les acteurs du nucléaire

Une exposition pour sensibiliser le public

L'exposition ASN-IRSN « *Radioactivité – Découvrir et comprendre* » entend diffuser une information claire et objective, sans tabou ni parti pris, sur la radioactivité, ses usages, ses risques, ses effets sur la santé et l'environnement.

Chaque panneau comporte une infographie accompagnée d'explications précises, une rubrique « débat » faisant état de la diversité des opinions et une vulgarisation du sujet pour le jeune public.

Organisez votre exposition sur mesure

Vous pouvez composer l'exposition qui correspondra le mieux aux besoins de votre public. Elle est consultable en ligne afin de choisir les panneaux adéquats.

Un déploiement aisé

L'exposition se présente sous la forme de panneaux déroulables (« roll-up »), légers, faciles à monter et à démonter. Elle s'adapte à la surface et à la configuration du lieu d'accueil.

Une seule personne peut la mettre en place. Pour quinze panneaux, le temps de montage est d'environ 30 min et de 15 min pour le démontage.

Une mise à disposition gratuite

L'ASN et l'IRSN mettent gracieusement l'exposition à la disposition des maires, enseignants, commissions locales d'information, responsables associatifs, chefs d'entreprise, professionnels de santé, etc.

Elle peut s'intégrer dans de nombreux événements et répondre à des situations variées : exercice de crise, Fête de la science, journée portes ouvertes, Journée de la résilience, projets pédagogiques, etc.

Pour emprunter l'exposition :
https://www.asnr.fr/information/exposition-pedagogique-de-lasnr



professionnel du site *asn.fr*. Les fournisseurs des exploitants nucléaires et leurs sous-traitants y trouvent des documents pédagogiques, les lettres de suite des inspections réalisées par l'ASN chez les fournisseurs et les courriers de position de l'ASN.

Le guide *Principales dispositions réglementaires de radioprotection applicables en radiologie médicale et dentaire* a fait l'objet d'une complète remise à jour en octobre 2024.

L'ASN a rencontré les professionnels de la radiologie aux Journées françaises de radiologie (JFR) en octobre à Paris, et les professionnels compétents en radioprotection aux rencontres de la Société française de radioprotection (SFRP) en novembre à Lyon. Axées cette année sur le thème « Partager du savoir-faire », ces journées ont constitué une occasion d'élargir et actualiser les connaissances dans le domaine de la radioprotection : évolutions réglementaires, avancées techniques, retour d'expérience et cas pratiques.

1.2.2 Une plateforme pour faciliter les démarches en ligne

Les démarches réglementaires font progressivement leur mue numérique sur le portail Téléservices sur *asn.fr*. L'ASN tend ainsi à faciliter les démarches des professionnels, ce qui participe de la culture de sûreté. Onze formulaires de déclaration (dont les déclarations de détention d'appareils et de sources et les déclarations des événements de transport de marchandises dangereuses) et sept formulaires de demande d'enregistrement (proposés aux responsables d'activités nucléaires dans les domaines industriel, médical, vétérinaire et de recherche) sont notamment disponibles.

1.2.3 Des supports pour partager les bonnes pratiques

Le bulletin *La Sécurité du patient – Pour une dynamique de progrès* a été créé en mars 2011 pour restituer les enseignements des événements significatifs en radioprotection aux professionnels.

Il alterne depuis juillet 2019 des sujets consacrés à la radiothérapie, à l'imagerie médicale diagnostique (conventionnelle, scanner ou médecine nucléaire) et aux pratiques interventionnelles radioguidées (PIR). Réalisé dans le cadre de groupes de travail pluriprofessionnels pilotés par l'ASN, le bulletin propose un décryptage thématique des bonnes pratiques et des recommandations élaborées par les sociétés savantes de la discipline concernée et les institutions de la santé et de la radioprotection.

Dans le secteur médical, une fiche « Retour d'expérience » a été publiée en avril 2024. Elle alerte les centres d'imagerie médicale sur le risque de modification inopinée des réglages d'exposition lors de la remise en route d'un appareil de radiologie mobile, à l'origine d'expositions supplémentaires chez des enfants.

Ces publications sont disponibles sur *asnr.fr*.

1.3 Les médias

L'ASN entretient des relations régulières avec les médias régionaux, nationaux et étrangers tout au long de l'année. Chaque année, les porte-parole de l'ASN répondent à plus de 500 sollicitations presse et donnent une vingtaine de conférences de presse locales et nationales.

En 2024, l'actualité a été largement occupée par les débats concernant la réorganisation du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, la mise en service de l'EPR de Flamanville, le nouveau programme nucléaire avec l'annonce de plusieurs projets de construction de réacteurs et le développement de petits réacteurs modulaires (PRM), mais également par la poursuite d'exploitation des réacteurs existants au-delà de 50 ans.

Les conférences régionales ont permis d'informer les médias localement sur l'actualité du contrôle des installations, la culture du risque et sa prise en compte par la population. L'ASN entretient également des relations avec la presse médicale sur les sujets de radioprotection des patients et des personnels soignants.

Lors de la publication chaque année de son *Rapport sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France*, l'ASN va à la rencontre des journalistes de la presse régionale. En 2024, dix conférences régionales ont eu lieu du 10 au 24 septembre qui ont rassemblé 70 médias.

Lors de ces rencontres, les divisions territoriales de l'ASN rendent compte de l'appréciation de l'ASN sur la sûreté des installations situées dans les territoires. L'actualité régionale dans le domaine de la radioprotection est abordée, celle-ci pouvant concerner le domaine médical, industriel, les sites pollués par des substances radioactives, l'exposition de la population au radon, les anciens sites miniers, etc.

Enfin, l'ASN a une mission d'information du public en situation d'urgence[1]. Afin de s'y préparer, les agents de l'ASN reçoivent des formations spécifiques et participent à des exercices. Chaque année, des exercices de crise comportent une pression médiatique simulée, exercée par des journalistes, destinée à tester la réactivité de l'ASN face aux médias, ainsi que la cohérence et la qualité des messages délivrés par les différents acteurs aux plans national et local (*voir chapitre 4*). Depuis 2011, les réseaux sociaux sont intégrés à ces simulations.

1.4 Les élus et les institutionnels

Chaque année, l'ASN présente à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) le présent *Rapport sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France*.

Ce rapport, qui constitue le document de référence sur l'état des activités contrôlées par l'ASN, est également remis au président de la République, au Gouvernement et au Parlement. Il est envoyé à plus de 2 000 destinataires : responsables d'administration, élus locaux, exploitants et responsables d'activités ou d'installations contrôlées, associations, syndicats professionnels, sociétés savantes, etc.

Chaque année, l'ASN est auditionnée une dizaine de fois par le Parlement sur son activité, sur des sujets relatifs à la sûreté nucléaire et la radioprotection et dans le cadre du projet de loi de finances. L'ASN entretient également des relations régulières avec les élus nationaux et locaux autour des sujets de sûreté nucléaire et de radioprotection.

1.5 La coopération internationale

L'ASN s'investit au plan international pour favoriser le partage des meilleures pratiques en matière d'information du public. Elle participe au groupe de travail sur la transparence du Groupement européen des autorités de sûreté nucléaire (*European Nuclear Safety Regulators Group* – ENSREG) ; elle prend part aux travaux de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et du groupe de travail sur la communication avec le public (*Working Group on Public Communication*) de l'Agence pour l'énergie nucléaire – AEN.

1. *Selon l'article L. 592-32 du code de l'environnement.*

2 — Renforcer le droit à l'information et la participation du public

En 2024, l'ASN a publié sur son site une rubrique présentant l'éventail des formes d'association des publics sur lequel elle s'appuie pour asseoir sa mission d'information et de participation des publics.

L'ASN applique, avec une grande vigilance, l'ensemble des dispositions législatives et réglementaires relatives à la transparence et l'accès des publics à l'information. Elle veille à leur application par les exploitants soumis à son contrôle. Elle mène également des actions volontaires pour compléter le dispositif législatif et réglementaire de participation du public à l'élaboration de la décision publique. L'objectif est de recueillir les attentes, inquiétudes, exigences et sujets de préoccupation des différentes parties prenantes.

2.1 L'information donnée par les exploitants

Les principaux exploitants d'activités nucléaires mettent en œuvre des politiques volontaires d'information du public. Ils sont, en outre, soumis à des obligations légales générales, comme le rapport sur l'environnement prévu par le code du commerce pour les sociétés par actions, ou à des obligations spécifiques au domaine nucléaire précisées ci-après.

Le rapport annuel d'information du public établi par les exploitants d'INB

Tout exploitant d'INB doit établir chaque année un rapport portant notamment sur sa situation et les actions qu'il mène en matière de prévention des risques pour la santé publique et l'environnement, conformément à l'article L. 125-15 du code de l'environnement. Ces rapports sont rendus publics et transmis à la CLI auprès de l'installation concernée, ainsi qu'au Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN – article L. 125-16).

L'accès aux informations détenues par les exploitants

Le domaine nucléaire bénéficie d'un dispositif favorisant l'accès du public aux informations. En application de l'article L. 125-10 du code de l'environnement, les exploitants doivent communiquer à toute personne qui en fait la demande les informations qu'ils détiennent sur les risques que leur activité présente pour la santé publique et l'environnement et sur les actions menées pour prévenir ou réduire ces risques. Ce droit à l'information sur les risques concerne également les responsables du transport de substances radioactives dès lors que les quantités sont supérieures aux seuils fixés dans la loi.

La Commission d'accès aux documents administratifs

En cas de refus de l'exploitant de communication d'un document, le demandeur peut saisir la Commission d'accès aux documents administratifs (CADA), autorité administrative indépendante. Si l'avis de la CADA n'est pas suivi, le litige peut être porté devant la juridiction administrative, qui statuera sur la communicabilité de l'information en cause. L'ASN est particulièrement attentive à l'application de ce droit à l'information, dans le respect de la protection des intérêts prévue par la loi. La communication de l'information demandée ne doit notamment pas porter atteinte au secret de la défense nationale, à la sûreté de l'État, à la sécurité publique, à la recherche et à la prévention par les services compétents d'infractions de toute nature ou au secret des affaires qui comprend le secret des procédés, des informations économiques et financières et des stratégies commerciales ou industrielles.

2.2 L'information donnée aux riverains d'installations nucléaires de base

L'article L. 125-16-1 du code de l'environnement institue une obligation d'information régulière des riverains d'une INB (personnes domiciliées ou établies dans le périmètre d'un plan particulier d'intervention – PPI) sur la nature des risques d'accident liés à cette installation, sur les conséquences envisagées de tels accidents, sur les dispositions de sécurité prévues et sur la conduite à tenir en cas d'accident. Cette information est assurée aux frais de l'exploitant.

2.3 La consultation du public sur les projets d'avis, de guides, de décisions

L'article 7 de la Charte de l'environnement consacre le droit, pour toute personne, de participer à l'élaboration des décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement. La loi française prévoit en conséquence un certain nombre de dispositifs de participation du public (enquêtes publiques ou consultations par voie électronique).

À ce titre, un grand nombre de projets de textes (décisions réglementaires ou individuelles) soumis à avis de l'ASN, ou élaborés par elle, font l'objet d'une participation du public. En outre, l'ASN a développé une politique favorable à la participation du public, et consulte également le public sur certains projets d'avis ou de guides.

2.3.1 Consultation du public sur les projets de décisions réglementaires

L'article L. 123-19-1 du code de l'environnement prévoit une procédure de consultation par Internet du public sur les projets de décisions autres que les décisions individuelles ayant une incidence sur l'environnement. L'ASN a décidé d'en faire une application large. Ainsi, tous les projets de décisions réglementaires de l'ASN relatives aux INB – y compris celles afférentes aux équipements sous pression nucléaires – sont soumis à la participation du public. La même approche est retenue pour les décisions réglementaires relatives au transport de substances radioactives prises par l'ASN.

Les décisions réglementaires de l'ASN en matière de radioprotection sont également soumises à la participation du public lorsqu'elles portent sur des activités ayant des rejets significatifs dans l'environnement, produisant une quantité significative de déchets, pouvant être à l'origine de nuisances importantes pour le voisinage ou représentant un risque pour les riverains et les milieux environnants en cas d'accident.

Enfin, l'ASN applique cette même procédure à certains projets de guides et certains projets d'avis, bien qu'ils ne constituent pas des « décisions » au sens de l'article L. 123-19-1. Au cours de l'année 2024, deux consultations ont porté sur des projets de décisions réglementaires.

Consultations, mode d'emploi

La procédure de participation du public consiste, pour les décisions réglementaires, en une mise à disposition du projet de décision sur le site Internet de l'ASN (accessible *via asnr.fr* depuis le 1er janvier 2025) pendant au moins 21 jours afin de recueillir les commentaires.

Une synthèse des observations reçues précisant comment il en a été tenu compte et un document exposant les motifs de la décision sont publiés sur *asn.fr* au plus tard à la date de publication de la décision.

La liste indicative des consultations programmées sur les projets de décisions réglementaires et de guides ayant une incidence sur l'environnement est mise à jour tous les trois mois sur *asn.fr*.

Pour les décisions individuelles :
- c'est le dossier de demande qui est mis à disposition du public si la décision est prise sur demande ;
- le délai minimum de mise à consultation est de 15 jours.



4e réexamen périodique des réacteurs nucléaires de 1 300 MWe : 9 mois de concertation

La concertation préalable à la décision à venir de l'ASNR sur les conditions du 4e réexamen des réacteurs nucléaires de 1 300 MWe a débuté en janvier 2024. Organisée à l'initiative du HCTISN, cette concertation volontaire s'est achevée en septembre 2024. Son objectif était d'informer le public sur le processus et les enjeux du 4e réexamen périodique des 20 réacteurs nucléaires en fonctionnement, et de recueillir les questionnements des citoyens sur les conditions de la poursuite de fonctionnement de ces réacteurs.

Comme ce fut le cas pour les réacteurs de 900 MWe, une plateforme numérique a d'abord été ouverte dès l'automne 2023. Le site *concertation.suretenucleaire.fr* donne accès à la documentation utile (celle de l'exploitant, de l'IRSN et de l'ASN) et offre aux internautes la possibilité de poser des questions et de formuler des avis sur le sujet. Plus de 300 contributions ont ainsi été déposées par des internautes sur les thèmes en lien avec le 4e réexamen ou, plus largement, sur la poursuite de fonctionnement des réacteurs nucléaires.

La plateforme a également permis d'identifier, au moyen d'un sondage en ligne, les thématiques les plus importantes aux yeux du public, pour que les différents acteurs s'en emparent et répondent dans le cadre de webinaires. Cinq sessions d'échanges sous cette forme ont ainsi permis de répondre aux questionnements du public sur la sécurité des installations, sur les conséquences pour les installations du changement climatique ou sur les phénomènes de vieillissement des composants des centrales.

En parallèle de ces modalités d'échanges à distance, le Haut Comité a piloté plusieurs rencontres avec le public : huit réunions ont ainsi eu lieu autour des centrales concernées par les réexamens, auxquelles s'ajoutent trois ateliers réalisés près du site nucléaire de Saint-Alban. À Cattenom, Belleville-sur-Loire ou Golfech par exemple, organisées avec l'appui des CLI et de l'Anccli, ces réunions ont rassemblé près d'une centaine de personnes et permis aux riverains, aux élus, aux membres d'associations de poser leurs questions à EDF, à l'ASN et à l'IRSN. Deux garants, choisis sur la liste de la Commission nationale du débat publique (CNDP), étaient mandatés par le Haut Comité pour s'assurer que l'information était claire et intelligible.

La concertation s'est achevée le 30 septembre ; ses enseignements, ainsi que les commentaires du public qui seront recueillis entre mai et juin 2025 sur son projet de décision, seront pris en compte par l'ASNR dans sa décision sur les conditions du 4e réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe, attendue à l'été 2025.

Pour les décisions réglementaires relatives à la radioprotection, la consultation peut être effectuée sur le fondement de l'article R*. 132-10 du code des relations entre le public et l'administration quand ces décisions n'entrent pas dans le cadre de l'article L. 123-19-1 du code de l'environnement.

2.3.2 Consultation du public sur les projets de décisions individuelles

Les décisions individuelles[2] en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection peuvent faire l'objet de plusieurs procédures de consultation du public présentées ci-dessous.

L'enquête publique

En application du code de l'environnement, les demandes d'autorisation de création et les dossiers de démantèlement d'une INB font l'objet d'une enquête publique[3]. Le dossier soumis à enquête publique comporte notamment l'étude d'impact et l'étude de maîtrise des risques. Celle-ci présente, sous une forme accessible, l'inventaire des risques du projet d'installation et l'analyse des dispositions prises pour les prévenir. Cette étude comprend également un résumé non technique destiné à faciliter la prise de connaissance par le public des informations qu'elle contient.

Depuis 2017, le dossier d'enquête publique est consultable en ligne pendant toute la durée de l'enquête et mis à disposition sur support papier dans un ou plusieurs lieux déterminés dès l'ouverture de l'enquête. Le rapport préliminaire de sûreté (document plus technique) ne figure pas dans le dossier d'enquête publique, mais peut être consulté pendant toute la durée de cette dernière, selon les modalités fixées par l'arrêté organisant l'enquête.

L'article L. 593-19 du code de l'environnement soumet à enquête publique le rapport de réexamen transmis par l'exploitant lors des réexamens au-delà de la 35e année de fonctionnement d'un réacteur électronucléaire. Ce dispositif est particulier dans la mesure où l'enquête publique ne porte pas, dans ce cas, sur un projet soumis à autorisation de l'administration, mais sur un rapport de réexamen établi par l'exploitant. Les articles R. 593-62-2 à R. 593-62-9 du code de l'environnement fixent les modalités nécessaires à la mise en œuvre de cette enquête publique, notamment pour favoriser l'effectivité de la participation du public en lui permettant d'apprécier les améliorations de sûreté déjà mises en œuvre et prévues par l'exploitant dans le cadre de la poursuite de fonctionnement de son installation. L'ASN doit tenir compte des résultats de cette enquête publique dans la décision qu'elle peut être alors amenée à prendre pour fixer des prescriptions complémentaires.

La mise à disposition des projets sur *asn.fr*

Les décisions individuelles non soumises à enquête publique et susceptibles d'avoir un effet significatif sur l'environnement (comme les projets de décisions relatifs aux prélèvements d'eau ou de rejets) font l'objet d'une consultation par voie électronique en application de l'article L. 123-19-2 du code de l'environnement. Dans le cas de l'application du III de l'article L. 122-1-1 du code de l'environnement, certaines décisions de mise en service d'INB font l'objet d'une participation du public par voie électronique prévue à l'article L. 123-19 du même code. Au cours de l'année 2024, 82 consultations ont porté sur des projets de décisions individuelles.

Le dispositif de consultation par voie électronique reste disponible en 2025 sur *asnr.fr*.

2. *Décisions qui s'appliquent à un exploitant pour une installation donnée.*
3. *En application des dispositions de l'article L. 593-8 ou L. 593-28 du code de l'environnement.*

2.3.3 Consultation d'instances particulières

Les procédures d'autorisation des INB prévoient également de recueillir l'avis de l'autorité environnementale et des collectivités territoriales et de leurs groupements intéressés par le projet, ainsi que de la CLI (*voir point 2.4.3*). Les CLI ont en outre la possibilité d'être entendues par le collège de l'ASN, avant que ce dernier ne rende son avis sur des projets de décrets, par exemple le projet de décret d'autorisation qui lui est soumis par le ministre chargé de la sûreté nucléaire.

La CLI est consultée sur les projets de prescriptions de l'ASN relatives aux prélèvements d'eau, aux rejets d'effluents dans le milieu ambiant et à la prévention ou à la limitation des nuisances de l'installation pour le public et l'environnement. Le préfet transmet, pour information, le projet de prescriptions et le rapport de présentation au Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques (Coderst).

Il peut également solliciter l'avis de ce conseil sur le projet de prescriptions.

2.3.4 Consultation : pour une participation toujours plus large et riche des publics

L'ASN veille à ce que ces consultations permettent au public et aux associations intéressées d'apporter leur contribution, notamment en s'assurant de la qualité des dossiers présentés par les exploitants et en cherchant à renforcer les moyens dont disposent les CLI pour émettre un avis sur ces dossiers.

Les technologies numériques et les usages de participation citoyenne amènent l'ASN à faire évoluer le cadre de la consultation du public afin de permettre une participation efficace de celui-ci dans les processus de décision.

2.4 Les acteurs en matière d'information

2.4.1 Le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire

Le HCTISN, créé par la loi TSN, est une instance d'information, de concertation et de débat sur les activités nucléaires, leur sûreté et leurs effets sur la santé des personnes et sur l'environnement.

Il peut se saisir de toute question relative à l'accessibilité de l'information en matière de sécurité nucléaire et proposer toute mesure de nature à garantir ou à améliorer la transparence.

Le HCTISN élabore et rend publics des avis. Il organise quatre réunions plénières par an au cours desquelles les sujets majeurs d'actualité sont présentés et discutés : l'ensemble des présentations est accessible sur *hctisn.fr*. Le président de l'ASN est membre du Haut Comité, l'ASN siège au bureau du HCTISN avec un rôle consultatif, participe à ses différents groupes de travail et apporte régulièrement des éléments d'information sur les sujets à l'ordre du jour des plénières.

En 2024, les deux groupes du HCTISN, l'un consacré à la concertation relative au 4e réexamen périodique des réacteurs électronucléaires de 900 et 1 300 MWe, le second consacré à la concertation dans le cadre du projet Cigéo, ont poursuivi leurs travaux.

2.4.2 L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

L'IRSN met en œuvre une politique d'information en cohérence avec le contrat d'objectifs et de performance signé avec l'État.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (dite « loi TECV ») a imposé à l'IRSN de rendre publics les avis qu'il remet aux autorités qui l'ont saisi. Ainsi, depuis mars 2016, l'IRSN publie bimensuellement sur son site Internet tous ses avis émis sur saisine de l'ASN. Ces avis constituent la synthèse de l'expertise réalisée par l'Institut en réponse à la demande de l'ASN.

Sur les sujets suscitant des interrogations du public ou des acteurs publics, l'ASN et l'IRSN veillent à une bonne coordination des prises de parole, afin de garantir une information cohérente, claire et consistante. Les deux organismes sont réunis au sein de l'ASNR depuis le 1er janvier 2025.

2.4.3 Les commissions locales d'information ou de suivi

Les CLI ont une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection. Elles analysent les effets des activités nucléaires sur les personnes et l'environnement des installations autour desquelles elles sont établies[4].

L'ASN considère que le bon fonctionnement des CLI contribue à la sûreté et entretient avec elles un dialogue de qualité. Elle veille à assurer une information des CLI la plus complète possible, y compris en participant à leurs réunions publiques. En partenariat avec l'Anccli (*voir point 2.4.4*), l'ASN favorise le fonctionnement en réseau des chargés de mission des CLI et dote les CLI des outils et de l'accompagnement nécessaires pour assurer une bonne information des publics non spécialisés. À leur demande, les CLI ont été accompagnées par l'ASN : sur les sujets techniques, par des inspecteurs, et sur les problématiques

Concertation dans le cadre de la procédure d'instruction du projet Cigéo

Afin de répondre aux attentes de participation de la société au projet Cigéo, et en cohérence avec les actions prévues à ce titre par le 5e PNGMDR, l'ASN a mis en œuvre un dispositif inédit de concertation autour du processus d'instruction technique. Ainsi, différentes parties prenantes (une vingtaine d'organisations, dont des CLI, l'Anccli et des associations de protection de l'environnement) ont été consultées dans le cadre de l'élaboration de la saisine de l'IRSN sur la demande d'autorisation de création de Cigéo, avec pour objectif de recenser leurs attentes et préoccupations, en relation avec la sûreté nucléaire et la radioprotection, afin de les prendre en compte dans le cadrage de l'expertise du dossier. À l'issue de cet exercice, le projet de saisine de l'IRSN a été modifié, afin d'intégrer, par exemple, les aspects relatifs à la prise en compte du changement climatique.

Pour assurer la continuité de la participation de la société tout au long du processus d'instruction technique, des actions de concertation sont également mises en œuvre à l'occasion de l'élaboration des saisines des groupes permanents d'experts (GPE) sur les trois thèmes cités précédemment, et une information régulière du public est assurée, notamment à l'issue de chaque réunion de ces groupes d'experts. Cette information permettra d'apporter des éléments de réponse aux attentes et questions qui y auront été intégrées.

Dans la continuité de ce dispositif, l'ASNR organisera une action de concertation autour de l'élaboration de la saisine du GPE en vue de sa troisième réunion, prévue mi-2025.

4. Le cadre de fonctionnement des CLI est défini par les articles L. 125-17 à L. 125-33 du code de l'environnement et par le décret n° 2008-251 du 12 mars 2008 relatif aux CLI auprès des INB, et par décret n° 2019-190 du 14 mars 2019 codifiant les dispositions applicables aux INB, au transport de substances radioactives et à la transparence en matière nucléaire.

Répondre aux attentes des riverains de centrales nucléaires en matière d'information

En 2024, l'ASN et l'Anccli ont réalisé une enquête qualitative avec l'institut de sondage Verian sur les attentes des riverains de centrales nucléaires en matière d'information. Les enseignements de cette étude montrent que si les riverains se sentent peu informés sur la centrale, ils manifestent en retour peu d'intérêt pour l'être davantage. Quatre facteurs semblent l'expliquer : la mise à distance du risque, un sujet jugé trop complexe, une information disponible mais dont les formats et contenus ne semblent pas adaptés aux usages et besoins des riverains, un écosystème d'acteurs du nucléaire méconnu et complexe. Plusieurs leviers d'actions sont identifiés tels que l'élaboration d'une communication simple et répétée sur la conduite à tenir en cas d'alerte, la transmission d'information personnalisée et le développement de la communication avec les municipalités.

de diffusion de l'information, par des responsables de communication. L'exposition ASN-IRSN est régulièrement mise à la disposition des CLI.

Les inspecteurs de l'ASN proposent régulièrement aux représentants des CLI de participer à des inspections[5]. Ils incitent les exploitants d'INB à faciliter l'accès des CLI aux dossiers des procédures dans lesquelles l'avis de la CLI sera requis, et favorisent l'association des CLI à la préparation des exercices de crise.

L'ASN considère que le développement d'une offre diversifiée d'expertise dans le domaine nucléaire est indispensable pour que les CLI puissent fonder leurs avis sur des expertises distinctes de celles réalisées pour le compte de l'exploitant ou de l'ASN. Avec son groupe d'experts scientifiques, l'Anccli appuie et soutient les CLI.

Certaines CLI s'adjoignent les compétences de prestataires extérieurs qui les conseillent sur les dossiers techniques sur lesquels elles souhaitent prendre position.

Les CLI et l'information des publics

Les CLI organisent des réunions plénières et mettent en place des commissions spécialisées. La loi TECV dispose que chaque CLI tienne au moins une réunion ouverte au public chaque année.

L'ASN favorise les échanges de bonnes pratiques afin de faire de ces réunions publiques des temps d'échanges riches et des occasions de contribuer à la bonne information de la population.

La plupart des CLI disposent d'un site Internet ou de pages sur le site de la collectivité qui les soutient ; une vingtaine d'entre elles éditent une lettre d'information (parfois sous la forme d'encarts dans le bulletin d'une collectivité).

La 36e conférence des CLI

La 36e conférence des CLI a rassemblé plus de 150 participants, le 8 octobre 2024, à Montrouge, à l'initiative de l'ASN et en partenariat avec l'Anccli.

La matinée a été consacrée à des sujets d'actualité : le partenariat ASNR – CLI/Anccli pour développer la culture de radioprotection, le bilan de la concertation du 4e réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe et la distribution préventive de comprimés d'iode stable.

Les travaux de l'après-midi ont été ouverts sur les défis en matière d'information des riverains de centrales nucléaires. Après une présentation à deux voix (ASN et Anccli) des enseignements d'une enquête d'opinion sur la perception du nucléaire, les intervenants du Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), de l'ASN et du Secrétariat permanent pour la prévention des pollutions industrielles de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ont dressé des pistes pour susciter l'engagement dans les territoires.

La seconde table ronde a exploré les leviers pour associer les parties prenantes : au débat public avec les témoignages de la CNDP et d'un participant à la convention citoyenne pour le climat ; à la construction du plan hivernal du médicament avec l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) ; et enfin à l'expertise et à la recherche avec les établissements publics signataires de la charte d'ouverture à la société.

La conférence a été illustrée par un facilitateur graphique, afin de favoriser le partage des échanges au sein des CLI.

2.4.4 L'Association nationale des comités et commissions locales d'information

L'article L. 125-32 du code de l'environnement prévoit la constitution d'une association des CLI (*voir point 2.4.3*) et le décret du 12 mars 2008 précise les missions de cette fédération.

L'Anccli regroupe les 35 CLI françaises, ainsi que les 34 comités instaurés auprès des installations intéressant la défense. Elle dispose d'un comité scientifique et a mis en place cinq groupes permanents thématiques (« Matières et déchets radioactifs », « Post-accident – territoires », « Sûreté », « Démantèlement », « Santé »). Elle est également fortement impliquée dans les instances de dialogue et d'échange mises en place par ses partenaires (HCTISN, ASN, IRSN, etc.).

Partenariat avec l'ASN

L'Anccli participe à différents groupes permanents d'experts ou groupes de travail occasionnels mis en place par l'ASN sur des thèmes tels que la surveillance de l'environnement, les déchets, le post-accident, les facteurs sociaux, organisationnels et humains. Cette présence de l'Anccli permet d'y apporter le point de vue de la société civile.

L'Anccli entretient un dialogue technique avec l'ASN et l'IRSN sur les sujets à fort enjeu et participe aux consultations publiques sur les questions nucléaires. En 2024, l'ASN a co-organisé avec l'Anccli trois webinaires pour répondre aux questions des CLI sur les « contrefaçons, falsifications et suspicions de fraude dans les installations nucléaires » (juin), sur « les petits réacteurs modulaires » (septembre), et pour éclairer les enjeux du « 5e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe » lors du lancement de la consultation du public (octobre) sur le projet de position de l'ASN sur les orientations d'EDF pour la phase générique.

Chaque année, l'ASN organise en coopération avec l'Anccli la Conférence nationale des CLI.

Les commissaires de l'ASN rencontrent annuellement les membres du conseil d'administration de l'Anccli et l'ASN est invitée à participer à l'assemblée générale de l'Anccli. Ces divers échanges ont permis, au fil du temps, de nouer des relations de confiance et de partenariat entre l'Anccli et l'ASN, au-delà de la convention pluriannuelle qui lie les deux institutions.

L'activité de l'Anccli

L'Anccli anime le réseau des CLI qu'elle représente. En diffusant une veille régulière, des éléments de compréhension et des informations vulgarisées à destination du grand public, l'Anccli contribue à donner aux CLI les moyens d'assurer leurs missions d'information. À l'écoute des CLI et en relation avec des sources d'expertise diversifiées, l'association conduit des réflexions nationales sur les questions de sûreté nucléaire et répercute largement le fruit de ces travaux (positions de l'Anccli) tant dans les instances nationales ou européennes qu'auprès des élus locaux et publics des CLI.

5. *Dans le cadre actuel, seuls les inspecteurs de l'ASN et les experts qui les accompagnent ont un droit d'accès aux installations opposable à l'exploitant. L'accord de ce dernier est donc nécessaire pour la participation d'observateurs des CLI lors des inspections.*

06

Les relations internationales

Sommaire

1 **Les objectifs de l'ASN en matière de relations internationales** p. 199

2 **Le cadre européen des relations internationales de l'ASN** p. 200

2.1 Le traité Euratom et ses groupes de travail

2.2 La directive européenne Euratom sur la sûreté des installations nucléaires

2.3 La directive européenne Euratom sur la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs

2.4 La directive européenne Euratom sur les normes de base en radioprotection

2.5 Le groupement européen des autorités de sûreté nucléaire (ENSREG)

2.6 Le système européen d'échange d'informations en cas d'urgence radiologique (ECURIE)

2.7 L'Association des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (WENRA)

2.8 L'Association des responsables des autorités européennes compétentes en radioprotection (HERCA)

2.9 Les programmes d'assistance de la Commission européenne

3 **Le cadre multilatéral des relations internationales de l'ASN** p. 203

3.1 L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

3.2 L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN)

3.3 L'Association internationale des autorités de sûreté nucléaire (INRA)

4 **Les conventions internationales** p. 205

4.1 La Convention sur la sûreté nucléaire

4.2 La Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs

4.3 La Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire

4.4 La Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique

5 **Le cadre bilatéral des relations internationales de l'ASN** p. 206

5.1 La coopération bilatérale entre l'ASN et ses homologues étrangers

5.2 Les actions d'assistance de l'ASN dans un cadre bilatéral

6 **Perspectives** p. 209



L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) s'attache, dans le cadre de coopérations bilatérales, européennes et multilatérales auxquelles elle participe, à promouvoir l'établissement de référentiels internationaux ambitieux. Par ailleurs, l'ASN veille, dans ce cadre, à faire connaître les positions et doctrines françaises, et à tirer parti des meilleures pratiques internationales pour faire progresser la sûreté nucléaire et la radioprotection en France et dans le monde.

L'ASN propose par ailleurs au Gouvernement les positions françaises dans les négociations internationales relevant de son domaine de compétences, et représente la France dans les instances internationales et communautaires du domaine.

1 — Les objectifs de l'ASN en matière de relations internationales

Le domaine international constitue un enjeu stratégique auquel l'ASN consacre une attention et des ressources particulières. L'action de l'ASN dans ce domaine vise à l'amélioration continue de la sûreté, en se fondant sur l'évolution des connaissances et le partage des pratiques, notamment en matière de contrôle. Cette action vise également à une harmonisation ambitieuse des exigences internationales en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Dans un contexte international en forte évolution et qui présente, dans le domaine du nucléaire, de nouveaux enjeux, les axes stratégiques de l'ASN sont d'une part d'influer sur l'élaboration des standards et des pratiques à l'international et d'autre part, de tirer le meilleur parti des retours d'expérience et des collaborations internationales. Les objectifs de l'ASN s'articulent ainsi autour de quatre axes :
- promouvoir l'établissement de référentiels internationaux ambitieux ;
- faire connaître les positions et la réglementation française et européenne à ses homologues ;
- susciter des travaux à l'échelle internationale sur les enjeux techniques prioritaires identifiés par l'ASN ;
- bénéficier des meilleures pratiques internationales pour faire progresser la sûreté nucléaire et la radioprotection en France.

Pour atteindre ces objectifs, l'ASN entretient des relations bilatérales suivies avec de nombreux pays. Elle participe également à de nombreux échanges multilatéraux au sein d'instances et d'organisations aux statuts variés, que ce soit au plan européen avec le Groupement européen des autorités de sûreté nucléaire (*European Nuclear Safety Regulators Group* – ENSREG), l'Association des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (*Western European Nuclear Regulators Association* – WENRA) et l'Association des responsables des autorités européennes compétentes en radioprotection (*Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities* – HERCA) ou au plan international avec en particulier l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

À travers ses relations bilatérales, l'ASN a des échanges réguliers et nourris avec ses homologues sur des sujets d'actualité ou sur des points particuliers de la réglementation ou du contrôle.

Ces échanges sont l'occasion pour l'ASN de partager son expérience et de comparer ses positions et ses pratiques. Ils nourrissent d'un éclairage extérieur les prises de position, les questions techniques ou d'acceptabilité sociétale et permettent d'alimenter les débats nationaux et de consolider les décisions. Ils permettent également à l'ASN d'être directement informée de la situation de la sûreté nucléaire et de la radioprotection dans les autres pays. À ce titre, les relations qu'entretient l'ASN avec ses homologues des pays limitrophes présentent un intérêt particulier. Ces échanges sont en outre essentiels dans la gestion des situations d'urgence radiologiques.

L'Europe constitue l'un des axes prioritaires de l'action internationale de l'ASN. Son objectif est de contribuer à la mutualisation, l'harmonisation et l'amélioration de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. L'ASN partage sa vision des enjeux prioritaires, confronte ses analyses et échange sur les pratiques de ses homologues en matière de contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Son ambition est de contribuer à établir, au plan européen, un haut niveau d'exigence dans ce domaine, pouvant s'appuyer sur des référentiels et doctrines harmonisés, établis de manière concertée.

L'ASN veille également à développer le partage des bonnes pratiques et de la réglementation française de la sûreté nucléaire et de la radioprotection au-delà de l'Europe. À ce titre, elle s'attache à ce que la doctrine européenne, qui promeut les plus hauts niveaux d'exigence, constitue à l'échelle mondiale une référence, notamment pour les pays porteurs de nouveaux modèles de réacteur et les pays accédant à l'énergie nucléaire. Ces échanges internationaux, qui s'inscrivent dans des cercles variés, permettent également à l'ASN de bénéficier des meilleures pratiques et de l'expérience internationale, contribuant ainsi au progrès de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France.

Ainsi, l'ASN œuvre à trois niveaux de coopération à l'international. Elle veille à maintenir une présence constante et équilibrée au sein de chacun d'entre eux, considérant que chacun est spécifique et que leur complémentarité contribue à l'objectif visé d'harmonisation et d'amélioration continue de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

2 — Le cadre européen des relations internationales de l'ASN

L'harmonisation européenne des principes et des normes en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection a toujours été une priorité pour l'ASN. Dans ce contexte, l'ASN participe activement aux échanges entre autorités nationales de sûreté et de radioprotection des États membres.

2.1 Le traité Euratom et ses groupes de travail

Signé le 25 mars 1957, le traité instituant la Communauté européenne de l'énergie atomique (Euratom) constitue la source primaire du droit dans le domaine. Il a permis le développement harmonisé de dispositions permettant un contrôle rigoureux de la sûreté et de la sécurité nucléaires et de la radioprotection. En 2002, la Cour de Justice de l'Union européenne (UE) a reconnu, par sa jurisprudence C-29/99, que la Communauté Euratom partageait des compétences avec les États membres dans le domaine de la sûreté nucléaire, au-delà même des seuls domaines de la radioprotection et de l'information sur les situations d'urgence.

Des experts de l'ASN participent aux travaux des comités et des groupes de travail du traité Euratom dans les domaines suivants :
- normes de base en radioprotection (article 31) ;
- vérification et suivi de la radioactivité dans l'environnement (article 35) ;
- renseignements concernant le contrôle de la radioactivité dans l'environnement (article 36) ;
- notifications relatives aux rejets d'effluents radioactifs (article 37).

Le groupe d'experts de l'article 31 s'est réuni à deux reprises en juin et novembre 2024. Il a été informé et consulté sur les travaux de la Commission européenne (CE) portant, notamment, sur :
- la stratégie SAMIRA (*Strategic Agenda for Medical Ionising Radiation Application*) et, en particulier, les projets EU-JUST-CT avec la publication du RP 205 (Guide *Radiation Protection* n° 205 de la CE), SIMPLERAD (étude sur la mise en œuvre des bases juridiques d'Euratom et de l'UE en ce qui concerne les utilisations thérapeutiques des produits radiopharmaceutiques), MARLIN (Harmonisation des systèmes d'apprentissage des incidents pour une sécurité accrue des patients en radiologie), *Equipment Study* (exigences applicables aux équipements médicaux en matière de surveillance et de contrôle de l'exposition des patients aux rayonnements ionisants) ;
- le rapport élaboré sur les contrôles effectués sur les obligations liées aux sources radioactives ;
- les travaux de la CE sur les matériaux de construction.

Le groupe d'experts a par ailleurs rendu un avis sur les audits cliniques par les pairs sur la base duquel la Commission a publié des recommandations en avril 2024 (2024/1112/Euratom). La Commission a également publié des recommandations sur les coefficients de dose radon (2024/440/Euratom du 2 février 2024) sur la base d'un avis du groupe d'experts consulté en 2023.

Le groupe d'experts a, d'autre part, organisé un atelier en novembre 2024 sur la mise en œuvre pratique des nouveaux coefficients radon où la France a pu faire part de son expérience.

En outre, un séminaire scientifique a été organisé en novembre 2024 pour faire le point sur les avancées et les expériences en matière de justification, d'optimisation, de mise en œuvre et d'évaluation du dépistage sanitaire utilisant les rayonnements ionisants. L'ASN a pu y présenter ses travaux sur la mammographie numérique et sur la place de la tomosynthèse dans le dépistage du cancer du sein.

2.2 La directive européenne Euratom sur la sûreté des installations nucléaires

La directive 2009/71/Euratom du Conseil du 25 juin 2009, révisée en 2014 à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon), établit un cadre communautaire afin d'assurer la sûreté nucléaire au sein de la Communauté européenne de l'énergie atomique et d'encourager les États membres à garantir un niveau élevé de sûreté nucléaire (voir rubrique « Réglementer » sur *asn.fr*).

Elle prévoit notamment des pouvoirs et une autonomie accrus pour les autorités nationales de sûreté, renforce les exigences en matière de transparence, fixe un objectif de sûreté ambitieux pour tous les États membres (issu des référentiels de sûreté produits par WENRA), établit un système européen d'examen par les pairs sur des thématiques de sûreté et requiert des réévaluations de sûreté tous les dix ans. Elle renforce, en outre, les dispositions concernant l'éducation et la formation.

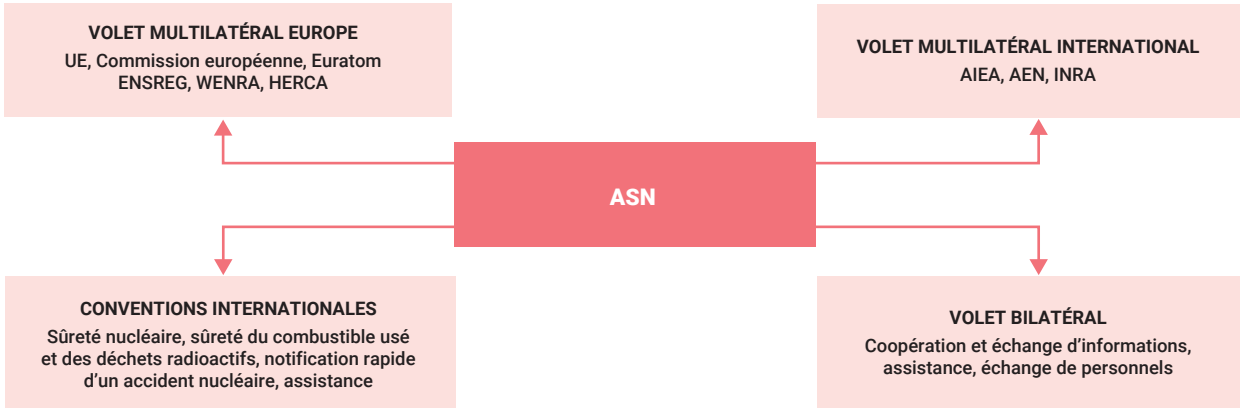
Cette directive est transposée en droit français.

Il est à noter que la législation européenne n'inscrit pas juridiquement l'indépendance institutionnelle des autorités de sûreté.

2.3 La directive européenne Euratom sur la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs

Le 19 juillet 2011, le Conseil de l'UE a adopté une directive établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs (directive 2011/70/Euratom). L'adoption de cette directive contribue au renforcement de la sûreté nucléaire au sein de l'UE, en responsabilisant les États membres à l'égard de la

L'action de l'ASN sur la scène internationale



gestion de leurs combustibles usés et de leurs déchets radioactifs.

Cette directive est juridiquement contraignante et couvre tous les aspects de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs, depuis leur production jusqu'à leur stockage à long terme.

Elle rappelle la responsabilité première des producteurs et la responsabilité, en dernier ressort, de chaque État membre, d'assurer la gestion des déchets produits sur son territoire, en veillant à prendre les dispositions nécessaires pour garantir un niveau élevé de sûreté et pour protéger les travailleurs et le public des dangers des rayonnements ionisants.

Elle définit clairement les obligations relatives à la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs et impose à chaque État membre de se doter d'un cadre juridique relatif aux questions de sûreté, prévoyant l'instauration :
• d'une autorité de contrôle compétente et bénéficiant d'un statut qui garantisse son indépendance vis-à-vis des producteurs de déchets ;
• de procédures d'autorisation impliquant des demandes d'autorisation instruites sur la base de démonstrations de sûreté des exploitants.

La directive encadre l'élaboration des politiques nationales de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs que chaque État membre doit mettre en œuvre. Elle prescrit notamment que chaque État membre doit être doté d'un cadre législatif et réglementaire visant à mettre en place des programmes nationaux de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs.

La directive comprend également des dispositions sur la transparence et la participation du public, les ressources financières pour la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs, la formation, ainsi que des obligations d'autoévaluation et d'examen régulier par les pairs du cadre national et de l'autorité de réglementation compétente. Ces aspects constituent des avancées majeures pour renforcer le caractère sûr et responsable de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs dans l'UE. La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte de 2015 et l'ordonnance du 10 février 2016 ont permis d'assurer la transposition de la directive en droit français.

2.4 La directive européenne Euratom sur les normes de base en radioprotection

La directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013 sur les normes de base en radioprotection s'applique à la justification, l'optimisation et la limitation des doses, au contrôle réglementaire, à la préparation aux situations d'urgence, à la formation et à d'autres domaines connexes (par exemple, le risque associé au radon, les substances radioactives d'origine naturelle et les matériaux de construction). Les modifications apportées en 2016 et 2018 aux codes de la défense, de l'environnement, de la santé publique et du travail ont permis d'assurer sa transposition en droit français.

2.5 Le groupement européen des autorités de sûreté nucléaire (ENSREG)

Créé en 2008, l'ENSREG (*European Nuclear Safety Regulators Group*), qui rassemble des experts délégués par les pays membres de l'UE, a pour vocation de soutenir la CE dans ses initiatives en matière de législation dans le domaine de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

L'ENSREG a ainsi fait émerger un consensus politique dans l'élaboration des directives européennes en matière de sûreté nucléaire et de gestion du combustible usé et des déchets. L'ENSREG a également participé au processus d'élaboration de la révision de la directive sur la sûreté nucléaire dans le prolongement de la réflexion menée après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima.

Trois groupes de travail, consacrés respectivement à la sûreté des installations nucléaires et la coopération internationale (WG1), à la sûreté de la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé (WG2) et à la transparence dans le domaine nucléaire (WG3), structurent l'activité de l'ENSREG. L'ASN contribue aux travaux et réflexions de chacun d'entre eux.

L'ENSREG organise, conformément à la directive sûreté de 2014, des examens thématiques par les pairs européens. Le premier de ces exercices, qui a débuté en 2017, a porté sur la maîtrise du vieillissement des réacteurs nucléaires et s'est achevé, pour ce qui concerne la France, avec la publication du rapport de clôture en 2021.

Les travaux relatifs au deuxième examen thématique par les pairs concernant la protection des installations nucléaires contre le risque lié à l'incendie se sont poursuivis en 2024 avec la revue par les pairs des rapports d'évaluation nationaux, dont celui de la France. Deux séminaires, organisés au Luxembourg, ont permis d'échanger sur les bonnes pratiques et d'identifier les axes d'amélioration de chaque pays. L'évaluation par les pairs se conclura en 2025 par la rédaction de rapports (*Summary Report* et *Country Review Report*) qui permettront à chaque pays d'élaborer son plan d'action national.

2.6 Le système européen d'échange d'informations en cas d'urgence radiologique (ECURIE)

ECURIE (*European Community Urgent Radiological Information Exchange*) est l'un des systèmes d'action rapide mis en place par la CE, qui dispose d'un réseau d'échange d'informations permettant de recevoir et de déclencher une alerte, et de faire ainsi circuler rapidement les informations au sein de l'UE en cas de situation d'urgence radiologique.

Ce système a été mis en place par une décision du Conseil de l'UE du 14 décembre 1987 à la suite, notamment, de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl (Ukraine) en 1986. Cette décision a été ratifiée par l'ensemble des États membres de l'UE, ainsi que par certains pays tiers tels que la Suisse et la Turquie. Dans ce cadre, l'ASN participe aux exercices que la CE organise appelés « ECUREX ». En 2024, l'ASN a participé à un exercice de ce type (*voir chapitre 4*).

2.7 L'Association des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (WENRA)

Créée en 1999 à l'initiative de l'ASN, WENRA (*Western European Nuclear Regulators' Association*) regroupe actuellement, à titre de membres, les 19 chefs des autorités de sûreté nucléaire des pays européens qui ont une expérience en matière de réacteurs de production d'électricité. Elle s'est ouverte à 13 autres pays qui ont le statut de membre associé (3 autorités) ou d'observateur (10 autorités).

Après avoir été présidée entre 2019 et 2023 par Olivier Gupta, directeur général de l'ASN, WENRA est désormais présidée par Mark Foy, directeur général et inspecteur nucléaire en chef de l'ONR (*Office for Nuclear Regulation*), l'Autorité de sûreté nucléaire du Royaume-Uni.

Considérant que les autorités de sûreté nationales, compte tenu de leur expérience et de leur connaissance pratique des installations, sont mieux à même que la CE de fixer les règles techniques applicables aux installations nucléaires en Europe, WENRA s'est fixée comme mission principale d'harmoniser de façon volontaire les réglementations nationales de ses membres, en visant le plus haut niveau de sûreté raisonnablement possible. Pour y parvenir, WENRA a défini, par thème technique, des « niveaux de référence de sûreté » reposant sur les normes les plus récentes de l'AIEA en matière de sûreté. Les membres de WENRA examinent ensuite, sous le contrôle de leurs pairs, si ces niveaux de référence sont bien inclus dans la réglementation de leur pays, et la modifient si ce n'est pas le cas. Des travaux ont aussi été engagés pour comparer les modalités de mise en œuvre concrète de ces niveaux de référence sur les installations nucléaires. Cette démarche d'harmonisation, conduite sur une base volontaire, est unique au plan international et constitue l'une des spécificités de WENRA au sein des organisations internationales.



Réunion plénière de WENRA à Varsovie (Pologne) – novembre 2024

WENRA s'appuie pour conduire ses travaux sur trois groupes de travail, chacun compétent dans un domaine de la sûreté nucléaire :
• le groupe de travail sur l'harmonisation de la sûreté des réacteurs (*Reactor Harmonisation Working Group* – RHWG) ;
• le groupe de travail sur les déchets radioactifs et le démantèlement (*Working Group on Radioactive Waste and Decommissioning* – WGWD) ;
• le groupe de travail sur les réacteurs de recherche (*Working Group on Research Reactors* – WGRR).

En 2024 :
• les 25 ans de WENRA ont été célébrés en Pologne lors de la réunion plénière de l'association en novembre. Cet événement fut l'occasion pour WENRA de confirmer l'importance de ses publications et travaux, ainsi que sa spécificité dans le paysage des organisations internationales ;
• des échanges approfondis ont eu lieu avec diverses instances internationales, dont l'AIEA, l'ENSREG, ETSON (*European Technical Safety Organisations Network*) et ENISS (*European Nuclear Installations Safety Standards*) pour identifier, en lien avec la nouvelle stratégie de WENRA, les domaines possibles de coopération future et éviter la duplication d'activités ;
• WENRA a considéré, sur la base des derniers travaux du RHWG, que les niveaux de sûreté de référence actuellement d'application pour les réacteurs nucléaires resteront valables pour les dix prochaines années, sauf besoin impérieux d'une mise à jour ;
• WENRA a poursuivi ses travaux sur les objectifs de sûreté applicables aux petits réacteurs modulaires (PRM ou *Small Modular Reactors* – SMR) ;
• WENRA a engagé des travaux pour parvenir à une position commune sur le sujet important de l'exploitation à long terme des réacteurs existants, en définissant les critères qui devraient être pris en compte par ses membres lors de l'examen des demandes d'autorisation associées ;
• dans son analyse portant sur la notion de combustibles tolérants aux accidents, telle que mentionnée par la CE dans l'acte délégué complémentaire pris dans le cadre du règlement européen sur la taxonomie[1], WENRA a considéré qu'il n'était pas réaliste de souhaiter définir ce qu'était un combustible tolérant aux accidents et qu'il revenait aux autorités de sûreté nationales de délivrer, sur la base de leur réglementation, les autorisations nécessaires à l'utilisation d'un combustible en réacteur ;
• le WGWD a publié une mise à jour de ses rapports de 2014 et 2018 faisant le bilan de la mise en œuvre, dans les réglementations nationales des pays membres de WENRA, des quelque 300 niveaux de sûreté de référence applicables au domaine des déchets radioactifs et du démantèlement ;
• les groupes de travail ont renforcé leurs échanges pour identifier les sujets de nature transverse pour lesquels une collaboration pourrait être bénéfique ;
• PAA (*Państwowa Agencja Atomistyki*), l'Autorité de sûreté nucléaire polonaise, jusque-là observatrice, a rejoint WENRA au titre de membre permanent au vu de son investissement passé dans l'association, de ses missions actuelles dans le cadre du développement du programme nucléaire polonais et du statut de membre de l'UE de la Pologne ;
• NRA (*Nuclear Regulation Authority*), l'Autorité de sûreté nucléaire japonaise, jusque-là observatrice, a rejoint WENRA au titre de membre associé au vu de son investissement dans l'association, en particulier en ce qui concerne la mise en œuvre des niveaux de sûreté de référence dans la réglementation japonaise.

Par ailleurs, dans le cadre de la guerre en Ukraine, WENRA a maintenu ses échanges avec l'Autorité de sûreté nucléaire ukrainienne (*State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine* – SNRIU) afin, si besoin, de lui apporter le soutien nécessaire.



Réunion d'HERCA à Bruxelles (Belgique)

2.8 L'Association des responsables des autorités européennes compétentes en radioprotection (HERCA)

Dans le domaine de la radioprotection, HERCA (*Heads of the European Radiological protection Competent Authorities*), créée en 2007 sous l'impulsion de l'ASN, est l'association regroupant les chefs des autorités européennes compétentes en radioprotection. Son objectif est de renforcer la coopération européenne et l'harmonisation des pratiques nationales en matière de radioprotection.

HERCA regroupe actuellement 56 autorités de 32 pays européens comprenant les 27 pays membres de l'UE, l'Islande, la Norvège, le Royaume-Uni, la Serbie et la Suisse. Depuis juin 2023, Jean-Luc Lachaume, commissaire de l'ASN, préside HERCA avec l'appui de deux vice-présidents, l'un issu des services de l'*Office fédéral de la santé publique suisse* (OFSP) et l'autre étant une commissaire

1. Le règlement européen « Taxonomie » désigne la classification des activités économiques ayant un impact favorable sur l'environnement. Son objectif est d'orienter les investissements vers les activités « durables sur le plan environnemental » ou « vertes », favorables à la transition énergétique et écologique, notamment celles contribuant à la lutte contre le réchauffement climatique.

de l'Autorité de sûreté nucléaire espagnole (*Consejo de Seguridad Nuclear* – CSN).

Six groupes d'experts travaillent actuellement sur les thèmes suivants :
• les pratiques et les sources dans les domaines industriel et de la recherche ;
• les applications médicales des rayonnements ionisants ;
• la préparation et la gestion des situations d'urgence ;
• les applications vétérinaires ;
• les sources de rayonnements d'origine naturelle ;
• l'éducation et la formation.

HERCA héberge également un réseau d'experts qui collaborent à plusieurs niveaux : collecte, enregistrement et rapports sur les doses professionnelles.

En 2024, l'association s'est réunie à Madrid en mai, puis à Bruxelles en décembre.

Les engagements de la présidence portent sur la mise en application concrète de la stratégie d'HERCA, à la définition de laquelle l'ASN a fortement contribué, avec comme axes principaux en 2024 :
• un renforcement de la communication et de la visibilité d'HERCA, afin d'améliorer l'accessibilité de sa documentation technique et de ses positions auprès de ses parties prenantes et du public ;
• la poursuite de sa participation active au projet de refonte des recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) ;
• la tenue d'un séminaire dédié à la mise en place de la directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 par ses pays membres et avec la participation de la CE en mai 2024.

En 2024, HERCA a signé un *Memorandum of Understanding* avec l'Association européenne de médecine nucléaire (*European Association of Nuclear Medicine* – EANM). HERCA a également participé à plusieurs événements internationaux dont ceux organisés par la CE (Article 31 du Traité Euratom), l'AIEA (*Radiation Safety Standards Committee* – RASSC), ou encore la CIPR (réunion des *Special Liaison Officers*).

Enfin, HERCA a publié les « fiches pays » de ses membres relatives à la mise en place des experts et officiers en radioprotection requis par la directive 2013/59/Euratom.

2.9 Les programmes d'assistance de la Commission européenne

Au plan européen, la CE, à travers l'Instrument de coopération en matière de sûreté nucléaire (ICSN) qu'elle a créé en 2007, permet à des autorités de sûreté nucléaire de pays émergents de bénéficier de missions d'assistance pour les aider à mettre en place ou à renforcer leur cadre et leurs pratiques réglementaires dans le domaine de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

En 2021, un budget de 300 millions d'euros a été voté par le Parlement européen pour la période 2021-2027. Ce budget permet le financement d'activités conduites par les autorités de sûreté nucléaire des États membres, leurs appuis techniques et, le cas échant, d'autres organismes, à destination des pays bénéficiaires.

C'est à ce titre que l'ASN a coordonné, en 2024, la mise en place d'un consortium pour soutenir le développement de la culture de sûreté nucléaire de plusieurs pays africains. L'objectif de ce programme est d'aider les autorités de sûreté nucléaire des pays bénéficiaires à mettre en œuvre un cadre réglementaire fondé sur les normes les plus élevées en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Ce projet, pour lequel la CE prévoit un budget de 4,8 millions d'euros, associe, au sein du consortium, Expertise France et plusieurs autorités de sûreté européennes et appuis techniques, dont l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). La signature du contrat a eu lieu en décembre 2024 et le projet est prévu pour une durée de 48 mois.

L'Instrument européen en matière de sûreté nucléaire (IESN) est complété par d'autres programmes internationaux d'assistance technique qui répondent à des résolutions prises par le G8 ou par l'AIEA pour améliorer la sûreté nucléaire dans les pays tiers et qui sont financés par les contributions d'états donateurs et de l'UE.

3 — Le cadre multilatéral des relations internationales de l'ASN

Sur le plan multilatéral, la coopération se déroule, notamment, dans le cadre de l'AIEA, agence de de l'Organisation des Nations unies (ONU) fondée en 1957, et de l'AEN créée en 1958. Ces deux agences sont les deux plus importantes organisations intergouvernementales dans le domaine de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

3.1 L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

L'AIEA, organisation des Nations unies basée à Vienne, comprend 177 États membres. L'AIEA organise ses activités autour de deux grands axes : l'un concerne le contrôle des matières nucléaires et de la non-prolifération, l'autre porte sur les activités liées aux utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire. Dans ce dernier domaine, deux départements de l'AIEA sont respectivement en charge du développement et de la promotion des applications nucléaires, d'une part ; de la sûreté et la sécurité des installations et activités nucléaires, d'autre part.

Dans la continuité du plan d'action approuvé par le Conseil des gouverneurs de l'AIEA en septembre 2011 visant à renforcer la sûreté à l'échelle mondiale en prenant en compte les enseignements tirés de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'AIEA concentre notamment ses travaux sur deux domaines d'activité : les normes de sûreté et les missions d'examen par les pairs.

Normes de sûreté

Les normes de sûreté de l'AIEA décrivent les principes et pratiques de sûreté que la grande majorité des États membres utilisent comme base de leur réglementation nationale. Cette activité est supervisée par la Commission des normes de sûreté de l'AIEA (*Commission on Safety Standards* – CSS), mise en place en 1996. La CSS est composée de 24 représentants au plus haut niveau des autorités de sûreté nationales, nommés pour quatre ans. Un commissaire de l'ASN siège à cette Commission. Elle coordonne le travail de cinq comités chargés d'élaborer des documents dans leur domaine respectif : le NUSSC (*Nuclear Safety Standards Committee*) pour la sûreté des réacteurs, le RASSC (*Radiation Safety Standards Committee*) pour la radioprotection, le TRANSSC (*Transport Safety Standards Committee*) pour la sûreté des transports de substances radioactives, le WASSC (*Waste Safety Standards Committee*) pour la sûreté de la gestion des déchets radioactifs et l'EPReSC (*Emergency Preparedness and Response Standards Committee*) pour la préparation et la coordination en situation d'urgence radiologique. La France, représentée par l'ASN, est présente dans chacun de ces comités, qui se réunissent deux fois par an. Des représentants des divers organismes français concernés participent également aux groupes techniques qui rédigent ces documents.

L'année 2024 a été marquée par le lancement du 6e mandat de la CSS sous la présidence du directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire suisse (Inspection fédérale de la sécurité nucléaire – IFSN), Mark Kenzelmann. L'élaboration du plan de long terme pour les quinze à vingt années à venir se poursuit.

Missions d'examen par les pairs

L'AIEA propose aux États membres qui en font la demande plusieurs types de missions d'examen. Ces missions sont conduites par des équipes d'experts sur des thématiques données dans les pays qui en font la demande. Chaque équipe d'auditeurs est constituée d'experts provenant de pays membres et de l'AIEA. Les audits s'établissent à partir du référentiel des normes de sûreté de l'AIEA. Plusieurs types d'audit sont proposés, dont en particulier les missions IRRS (*Integrated Regulatory Review Service*) consacrées au cadre réglementaire national de la sûreté nucléaire et au fonctionnement de l'autorité de sûreté ; les missions OSART (*Operational Safety Review Team*) consacrées à la sûreté des centrales nucléaires en exploitation ; ou encore les missions ARTEMIS (*Integrated Review Service for Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Decommissioning and Remediation*), dédiées aux programmes nationaux de gestion des déchets radioactifs et du combustible usé. Les résultats des audits sont formalisés dans un rapport transmis au pays demandeur et peuvent comprendre différents niveaux de recommandations ainsi que de reconnaissance de bonnes pratiques. Il appartient au pays demandeur de tenir compte des recommandations émises par les experts. Une mission de suivi, dont le but est de constater l'état d'avancement de la prise en compte des recommandations, est organisée entre 18 mois et 4 ans après la mission initiale, en fonction du type d'audit. L'actualité de l'ASN concernant ces missions est présentée ci-après.

Missions IRRS

Les missions IRRS portent sur l'analyse de tous les aspects du cadre régissant la sûreté nucléaire et l'activité d'une autorité de sûreté. L'ASN est favorable à la mise en œuvre de ces évaluations par les pairs à un rythme régulier et intègre leurs résultats dans sa démarche d'amélioration continue. On notera que les pays membres de l'UE sont soumis, en application des dispositions de la directive 2009/71/Euratom modifiée en 2014, à des examens par les pairs périodiques et obligatoires de leur organisation générale en matière de contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Les missions IRRS permettent de répondre à cette obligation.

En 2024, plusieurs agents de l'ASN ont participé aux missions IRRS au Royaume-Uni, au Canada, en Corée du Sud, en Bulgarie et au Ghana.

Missions OSART

En France, la réalisation de missions OSART, dédiées à la sûreté de l'exploitation des centrales nucléaires, est demandée par l'ASN à l'AIEA en coordination avec l'exploitant des centrales nucléaires EDF.

Une mission OSART s'est déroulée en France en 2024 à la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine.

Initiative NHSI

En 2024, l'ASN a poursuivi son investissement dans les travaux du NHSI (*Nuclear Harmonisation and Standardisation Initiative*), projet d'ampleur initié par l'AIEA en 2022 pour soutenir le développement à grande échelle des PRM.

La phase I, qui s'est achevée en 2024, a notamment conduit les autorités de sûreté nucléaire à proposer une méthode de collaboration pour conduire une évaluation en commun de tels modèles de réacteurs, lors de la phase préalable à la phase d'examen réglementaire.

La phase II a notamment pour objectif de partager les expériences des autorités ayant déjà conduit en commun de telles collaborations.

Les formations régionales et les missions d'assistance

L'ASN répond à des sollicitations du secrétariat de l'AIEA, en particulier pour participer à des formations régionales en radioprotection et à des missions d'assistance. Les bénéficiaires sont souvent des pays de culture francophone.

Par ailleurs, toujours sous l'égide de l'AIEA, l'ASN est aussi investie dans le RCF (*Regulatory Cooperation Forum*). Ce forum, créé en 2010, vise à mettre en contact les autorités de sûreté de pays primo-accédants dans le domaine nucléaire avec les autorités de sûreté de grands pays nucléaires, afin d'identifier leurs besoins et de coordonner le soutien à apporter, en veillant à ce que les principes fondamentaux en matière de sûreté nucléaire (indépendance du régulateur, cadre légal et réglementaire adapté, etc.) soient respectés.

En 2024, outre la préparation d'une assistance aux autorités de sûreté nucléaire du Ghana et de la Pologne, le RCF a continué à renforcer sa coopération avec l'UE (IESN) et avec des forums régionaux d'autorités de sûreté.

La gestion des situations d'urgence nucléaire et radiologique

L'ASN participe aux travaux de l'AIEA visant à améliorer la notification et l'échange d'informations en cas de situation d'urgence radiologique.

Dans ce cadre, l'ASN participe aux exercices que l'AIEA organise pour tester les dispositions opérationnelles de la Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire et de la Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique appelés « exercices au titre des conventions » ou « exercices ConvEx ». Ces exercices, qui sont conçus pour permettre aux participants d'acquérir une expérience pratique et de comprendre les procédures de préparation et de conduite de ces interventions, sont de trois types :

- les exercices ConvEx-1, destinés en particulier à tester les lignes de communication d'urgence établies avec les points de contact dans les États membres ;
- les exercices ConvEx-2, conçus pour tester des éléments particuliers du cadre international de préparation et de conduite des interventions d'urgence ainsi que les dispositions et outils d'évaluation et les pronostics dans les situations d'urgence ;
- les exercices ConvEx-3, visant à évaluer les dispositions d'intervention d'urgence et les moyens d'action en place pour faire face à une situation d'urgence grave pendant plusieurs jours.

En 2024, l'ASN a participé à un exercice de type « ConvEx » (*voir chapitre 4*).

En outre, l'ASN collabore à la définition de la stratégie, des besoins et des moyens d'assistance internationale et au développement du réseau de réponse aux demandes d'assistance au sein de l'AIEA, le réseau RANET (*Response Assistance Network*). Ce réseau a été mobilisé en 2022 pour répondre aux besoins formulés par l'Ukraine en matière de moyens de protection individuelle et de radioprotection.

3.2 L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN)

Créée en 1958, l'AEN regroupe aujourd'hui 38 pays membres parmi les pays les plus industrialisés. Son principal objectif est d'aider les pays membres à maintenir et à approfondir les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre et respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire. En raison de la guerre en Ukraine, l'adhésion de la Russie à l'AEN a été suspendue le 2 avril 2022.

Au sein de l'AEN, l'ASN est notamment impliquée dans les travaux du Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CNRA). Elle participe également au Comité de radioprotection et de santé publique, au Comité de gestion des déchets radioactifs, au Comité sur le démantèlement des installations nucléaires et la gestion des situations historiques, ainsi qu'à plusieurs groupes de travail du Comité sur la sûreté des installations nucléaires, dont celui sur les facteurs humains et organisationnels (*Working Group on Human and Organisational Factors* – WGHOF).

Les différents comités de l'AEN coordonnent des groupes de travail auxquels prennent part les experts des pays membres. Cinq groupes de travail, deux groupes d'experts et un forum d'échange d'informations structurent l'activité du Comité. L'ASN est impliquée dans chacun d'entre eux et assure en particulier la présidence du groupe de travail sur la chaîne d'approvisionnement nucléaire et du groupe de travail sur la surveillance des réacteurs, ainsi que la vice-présidence du groupe d'experts sur le partage du retour d'expérience.

L'ASN a participé à un exercice de crise de l'AEN (INEX-6) en 2024. Les modules 2, « Food safety », et 4, « Radioactive waste management », ont été joués.

3.3 L'Association internationale des autorités de sûreté nucléaire (INRA)

L'association INRA (*International Nuclear Regulators Association*) regroupe les dirigeants des autorités d'Allemagne, du Canada, de Corée du Sud, d'Espagne, des États-Unis, de France, du Japon, du Royaume-Uni et de Suède. Cette association permet des échanges réguliers et informels sur les actualités de ces différents pays et sur les prises de position relatives à des enjeux internationaux communs. Elle se réunit deux fois par an dans le pays qui en assure la présidence, chaque pays l'assurant pendant un an à tour de rôle.

En 2024, deux réunions ont eu lieu. La première, en Allemagne, a permis d'échanger sur la situation des installations nucléaires en Ukraine, l'actualité des membres de l'association, le démantèlement des installations nucléaires, le nombre croissant de projets de PRM et la prolongation d'exploitation des centrales nucléaires existantes. À l'issue de la réunion, la présidence d'INRA a été confiée, pour une année, au président de l'ASN. La deuxième réunion, organisée à Vienne en marge de la Conférence générale de l'AIEA, a notamment été l'occasion pour l'association d'approuver la révision de ses termes de référence. Une session thématique a permis par ailleurs d'aborder les enjeux de l'usage croissant de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine nucléaire. Cet échange a confirmé le besoin de poursuivre de manière plus approfondie les discussions pour notamment partager expériences et visions sur la manière dont la fiabilité des données utilisées par l'IA peut être garantie, les conditions dans lesquelles une décision finale peut ou non être déléguée à un système intelligent, et la cybersécurité.



Réunion de l'INRA à Vienne (Autriche) en 2024

4 — Les conventions internationales

L'ASN assure le rôle de point de contact national et d'autorité compétente pour les deux conventions de sûreté nucléaire, qui ont trait respectivement aux centrales nucléaires (Convention sur la sûreté nucléaire) et au combustible usé et aux déchets radioactifs (Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs). De plus, l'ASN est l'autorité compétente pour les deux conventions dédiées à la gestion transfrontalière des conséquences d'éventuels accidents (la Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire et la Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique).

4.1 La Convention sur la sûreté nucléaire

La Convention sur la sûreté nucléaire a été l'un des résultats de discussions internationales engagées en 1992 dans le but de contribuer à maintenir un niveau élevé de sûreté nucléaire dans le monde.

Signée par la France en 1994, la Convention sur la sûreté nucléaire est entrée en vigueur le 24 octobre 1996. Elle compte 96 parties contractantes en septembre 2024.

Les objectifs de la convention sont d'atteindre et de maintenir un haut niveau de sûreté nucléaire dans le monde entier, d'établir et de maintenir, dans les installations nucléaires, des défenses efficaces contre les risques radiologiques potentiels et de prévenir les accidents pouvant avoir des conséquences radiologiques et de limiter leurs conséquences. Les domaines abordés par la convention font partie depuis longtemps de la démarche française de sûreté nucléaire.

En 2015, les parties contractantes à la convention, prenant acte des enseignements de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, ont adopté la déclaration de Vienne sur la sûreté nucléaire. Cette déclaration, qui reprend largement les principes de la directive européenne sur la sûreté des installations nucléaires, fixe des objectifs de sûreté nucléaire ambitieux visant à prévenir les accidents nucléaires dans le monde et, en cas d'accident, à en limiter les conséquences radiologiques.

La convention prévoit l'organisation triennale de réunions d'examen des parties contractantes destinées à développer la coopération et les échanges d'expérience.

En tant qu'autorité compétente, l'ASN coordonne la participation française à cet exercice triennal d'examen par les pairs, en étroite relation avec les partenaires institutionnels et industriels concernés. Ce travail de coordination concerne l'élaboration du rapport national, l'analyse des rapports des autres parties contractantes et la participation aux réunions d'examen.

En 2024, l'ASN a participé activement aux réunions visant à améliorer l'efficacité et l'efficience de la Convention sur la sûreté nucléaire en préparation du 10e cycle d'examen qui aura lieu en avril 2026 et pour lequel les rapports sont attendus en 2025.

4.2 La Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs

La Convention commune est l'analogue de la Convention sur la sûreté nucléaire pour la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs issus des activités nucléaires civiles. La France l'a signée le 29 septembre 1997, et elle est entrée en vigueur le 18 juin 2001. Cette convention compte 90 parties contractantes à fin 2024. Comme la Convention sur la sûreté nucléaire, elle est fondée sur un mécanisme d'examen par les pairs comprenant la remise par chaque partie contractante d'un rapport national triennal, soumis à l'examen des autres parties, ainsi que la tenue d'une réunion d'examen.

La réunion d'examen aura lieu en mars 2025. Le rapport français, dont l'élaboration a été coordonnée par l'ASN, a été remis à l'AIEA en août 2024.

4.3 La Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire

La Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire est entrée en vigueur le 27 octobre 1986, six mois après l'accident de Tchernobyl, et compte 133 parties contractantes à fin 2024.

Les parties contractantes s'engagent à informer, dans les délais les plus rapides, la communauté internationale de tout accident ayant entraîné une dispersion de substances radioactives incontrôlée dans l'environnement susceptible d'affecter un État voisin. À cette fin, l'AIEA propose aux États membres un outil permettant la notification et l'assistance en cas d'urgence radiologique.

L'ASN a contribué activement à l'élaboration de cet outil, USIE (*Unified System for Information Exchange in Incidents and Emergencies*), présent au centre d'urgence de l'ASN et testé à chaque exercice.

La directive interministérielle du 30 mai 2005 précise les modalités d'application en France de ce texte et confie à l'ASN la mission d'autorité nationale compétente. Il appartient ainsi à l'ASN de notifier les événements sans délai aux institutions internationales, de fournir rapidement les informations pertinentes sur la situation, en particulier aux pays frontaliers pour leur permettre de prendre les mesures nécessaires de protection des populations, et enfin de fournir aux ministres concernés une copie des notifications et des informations transmises ou reçues.

4.4 La Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique

La Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique est entrée en vigueur le 26 février 1987 et compte 123 parties contractantes à fin 2024.

Son objectif est de faciliter les coopérations entre les pays dans le cas où l'un d'entre eux serait affecté par un accident ayant des conséquences radiologiques. Cette convention a déjà été mise en œuvre à plusieurs reprises à l'occasion d'accidents d'irradiation dus à des sources radioactives abandonnées. En particulier, la France prend régulièrement en charge le traitement, par des services médicaux spécialisés, de victimes de tels accidents.

5 — Le cadre bilatéral des relations internationales de l'ASN

L'ASN collabore avec une vingtaine d'autorités de sûreté nucléaire étrangères dans le cadre d'accords bilatéraux. Ces accords sont généralement des protocoles d'échange d'informations entre Autorités de sûreté. Ils peuvent, dans certains cas, faire partie d'accords gouvernementaux plus larges (cas de l'Allemagne, de la Belgique, du Luxembourg et de la Suisse).

Les pays avec lesquels l'ASN entretient des relations privilégiées sont, d'une part, les pays limitrophes, en particulier ceux dont la frontière est située à proximité d'une installation nucléaire française ; d'autre part, les grands pays nucléaires et ceux disposant de technologies nucléaires françaises.

Ces relations permettent des échanges d'informations au niveau stratégique. C'est notamment le cas lors de réunions de haut niveau, au cours desquelles les points de doctrine et l'actualité de chaque autorité (évolutions organisationnelles et réglementaires, événements, retours d'expérience, etc.) sont abordés. Elles permettent également des échanges d'informations au niveau technique et opérationnel. En particulier, la comparaison de pratiques peut être approfondie lors d'ateliers thématiques ou d'observations croisées d'inspection afin de mettre en exergue des pratiques dont l'ASN peut s'inspirer.

De nombreux thèmes ont été abordés tout au long de l'année par l'ASN et ses homologues, tels que le nouveau contexte du nucléaire, les quatrièmes réexamens périodiques de sûreté des réacteurs, la corrosion sous contrainte, le démantèlement, la gestion des déchets radioactifs, la culture de précaution, les petits réacteurs modulaires, la gestion des situations d'urgence ou la transformation des régulateurs.

5.1 La coopération bilatérale entre l'ASN et ses homologues étrangers

AFRIQUE DU SUD

En octobre 2024, dans le cadre des échanges techniques entre l'ASN et l'Autorité de sûreté nucléaire sud-africaine (*National Nuclear Regulator* – NNR), cinq inspecteurs de la NNR ont été accueillis au sein de la division de Lyon de l'ASN. La mission a porté sur les quatrièmes visites décennales, la poursuite d'exploitation des réacteurs, les pratiques d'inspection et de contrôle des arrêts de réacteur, ainsi que la Force d'action rapide du nucléaire (FARN) d'EDF. Une réunion bilatérale s'est également tenue à distance entre les directions de l'ASN et celles de la NNR, qui a confirmé le principe d'une mission équivalente à la division régionale du Cap de la NNR pour des inspecteurs de la division de Lyon de l'ASN d'ici un an environ.

En novembre 2024, deux agents de l'ASN ont participé au Cap à l'exercice national de crise de la centrale nucléaire de Koeberg afin de partager l'expertise et les connaissances de l'ASN en matière de planification et de réponse aux situations d'urgence nucléaire.

ALLEMAGNE

Établie dans un cadre intergouvernemental, la commission franco-allemande implique plusieurs autorités compétentes tant au niveau national que local. En complément des réunions plénières de cette commission, deux groupes de travail se réunissent régulièrement, l'un dédié à la sûreté des centrales nucléaires situées en zone frontalière, l'autre à la gestion des situations d'urgence.

La 50e réunion de la commission s'est tenue à Berlin et Wannsee les **19 et 20 juin 2024**. Les échanges ont porté sur les actualités et les enjeux majeurs dans les deux pays, la préparation aux situations d'urgence, le contrôle des centrales nucléaires proches de la frontière franco-allemande ainsi que la gestion des déchets nucléaires et l'état des projets de démantèlement. Cette réunion a également été l'occasion pour ses participants de visiter le Centre Helmholtz de recherche sur les matériaux et l'énergie de Berlin (*Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie* – HZB) basé à Wannsee et en particulier son réacteur de recherche à eau légère BER II (à l'arrêt), ainsi que son centre de protonthérapie.

Les **17 et 18 septembre 2024**, une délégation allemande s'est rendue à la division de Strasbourg de l'ASN pour la 58e réunion du groupe de travail sur la sûreté des centrales nucléaires. Cette réunion a été l'occasion de faire le point sur l'actualité des centrales nucléaires proches des frontières (Cattenom, Fessenheim, Neckarwestheim, Philippsburg) ainsi que sur les événements significatifs (tendance pour l'année 2023 et événements notables récents) en France et en Allemagne.

Par ailleurs, le **26 novembre 2024** s'est réuni, en distanciel, le groupe de travail centré sur la préparation aux situations d'urgence.



Visite à l'EPR de Flamanville de représentants de l'ASN et du commissaire Caputo de la NRC (États-Unis) – janvier 2024



Réunion bilatérale entre des représentants de l'AERB (Inde) et de l'ASN – mars 2024

BELGIQUE

Les échanges entre l'ASN et son homologue belge, l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN), se traduisent par des actions de coopération tant au niveau national que local, en particulier avec les divisions frontalières de Lille et de Châlons-en-Champagne de l'ASN. Ces échanges sont coordonnés par le comité directeur franco-belge, qui s'est réuni le **27 novembre 2024** à Bruxelles. Les deux délégations, composées de représentants des autorités et de leur appui technique respectif, l'IRSN et Bel V, ont discuté notamment du bilan de la mise en œuvre de la Convention d'échange rapide d'informations en cas de crise nucléaire et de la future organisation de crise de l'ASNR. L'ASN a également présenté l'actualité des centrales nucléaires de Chooz et Gravelines.

CANADA

En juin 2024, dans le cadre des échanges techniques entre l'ASN et la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), une inspectrice de la CCSN a été accueillie au sein de la division d'Orléans de l'ASN. La mission a porté sur les pratiques d'inspection des installations nucléaires en matière de management de la sûreté, de contrôle des fournisseurs et de contrefaçon, de falsification ou de suspicion de fraude.

CHINE

Une réunion technique entre l'ASN et son homologue chinois (*National Nuclear Safety Administration* – NNSA) accompagnées de leur appui technique respectif, l'IRSN et le NSC (*Nuclear and Radiation Safety Center*) a été organisée à distance, les **28 et 29 mai 2024**, sur le retour d'expérience de l'exploitation des deux premiers réacteurs de type EPR à avoir été mis en service au monde, sur le site de Taishan.

ESPAGNE

En 2024, dans le cadre des relations bilatérales avec l'Autorité de sûreté nucléaire espagnole (CSN), une représentante du CSN a participé à plusieurs reprises aux actions de concertation avec le public, menées par l'ASN, sur le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo. Elle a également pu s'entretenir avec l'IRSN et l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) sur le suivi de ce dossier.

Ces échanges ont donné lieu à un rapport dont les conclusions indiquent, notamment, que l'expérience en France dans le domaine de la concertation avec le public et les parties prenantes est riche, transposable en Espagne et pourra aider le CSN à établir des recommandations *via* un futur guide sur des actions de concertations autour du stockage dans ce pays.

La division de Bordeaux de l'ASN a accueilli du **16 au 18 octobre 2024** une visite technique d'inspecteurs du CSN. L'échange a porté sur le contrôle des activités de radiographie industrielle. La délégation espagnole a observé une inspection inopinée d'un chantier de radiographie et a visité une installation fixe.

ÉTATS-UNIS

En janvier 2024, un commissaire de la NRC (*Nuclear Regulatory Commission*) a rencontré à Montrouge le collège de l'ASN pour discuter de l'approche française sur la réglementation du « cycle du combustible », puis il a visité, avec la division de Caen de l'ASN, des installations d'Orano à La Hague, ainsi que le chantier de l'EPR à Flamanville.

En février 2024, l'ASN a participé à un séminaire international organisé par la NRC sur le retour d'expérience lié au phénomène de corrosion sous contrainte des tuyauteries des réacteurs.

FINLANDE

L'ASN et l'Autorité de sûreté nucléaire finlandaise (*Säteilyturvakeskus* – STUK) se sont rencontrées à Montrouge du **2 au 4 avril 2024**. À l'occasion de cette réunion, l'ASN et STUK ont pu échanger sur de nombreux sujets d'intérêt commun, comme le stockage des déchets radioactifs, les défis posés par l'émergence des projets de petits réacteurs modulaires et innovants, les réacteurs de type EPR, ou encore la gestion du vieillissement du parc des centrales nucléaires existantes. À la suite des échanges techniques, une visite du Centre de Meuse/Haute-Marne de l'Andra a eu lieu.

INDE

Une délégation de l'ASN conduite par son président s'est déplacée à Mumbai du **5 au 7 mars 2024** afin de rencontrer son homologue indien, l'AERB (*Atomic Energy Regulatory Board*). Cette rencontre s'inscrit dans le cadre de l'accord de coopération qui lie les deux autorités de sûreté depuis près de 25 ans. Les échanges techniques ont notamment porté sur la poursuite d'exploitation des centrales nucléaires, les améliorations de sûreté apportées aux réacteurs en service, la préparation aux situations d'urgence, les approches mises en place par les autorités de sûreté pour l'instruction et l'évaluation des nouvelles technologies de réacteurs, en particulier des PRM. En outre, l'AERB étant une des rares autorités de sûreté nucléaire dans le monde à disposer en son sein d'un institut de recherche en sûreté et radioprotection, une session spécifique a été consacrée à ce thème.

JAPON

La réunion bilatérale annuelle avec l'Autorité de sûreté japonaise (*Nuclear Regulation Authority* – NRA) s'est tenue du **19 au 21 novembre 2024** au siège de l'ASN. Les sujets abordés ont porté, notamment, sur la création de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), la réglementation du recyclage des déchets métalliques de très faible activité (TFA), le phénomène de corrosion sous contrainte, la coopération entre les deux autorités dans le domaine de l'inspection, le contrôle des technologies numériques utilisées dans l'instrumentation et le contrôle-commande, la gestion de l'obsolescence dans le cadre des réexamens de sûreté périodiques, ainsi que les améliorations de sûreté mises en place afin d'atténuer les conséquences d'un accident grave. Les échanges très fructueux ont permis d'identifier plusieurs actions de coopération pour l'année à venir. La réunion a par ailleurs été suivie d'une visite de la centrale nucléaire de Flamanville, en présence de la division de Caen de l'ASN.



Visite au Japon d'une équipe d'inspecteurs de la division de Lyon de l'ASN



Réunion bilatérale entre des membres de la NRA (Japon) et de l'ASN, au siège à Montrouge – novembre 2024



Visite de l'usine Orano de La Hague à l'occasion de la réunion bilatérale annuelle avec la SSM (Suède) – septembre 2024

Par ailleurs, les échanges sur les pratiques d'inspection ont repris en 2024 avec la visite au Japon d'une équipe d'inspecteurs de la division de Lyon de l'ASN qui a donné lieu à des réunions techniques sur la poursuite de fonctionnement, le démantèlement des réacteurs rapides au sodium et la préparation aux situations d'urgence, ainsi qu'à l'observation des pratiques japonaises en matière de contrôle de la sûreté des sites nucléaires.

LUXEMBOURG

La Commission mixte franco-luxembourgeoise de sécurité nucléaire a tenu sa 22e réunion le **10 juin 2024** à Luxembourg. À cette occasion, la Commission a échangé sur les développements récents intervenus dans les deux pays dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, dont le bilan de l'année 2023 de la centrale nucléaire de Cattenom, le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe, la nouvelle organisation de l'alerte transfrontalière et la préparation et la gestion des situations d'urgence.

PAYS-BAS

Le **16 décembre 2024** s'est tenue à La Haye la deuxième réunion bilatérale entre l'Autorité de sûreté nucléaire néerlandaise (*Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming* – ANVS) et l'ASN. La réunion a permis d'échanger sur l'actualité dans les deux pays, les évolutions des politiques et programmes nucléaires français et néerlandais, les projets de construction de nouveaux réacteurs en France et aux Pays-Bas et le projet d'évaluation conjointe du projet de SMR de Thorizon.

ROYAUME-UNI

En **février 2024**, l'ONR a organisé à Londres la première réunion technique sur le changement climatique avec l'ASN (France), l'ANVS (Pays-Bas) et l'AFCN (Belgique). Cette réunion a été l'occasion d'échanger sur les contraintes d'adaptabilité aux effets que l'on peut anticiper du changement climatique. Cela a permis d'identifier des problématiques communes telles que la montée des eaux, le plan « grand chaud » ou encore la fréquence et l'intensité des tempêtes. Une prochaine réunion aura lieu en janvier 2025 avec la participation de l'autorité finlandaise (STUK).

SUÈDE

Du **25 au 26 septembre 2024** s'est tenue à Montrouge une réunion bilatérale avec l'Autorité de sûreté nucléaire suédoise (*Strålsäkerhetsmyndigheten* – SSM). Plusieurs sujets d'intérêt commun ont été abordés comme la valorisation des déchets radioactifs métalliques TFA, les initiatives sur les PRM à l'échelle internationale, le retour d'expérience sur le contrôle du démantèlement des installations nucléaires et la gestion et le maintien des compétences.



Réunion de la CFS à Mont Terri (Suisse) – mai 2024

La délégation ASN-SSM s'est ensuite rendue à Cherbourg pour visiter l'usine de retraitement des déchets d'Orano à La Hague.

L'année 2024 a également permis de maintenir le cycle d'inspections croisées avec l'autorité suédoise. Au mois de mars, des inspecteurs de l'ASN se sont rendus en Suède, sur la centrale nucléaire de Ringhals, pour accompagner la SSM lors d'une inspection sur le thème de l'incendie.

SUISSE

Établie dans un cadre intergouvernemental, la Commission franco-suisse (CFS) implique plusieurs autorités nationales compétentes tant au niveau national que local. Cette Commission s'est réunie le **16 mai 2024** à Mont Terri en Suisse.

À l'échelle de l'ASN, la CFS implique à la fois les services centraux et les divisions de Lyon et de Strasbourg de l'ASN.

5.2 Les actions d'assistance de l'ASN dans un cadre bilatéral

L'ASN peut être conduite à répondre à des demandes d'assistance dans le cadre d'actions bilatérales avec l'autorité de sûreté du pays concerné, en complément des instruments européens (ICSN) et internationaux (RCF). L'objectif de cette coopération est l'acquisition, par les pays bénéficiaires, de la culture de sûreté et de la transparence indispensables à un système national de contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Le contrôle de la sûreté nucléaire doit reposer sur des compétences nationales et, de ce fait, l'ASN n'intervient qu'en soutien à l'établissement d'un cadre national adéquat, sans que l'autorité de sûreté qu'elle conseille ne se décharge de ses responsabilités de contrôle des installations nucléaires. Elle accorde une attention particulière aux pays se dotant de technologies dont elle a l'expérience en France.

6 – Perspectives

L'année 2024 a été, pour l'ASN, une année riche au plan international. De nombreuses réunions avec ses homologues ont permis à l'ASN d'échanger sur ses pratiques et de partager sur les enjeux liés notamment au contexte nouveau dans le domaine nucléaire et à l'introduction de plus en plus marquée de technologies innovantes, comme l'IA, dans le secteur nucléaire.

La question du niveau de sûreté attendu, dans le contexte du renouveau du nucléaire dans certains pays et de l'intérêt croissant de ces derniers pour les PRM, ainsi que les modalités de collaboration entre autorités de sûreté nucléaire ont été très souvent débattues. Les enjeux liés aux perspectives de prolongation de l'exploitation des réacteurs nucléaires existants au-delà de la durée initialement envisagée à la conception ont aussi été largement abordés.

La présence de l'ASN dans les instances multilatérales au plan européen (ENSREG, WENRA, HERCA) et international (AIEA, AEN) a été également importante, et l'ASN a porté, très souvent, une position innovante et des messages forts visant à garantir le maintien au premier plan de la sûreté.

L'année 2025 constituera sans aucun doute une année de transition importante pour la toute nouvelle ASNR. Construite sur la base des compétences réunies de l'ASN et de l'IRSN, l'ASNR devra en effet construire sa légitimité et sa crédibilité dans son nouveau champ de compétences élargies à la recherche, l'expertise et la réglementation. Au plan international, sa toute nouvelle direction internationale, issue de la fusion de la direction des relations internationales de l'ASN et de la direction des affaires européennes et internationales de l'IRSN aura, dans ce contexte, un rôle central, tant auprès du collège que du comité exécutif de l'ASNR, en matière de stratégie et de positionnement international.

Dans ce contexte particulier, l'investissement de l'ASNR dans les différentes instances internationales sera marqué. Au plan bilatéral, l'ASN prévoit d'accueillir plusieurs de ses homologues, dont les autorités de sûreté chinoise et indienne. Au plan multilatéral, plusieurs rendez-vous importants sont prévus, dont celui de la réunion d'examen de la Convention commune en mars, ainsi que divers échanges dans le cadre de la phase II de NHSI qui débutera en 2025.

Dans le domaine particulier des PRM, l'ASN continuera de porter au sein de divers cadres internationaux sa vision concernant les objectifs de sûreté. Considérant notamment que leurs caractéristiques intrinsèques sont susceptibles de procurer des performances accrues en matière de sûreté, et la possibilité que ces réacteurs soient construits, selon leur usage, près de zones urbaines densément peuplées ou de zones industrielles, l'ASN considère en effet que les objectifs de sûreté applicables aux PRM doivent être plus exigeants que ceux appliqués aux réacteurs de génération III et III plus. Elle partagera, chaque fois que nécessaire, cette position.

Au plan international, 2025 s'annonce ainsi une année particulière pour l'ASNR qui devra d'une part consolider son organisation interne ; d'autre part construire de nouvelles relations.

07

Les utilisations médicales des rayonnements ionisants

Sommaire

1

Radioprotection et utilisations médicales des rayonnements ionisants p. 213

1.1 **Les différentes catégories d'activité**

1.2 **Les situations d'exposition en milieu médical**

- 1.2.1 L'exposition des professionnels
- 1.2.2 L'exposition des patients
- 1.2.3 L'exposition de la population
- 1.2.4 L'impact sur l'environnement

1.3 **La réglementation**

- 1.3.1 La réglementation générale
- 1.3.2 Les médicaments radiopharmaceutiques et les dispositifs médicaux
- 1.3.3 Le régime administratif
- 1.3.4 Les spécificités de la radioprotection des patients

1.4 **Les enjeux et les priorités de contrôle**

1.5 **Les événements significatifs de radioprotection**

2

Les activités nucléaires à finalité médicale p. 220

2.1 **La radiothérapie externe**

- 2.1.1 La présentation des techniques
- 2.1.2 Les règles techniques applicables aux installations de radiothérapie externe
- 2.1.3 L'état de la radioprotection en radiothérapie externe

2.2 **La curiethérapie**

- 2.2.1 La présentation des techniques
- 2.2.2 Les règles techniques applicables aux installations de curiethérapie
- 2.2.3 L'état de la radioprotection en curiethérapie

2.3 **La médecine nucléaire**

- 2.3.1 La présentation des techniques
- 2.3.2 Les règles techniques applicables aux installations de médecine nucléaire
- 2.3.3 L'état de la radioprotection en médecine nucléaire

2.4 **Les pratiques interventionnelles radioguidées**

- 2.4.1 La présentation des techniques
- 2.4.2 Les règles techniques d'aménagement des locaux
- 2.4.3 L'état de la radioprotection dans le domaine des pratiques interventionnelles radioguidées

2.5 **Le radiodiagnostic médical et dentaire**

- 2.5.1 La présentation des équipements
- 2.5.2 Les règles techniques d'aménagement des installations de radiodiagnostic médical et dentaire
- 2.5.3 L'état de la radioprotection : focus sur le scanner
- 2.5.4 Les événements déclarés en radiodiagnostic médical et dentaire

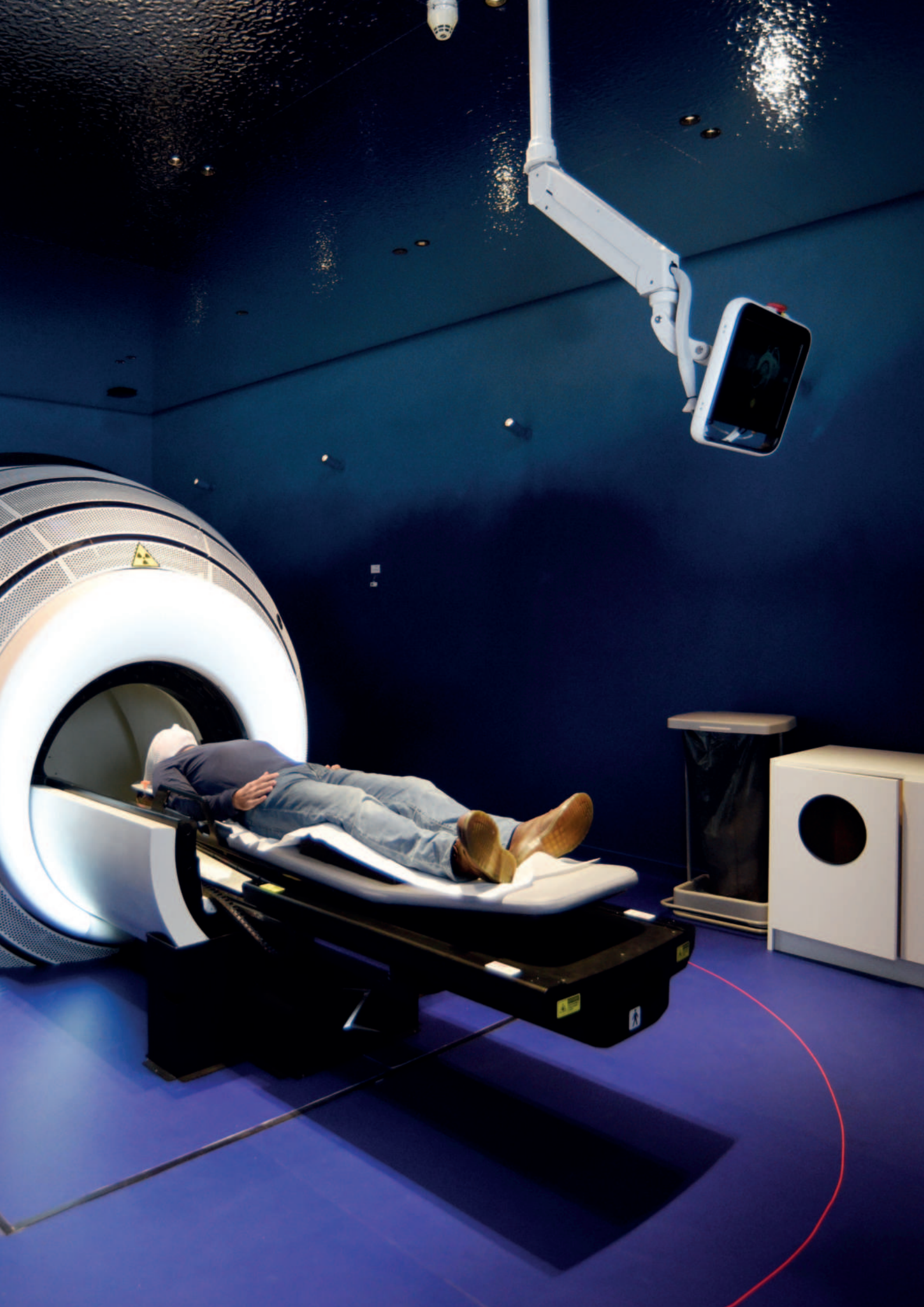
2.6 **Les irradiateurs de produits issus du corps humain**

- 2.6.1 Description
- 2.6.2 Les règles techniques applicables aux installations

2.7 **Les événements significatifs de radioprotection**

3

Synthèse et perspectives p. 247



Depuis plus d'un siècle, la médecine fait appel, tant pour le diagnostic que pour la thérapie, à des rayonnements ionisants produits par des générateurs électriques ou par des radionucléides en sources scellées ou non scellées. Ces techniques représentent la deuxième source d'exposition de la population aux rayonnements ionisants (après l'exposition aux rayonnements naturels) et la première source d'origine artificielle (*voir chapitre 1*).

On distingue l'exposition des patients qui bénéficient d'un acte diagnostique ou thérapeutique utilisant des rayonnements ionisants de celle des travailleurs, du public et de l'environnement, pour lesquels il n'y a pas de bénéfice direct. Le principe de limitation de dose ne s'applique pas aux patients, du fait de la nécessité d'adapter la dose délivrée à l'objectif diagnostique ou thérapeutique. Les principes de justification et d'optimisation sont fondamentaux, même si les enjeux de radioprotection diffèrent selon les utilisations médicales.

En radiothérapie (externe ou curiethérapie) comme en radiothérapie interne vectorisée (RIV) qui connaît actuellement un fort développement, l'enjeu majeur est lié à la dose administrée et, le cas échéant, aux hauts débits de dose utilisés. Il existe des enjeux spécifiques liés à l'utilisation de sources de radionucléides scellées (en curiethérapie, avec des sources de haute activité) et non scellées (en médecine nucléaire), associés, pour ces dernières, aux doses délivrées à l'entourage du patient (famille), ainsi qu'à la gestion des déchets et des effluents. Les procédures interventionnelles radioguidées, toujours en plein essor, réalisées à l'aide de dispositifs de plus en plus sophistiqués, peuvent conduire à une exposition significative du patient, pour lequel cet acte est bénéfique pour sa santé, mais aussi pour les personnels qui se trouvent à proximité immédiate. Enfin, les examens de scanographie, s'ils ne présentent pas d'enjeu majeur en matière de dose délivrée ou de débit de dose pour un individu, contribuent de façon très importante à l'exposition de la population liée aux actes de diagnostic médical, par la fréquence de leur utilisation, soulignant l'importance de la justification de chaque acte utilisant des rayonnements ionisants.

1 — Radioprotection et utilisations médicales des rayonnements ionisants

1.1 Les différentes catégories d'activité

On distingue au sein des activités nucléaires dans le domaine médical deux grandes familles, celles à finalité diagnostique et celle à finalité thérapeutique. Les activités médicales de diagnostic mettant en œuvre des rayonnements ionisant sont la radiologie dont la scanographie, la radiologie conventionnelle, la radiologie dentaire et la médecine nucléaire diagnostique. À la frontière entre le diagnostic et le thérapeutique se trouvent les pratiques interventionnelles radioguidées (PIR), qui regroupent différentes techniques utilisées principalement pour des actes médicaux ou chirurgicaux invasifs, à but diagnostique, préventif ou thérapeutique sous le contrôle d'une image obtenue avec des rayons X. Les activités à finalité thérapeutique sont en majorité dédiées au traitement de cancers, comme la radiothérapie externe, la radiochirurgie, la curiethérapie et la médecine nucléaire thérapeutique (dite « radiothérapie interne vectorisée » – RIV[1]).

Ces différentes activités, avec les techniques utilisées, sont présentées aux points 2.1 à 2.6.

1.2 Les situations d'exposition en milieu médical

1.2.1 L'exposition des professionnels

Les professionnels du milieu médical sont soumis en particulier au risque d'exposition externe, générée par les dispositifs médicaux – DM (appareils contenant des sources radioactives, générateurs de rayons X ou accélérateurs de particules) ou par des sources scellées ou non scellées. En cas d'utilisation de sources non scellées, le risque de contamination doit

1. *La radiothérapie interne vectorisée vise à administrer un médicament radiopharmaceutique ou à implanter un dispositif médical radioactif pour que les rayonnements ionisants délivrent une dose importante au plus près de l'organe qu'il est nécessaire de traiter (dit aussi « organe cible ») dans un but curatif ou palliatif. La majorité de ces traitements sont dispensés au sein des services de médecine nucléaire.*

également être pris en compte dans l'évaluation des risques (en médecine nucléaire et en laboratoire de biologie).

Selon les données collectées en 2023 par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), les domaines médical et dentaire regroupent la majorité des effectifs suivis : 47 %, soit 122 228 personnes, ont fait l'objet d'un suivi dosimétrique individuel. Les effectifs du personnel suivi (classés et non classés) ont globalement diminué de près de 8 % par rapport à 2022. Cette baisse s'explique par le fait que les employeurs ne sont plus tenus d'enregistrer les travailleurs non classés dans le Système d'information de la surveillance de l'exposition sur les rayonnements ionisants (Siseri). Cette tendance devrait se poursuivre dans les années à venir. La dose individuelle moyenne annuelle reçue est de 0,31 millisievert (mSv) dans le médical et 0,26 mSv dans le domaine dentaire. Cette dose est relativement stable sur la période 2015-2023 à l'exception de l'année 2020 où une baisse de 17 % a été constatée en raison de la crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19 (*voir chapitre 1*).

Parmi les personnels de santé susceptibles d'être exposés et donc suivis en matière de dosimétrie, ceux travaillant en radiologie (72 % des effectifs suivis du domaine médical tant en radiodiagnostic qu'en radiologie interventionnelle) reçoivent une dose individuelle moyenne annuelle de 0,20 mSv. Le personnel de médecine nucléaire, qui représente 5 % du personnel de santé suivi, est exposé à une dose individuelle moyenne annuelle corps entier quatre fois plus élevée, estimée à 0,78 mSv.

C'est également dans le domaine médical qu'on rencontre la majorité des situations d'exposition des travailleurs aux extrémités (mains). Ainsi, 15 403 professionnels médicaux ont bénéficié d'un suivi dosimétrique aux extrémités, par bague ou dosimètre poignet, ce qui représente 60 % des travailleurs ayant un tel suivi, et environ 60 % de la dose totale aux extrémités. Le secteur de la radiologie présente le nombre de travailleurs suivis le plus important, avec environ 68 % de l'effectif total des personnels du domaine médical suivis par dosimétrie aux extrémités (49 % pour la radiologie interventionnelle et 19 % pour le radiodiagnostic), et contribue à 27 % de la dose totale des expositions aux extrémités pour le domaine médical. Le secteur de la médecine nucléaire représente 20 % de l'effectif suivi, pour une contribution de 68 % à la dose totale de ce domaine. Cent quarante-quatre travailleurs du secteur dentaire sont suivis pour une dosimétrie aux extrémités et représentent moins de 0,1 % de la dose totale aux extrémités.

La contribution à la dose totale des activités interventionnelles est vraisemblablement sous-estimée, en particulier en raison de lacunes dans le port des dosimètres aux extrémités au bloc opératoire.

Enfin, près de 84 % de l'effectif total de travailleurs suivis pour l'exposition au niveau du cristallin exercent dans le domaine des activités médicales, représentant 4 756 travailleurs avec une contribution à la dose totale du cristallin de 56 %. La dose individuelle moyenne pour les activités médicales (hors dentaire) est de 1,38 mSv en 2022. Près de deux tiers des effectifs suivis pour la dosimétrie du cristallin appartiennent au secteur des PIR qui contribue à 70 % de la dose totale du domaine médical. Dans le milieu médical, deux cas de dépassements de valeurs limites d'exposition ont été enregistrés par le médecin du travail : un en dose efficace dans le secteur dentaire et un en dose aux extrémités en radiologie interventionnelle (*voir chapitre 1*).

1.2.2 L'exposition des patients

Pour les applications médicales à visée diagnostique, l'optimisation de l'exposition aux rayonnements ionisants a pour objectif de délivrer la dose minimale permettant d'obtenir une image de qualité suffisante pour obtenir l'information diagnostique pertinente ou réaliser l'acte interventionnel prévu. Pour les applications à visée thérapeutique, il faut délivrer une dose beaucoup plus élevée que pour les applications diagnostiques, qui permet d'obtenir la destruction des cellules ciblées, tout en préservant au mieux les tissus sains voisins. Le principe de limitation ne s'appliquant pas aux patients, les principes de justification et d'optimisation (*voir point 1.3.4*) doivent être appliqués avec d'autant plus de rigueur.

En imagerie médicale, les principes d'optimisation et de justification (éviter les examens non nécessaires, ou ceux dont le résultat peut être obtenu par des techniques non irradiantes de même niveau diagnostique lorsqu'elles sont disponibles) sont au cœur des plans d'action pour la maîtrise des doses délivrées aux patients. Ces plans d'action ont été élaborés par l'ASN en 2011 et 2018, en concertation avec les services du ministère chargé de la santé et les professionnels de santé. Une actualisation du plan d'action 2018 sera effectuée après avoir finalisé le bilan réalisé avec l'ensemble des parties prenantes.

Le principe d'optimisation, défini par l'article L. 1333-2 du code de la santé publique (*voir chapitre 2*), connu sous le nom de principe ALARA[2], a conduit, dans le domaine de l'imagerie médicale utilisant des rayonnements ionisants, à introduire le concept de « niveaux de référence diagnostique » (NRD).

Ne devant pas être assimilés à des « limites de dose » ou à des « doses optimales », ces niveaux sont établis pour des examens standards et des patients types. Les NRD sont ainsi des indicateurs dosimétriques permettant d'évaluer la qualité des pratiques.

La comparaison d'une valeur de NRD à une dose reçue au cours d'un examen individuel n'est pas pertinente pour un individu donné, car dans certaines situations, les conditions de réalisation de l'examen peuvent justifier une valeur plus élevée (notamment pour tenir compte de la morphologie du patient ou d'autres facteurs qui ne remettent pas en cause le rapport bénéfice/risque de la procédure). Le principe d'optimisation devrait conduire les responsables d'activité nucléaire (RAN) utilisant de l'imagerie par rayonnements ionisants à constituer leurs propres niveaux de référence locaux (NRL) pour poursuivre l'optimisation de leurs pratiques si cela est compatible avec l'obtention d'une image de qualité diagnostique. L'ASN encourage de telles pratiques et souhaite que les professionnels les généralisent dans l'intérêt des patients. La décision n°2019-DC-0667 de l'ASN du 18 avril 2019 fixe les valeurs de NRD et demande aux responsables des services de radiologie et de médecine nucléaire de procéder (ou de faire procéder) à des évaluations dosimétriques périodiques et d'en transmettre les résultats à l'IRSN. Les données recueillies par l'IRSN sont analysées, en vue de la mise à jour des NRD. Cette décision sera modifiée en 2025 pour introduire de nouvelles valeurs de NRD pour la mammographie dite « DR » (*Digital Reconstruction*) et la mammographie par tomosynthèse, ainsi que des nouvelles valeurs de NRD pour le CBCT (*Cone Beam Computed Tomography*) dentaire.

La dernière étude « ExPRI », qui analyse l'exposition de la population française aux rayonnements ionisants due aux examens d'imagerie médicale diagnostique, a été publiée par l'IRSN fin 2020. Elle présente les données de l'année 2017, qui sont comparées, en matière d'évolution, à celles de 2012. Ces analyses sont réalisées à partir des actes d'imagerie diagnostique extraits d'un échantillon représentatif des bénéficiaires de l'assurance maladie, par modalité d'imagerie (radiologie conventionnelle, interventionnelle et dentaire, scanner et médecine nucléaire), par région anatomique explorée, par âge et par sexe. On y observe en moyenne une stabilité des expositions (*voir chapitre 1, point 3.3*).

*2. Le principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable *– au plus faible niveau que l'on peut raisonnablement atteindre) est apparu pour la première fois dans la publication 26 de 1977 de la CIPR. Il était l'aboutissement d'une réflexion autour du principe d'optimisation de la radioprotection. Au cours des trente dernières années, l'acceptation et la mise en œuvre du principe ALARA ont évolué de manière significative en Europe avec une implication forte de la Commission européenne qui a abouti, en 1991, à la création d'un réseau ALARA européen.*

1.2.3 L'exposition de la population

L'impact des applications médicales des rayonnements ionisants est susceptible de concerner :
• les personnes du public qui vivent à proximité des installations qui émettent des rayonnements ionisants, ainsi que les travailleurs de ces installations qui ne sont pas des travailleurs classés en application du code du travail au regard du risque radiologique ;
• les embryons ou fœtus exposés *in utero* dans le cadre de l'exposition à des fins médicales de la femme enceinte ;
• les personnels des réseaux d'assainissement et des stations d'épuration susceptibles d'être exposés à des effluents produits par des services de médecine nucléaire ainsi que, en cas de non-respect des procédures de gestion des déchets, les personnels travaillant à la collecte et dans des installations de traitement de déchets susceptibles d'être exposés à des déchets produits par des services de médecine nucléaire ou générés à domicile par des patients ayant bénéficié d'un acte thérapeutique de médecine nucléaire ;
• les personnes participant au soutien et au réconfort d'un patient ayant bénéficié d'un acte thérapeutique de médecine nucléaire, ainsi que les volontaires sains participant à une recherche biomédicale exposant à des rayonnements ionisants. Les obligations réglementaires applicables lors de ces expositions sont celles qui s'appliquent aux expositions médicales. Aussi ces expositions ne sont pas soumises aux limites de dose du public mais doivent respecter des contraintes de dose (*voir ci-dessous et point 1.3.4*).

Les doses estimées liées à l'impact des rejets des services de médecine nucléaire sur la population (personnes extérieures à l'établissement de santé) sont de quelques dizaines de microsieverts (µSv) par an pour les personnes les plus exposées, notamment les personnels travaillant dans les réseaux d'assainissement et les stations d'épuration (études IRSN, 2005 et 2014). En 2015, l'IRSN a développé l'outil CIDRRE (Calcul d'impact des déversements radioactifs dans les réseaux). Cet outil permet notamment aux services de médecine nucléaire d'estimer, avec des hypothèses raisonnablement majorantes, les valeurs d'exposition des personnels des systèmes d'assainissement, sur la base des activités qu'ils administrent aux patients ou qu'ils utilisent pour leurs recherches. Les situations d'exposition des professionnels du traitement de déchets liées à la manipulation de déchets radioactifs en provenance des services de médecine nucléaire ou des services de soins ou générés par des patients à domicile demeurent exceptionnelles et de très faible ampleur, même si des déclenchements de portique se produisent périodiquement à l'entrée des centres de traitement des déchets et nécessitent alors des interventions complexes (tri, caractérisation, etc. – *voir point 2.3.3.4*).

Le nombre d'exposition de femmes enceintes ignorant leur grossesse, rapportés à l'ASN, diminue en 2024 de 7 % par rapport à 2023. Il représente 17 % des déclarations d'événements significatifs de radioprotection (ESR) en 2024 (*voir point 2.7*) contre 26 % en moyenne les 10 années précédentes. Ce chiffre connait des fluctuations régulières, mais il s'inscrit dans une dynamique de décroissance depuis 2021. Fin 2021, l'ASN a publié sur son site un bulletin « La sécurité du patient » intitulé *Rayonnements ionisants : limiter les expositions des femmes ignorant leur grossesse* qui porte progressivement ses fruits. Ces événements surviennent principalement en scanographie (60 % d'entre eux en 2024) traduisant l'intérêt de développer davantage le recours systématique aux tests de dépistage dans ces centres d'imagerie. Il convient également de relever que le nombre de déclarations d'exposition fortuite *in utero* d'embryon ou de fœtus en médecine nucléaire a presque doublé en 2024 par rapport à 2023. C'est la première fois que ce nombre dans cette spécialité dépasse celui de la radiologie conventionnelle. Ces examens d'imagerie conduisent à des doses à l'utérus inférieures à 100 milligrays (mGy). Cette valeur est en deçà de laquelle aucun surcroît de malformation ni de diminution du quotient intellectuel n'a, jusqu'à présent, été décelé en comparaison des risques spontanés (estimés à 3 %)[3]. L'exposition de femmes enceintes ignorant leur grossesse, dans le cadre d'une prise en charge thérapeutique mettant en œuvre des rayonnements ionisants, est au regard des doses plus élevées qu'en diagnostic susceptible de dépasser les 100 mGy en fonction de la zone traitée. L'exposition d'un fœtus à plus de 100 mSv peut conduire la patiente à décider une interruption volontaire de grossesse.

En médecine nucléaire, l'administration d'un médicament radiopharmaceutique (MRP) expose également les professionnels participant aux soins et/ou à leur surveillance (lesquels font l'objet d'un suivi comme précité au point 1.2.1) et potentiellement les personnes dans l'entourage du patient. Afin de maîtriser cette exposition, la réglementation a introduit la notion de « contraintes de dose » pour les personnes vivant dans l'entourage du patient. Pour s'assurer du respect des contraintes de dose vis-à-vis de l'entourage du patient, des mesures de débit d'équivalent de dose ambiant peuvent être effectuées avant la sortie d'un patient ayant bénéficié d'un acte de médecine nucléaire. Dans la pratique clinique, les services de médecine nucléaire conditionnent la sortie des patients ayant reçu une forte activité (application thérapeutique) à un débit d'équivalent de dose d'environ 20 microsieverts par heure (µSv/h) à 1 m (recommandations du GPRP dans les applications médicales – octobre 2017). Dans l'attente de la décroissance de l'activité, une hospitalisation du patient dans une chambre radioprotégée est généralement nécessaire. L'arrivée de nouveaux MRP conduira à actualiser les consignes à l'entourage. Un travail est en cours au sein du groupe de travail chargé de la radioprotection des patients (GT RPP) pour établir des recommandations permettant d'harmoniser les pratiques des services de médecine nucléaire et les informations à transmettre à l'entourage des patients (*voir chapitre 2*).

1.2.4 L'impact sur l'environnement

En médecine nucléaire, les sources radioactives administrées aux patients vont suivre une décroissance physique (période physique issue de leurs propriétés physico-chimiques), mais également une élimination biologique (issue du métabolisme biologique, comme pour tout médicament). Les patients ayant reçu une injection éliminent, principalement par voie urinaire, une partie de la radioactivité administrée. Les services de médecine nucléaire sont conçus et organisés pour la collecte, l'entreposage et l'élimination des déchets et effluents radioactifs produits dans l'installation, notamment pour les radionucléides contenus dans les urines des patients (*voir point 2.3.2*) et sont tenus d'établir un plan de gestion des effluents et des déchets (PGED) détaillant les modalités de leur collecte, de leur gestion et de leur élimination. De plus, une surveillance des rejets doit être mise en place.

L'incidence de l'utilisation des rayonnements ionisants à visée médicale sur l'environnement est mesurée par la surveillance radiologique de l'environnement assurée par l'IRSN (*voir chapitre 3*). Les mesures réalisées sont de l'ordre du bruit de fond de la radioactivité naturelle dans l'environnement. La mesure de la radioactivité de l'eau des grands fleuves ou des stations d'épuration des grandes agglomérations fait ponctuellement apparaître la présence de radionucléides utilisés en médecine nucléaire (par exemple, l'iode-131 – *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020*). En revanche, aucun de ces radionucléides n'a été détecté dans les eaux destinées à la consommation humaine (*voir chapitre 1*). Par ailleurs, l'étude bibliographique conduite par l'IRSN[4] en 2021 met en évidence un impact radiologique faible des rejets radioactifs des services

3. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31. ICRP Publication 90. Ann. ICRP 33. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37, ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37.

4. Rapport IRSN n°2021-00848 sur l'estimation sur la population d'effluents contenant des radionucléides provenant des services de médecine nucléaire et des laboratoires de recherche.

de médecine nucléaire dans les systèmes d'assainissement sur la population (l'analyse par l'IRSN de deux études françaises lui permet d'estimer que l'exposition des riverains des stations de traitement des eaux usées est inférieure à 1 microsievert par an – µSv/an).

1.3 La réglementation

1.3.1 La réglementation générale

La protection des personnels qui interviennent dans les installations où sont utilisés des rayonnements ionisants à des fins médicales est encadrée par des dispositions du code du travail (articles R. 4451-1 à R. 4451-146).
Afin d'assurer la protection du public et des travailleurs, les installations où sont utilisés les DM émetteurs de rayonnements ionisants doivent, de plus, satisfaire aux règles techniques définies dans des décisions de l'ASN (*voir règles techniques décrites aux points 2.1.2, 2.2.2, 2.3.2, 2.4.2, 2.5.2 et 2.6.2 du présent chapitre*).

Le suivi des sources (sources radioactives dont les MRP, dispositifs électriques émetteurs de rayonnements ionisants, accélérateurs de particules) est soumis aux règles spécifiques figurant dans le code de la santé publique (articles R. 1333-152 à R. 1333-164). Celles-ci portent sur l'acquisition, la distribution, l'importation, l'exportation, la cession, le transfert, la reprise et l'élimination des sources. Les sources, selon leur nature, doivent être déclarées, enregistrées ou autorisées si elles ne sont pas exemptées. Elles sont inventoriées, puis reprises lorsqu'elles sont périmées, et peuvent faire l'objet de garanties financières en vue de leur reprise par le fournisseur.

1.3.2 Les médicaments radiopharmaceutiques et les dispositifs médicaux

Les radionucléides utilisés en médecine nucléaire peuvent être classés en deux catégories :
• les MRP, qui comme tous médicaments sont soumis à l'obtention d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) délivrée, soit par l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), soit par l'Agence européenne des médicaments (*European Medicines Agency* – EMA) avant de pouvoir être utilisés conformément aux préconisations de leur fabricant ;
• les DM implantables actifs (par exemple, les microsphères marquées à l'yttrium-90), nécessitent eux aussi l'apposition d'un marquage « CE » par leur fabricant pour être mis sur le marché dans les États membres ou partis à l'accord avec la Communauté économique européenne en application de la directive 90/385/CEE transposée dans le code de la santé publique aux articles R. 5211-1 à R. 5211-73.

Dans l'attente de l'obtention d'une AMM et pour permettre un accès précoce aux médicaments pour les patients atteints d'une maladie grave ou rare, des processus dérogatoires se sont multipliés en France ces vingt dernières années. Afin de simplifier et d'unifier ces différents processus, une réforme de l'accès dérogatoire aux médicaments a été mise en œuvre à partir du 1er juillet 2021 (décret n° 2021-869 du 30 juin 2021). Cette réforme, ayant pour objectif de « *permettre un accès encore plus rapide à ces médicaments pour des patients en impasse thérapeutique* », remplace les six régimes d'autorisation par deux modalités d'accès : l'accès compassionnel et l'accès précoce.

Les DM émetteurs de rayonnements ionisants (générateurs électriques de rayons X et accélérateurs de particules, microsphères marquées à l'yttrium-90), utilisés dans le cadre d'une activité nucléaire à finalité médicale, doivent satisfaire aux exigences essentielles définies dans le code de la santé publique (articles R. 5211-23 et R. 5211-23-1 pour les dispositifs médicaux implantables actifs et R. 5211-22 pour les autres dispositifs médicaux). Le marquage « CE », qui atteste de la conformité à ces exigences essentielles, est obligatoire. À la suite d'évolutions technologiques, l'arrêté du 15 mars 2010 fixant les exigences essentielles applicables aux DM, autres qu'implantables actifs (microsphères marquées à l'yttrium-90), a été modifié le 4 octobre 2019 pour renforcer les dispositions concernant l'affichage de la dose en imagerie.

Par ailleurs, le règlement européen EU 2017/745 du 5 avril 2017 est entré en application le 26 mai 2021. Il a été modifié par le règlement UE 2023/607 du 15 mars 2023 qui prolonge des dispositions transitoires. En raison notamment des effets de la crise liée à la pandémie de Covid-19 sur les entreprises et d'un nombre encore limité d'organismes notifiés au titre du règlement précité, ces nouvelles dispositions permettent aux fabricants qui se sont engagés avant le 26 mai 2024 dans un processus d'évaluation de la conformité de leurs DM, au titre du Règlement (UE) 2017/745, de poursuivre, sous certaines conditions, la mise sur le marché de ces mêmes DM conformes à la directive 90/385/CEE ou à la directive 93/42/CEE. La date limite à partir de laquelle il ne sera plus possible de mettre sur le marché ou de mettre en service des DM émettant des rayonnements ionisants qui ne sont que conformes aux directives précitées est fixée au plus tard le 31 décembre 2028, exception faite notamment des grains d'iode-125 utilisés en curiethérapie ou des microsphères marqués à l'yttrium-90 évoqués ci-dessus qui devront être conformes au règlement (UE) 2017/745 au plus tard le 31 décembre 2027. Ce nouveau règlement européen renforce, d'une part, la sécurité des patients par une meilleure évaluation clinique des DM ; d'autre part, la transparence, grâce à la base de données européenne sur les DM (*Database on Medical Devices* – EUDAMED). Cette dernière est accessible tant aux fabricants qu'aux autorités compétentes en charge de la surveillance du marché des DM et en partie au grand public. Les objectifs de la mise à disposition des données de cette base sont :
• de contribuer à l'amélioration de la collaboration entre :
  – les fabricants ou leur mandataire et l'autorité compétente du pays dans lequel les DM sont fabriqués/vendus/installés,
  – les autorités compétentes européennes en charge de la surveillance du marché des DM ;
• d'assurer une plus grande transparence vis-à-vis du public notamment en mettant à sa disposition le résumé des caractéristiques de sécurité et des performances cliniques de chaque DM.

Pour faciliter l'accès précoce à des technologies innovantes et utiles pour le patient, qui ne bénéficient pas encore d'un marquage « CE », la Haute Autorité de santé (HAS) a mis en place un « forfait innovation ». Ce forfait innovation est un dispositif de prise en charge dérogatoire et temporaire mis en place pour faciliter l'accès précoce des patients à des technologies innovantes (DM) en phase précoce de développement clinique. L'étude clinique est menée dans le but de confirmer le bénéfice pour la santé humaine de la nouvelle technologie.

Les évaluations cliniques conduites dans le cadre de la mise sur le marché des DM, des MRP ou des processus dérogatoires permettant aux patients de bénéficier d'un traitement innovant sont des éléments déterminants dans la mise en œuvre du principe de justification (*voir point 1.3.4*).

Afin d'anticiper les enjeux de radioprotection liés à l'introduction de nouvelles techniques et pratiques émergentes, le Comité d'analyse des nouvelles techniques et pratiques utilisant des rayonnements ionisants (Canpri – *voir chapitre 2*) a été saisi en 2020 pour travailler sur la plateforme gyroscopique de radiochirurgie intracrânienne et de radiothérapie en condition stéréotaxique ZAP-X®. Il a rendu en 2023 son avis sur la radioprotection des patients, des travailleurs, l'aménagement des locaux, ainsi que sur la gestion des déchets après usage. Son avis comporte des recommandations à destination des futurs utilisateurs, du constructeur et des institutions (ministère chargé de de la santé, HAS, ANSM, ASN, sociétés savantes, etc.). Sur cette base, l'ASN a pris position le 22 octobre 2024 et a publié son avis sur son site internet (avis n° 2024-AV-0447 du 22 octobre 2024).

Depuis 2022, le Canpri a également engagé des travaux, à la demande de l'ASN, sur la radiothérapie flash. Son avis est attendu en 2025.

1.3.3 Le régime administratif

Dans le cadre de la refonte des régimes applicables aux différentes activités nucléaires

TABLEAU 1 Classification des activités nucléaires à finalité médicale selon les enjeux de radioprotection

Activités	Patients	Professionnels	Population et environnement
Radiothérapie externe	3	1	1
Curiethérapie	2	2	2
Radiothérapie interne vectorisée	3	2	3
Pratiques interventionnelles radioguidées	2 à 3 selon les actes	2 à 3 selon les actes	1
Médecine nucléaire diagnostique	1 à 2 selon les actes	2 à 3 selon les actes	2
Scanographie	2	1	1
Actes radioguidés sur table télécommandée en service de radiologie	1	1	1
Radiologie conventionnelle	1	1	1
Radiologie dentaire	1	1	1

1 : Pas d'enjeu ou enjeu faible – 2 : Enjeu modéré – 3 : Enjeu fort

introduite par le décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire, l'ASN a souhaité mettre en œuvre une approche plus graduée et proportionnée aux enjeux.

Trois régimes sont désormais en place, l'autorisation, la déclaration et, depuis le 1er juillet 2021, une autorisation simplifiée, appelée « enregistrement ». La déclaration est une procédure simple, qui ne nécessite aucune transmission de documents justificatifs. Elle est adaptée aux activités nucléaires présentant les risques les plus faibles pour les personnes (travailleurs et population), les patients et l'environnement. L'autorisation permet d'encadrer les activités présentant les enjeux les plus importants, pour lesquels l'ASN vérifie, lors de l'instruction du dossier accompagnant la demande, que les risques ont bien été identifiés par le demandeur et que les barrières destinées à limiter leurs effets sont appropriées. Ce régime est applicable à la radiothérapie dont la radiochirurgie, la curiethérapie et la médecine nucléaire à finalités diagnostique et thérapeutique. L'enregistrement, qui fait également l'objet d'une instruction, se caractérise par un nombre plus limité de pièces à transmettre.

Depuis le 1er juillet 2021, le portail Téléservices de l'ASN permet aux RAN d'enregistrer leurs activités. La liste des activités médicales soumises à enregistrement a été définie, sur la base des enjeux de radioprotection (*voir tableau 1 ci-dessus*) par la décision n° 2021-DC-0704 de l'ASN du 4 février 2021. Ce régime est applicable à la scanographie et aux PIR, activités à enjeux en ce qui concerne la radioprotection. En raison de la diversité des équipements « CBCT » et des conditions particulières de radioprotection associées à leur usage, ces dispositifs ont également été placés sous le régime administratif de l'enregistrement, afin de garantir un meilleur contrôle *a priori* des règles de radioprotection. La radiologie conventionnelle et la radiologie dentaire continuent à bénéficier du régime de déclaration.

En juin 2023 est entré en vigueur le régime des autorisations de soins. Les projets relatifs à la création de tout établissement de santé, la création, la conversion et le regroupement des activités de soins, y compris sous la forme d'alternatives à l'hospitalisation, et l'installation des équipements matériels lourds sont soumis à l'autorisation des agences régionales de santé (ARS). L'autorisation d'activités de soins est une pièce constitutive du dossier de demande d'autorisation de détenir et d'utiliser une source radioactive ou un appareil émetteur de rayonnements ionisants. Parmi les changements induits par la réforme figure l'instauration de nouvelles activités de soins parmi lesquelles la radiologie interventionnelle et la médecine nucléaire, et le renforcement de la démarche qualité et sécurité avec l'extension de l'opposabilité des conditions techniques de fonctionnement de la radiothérapie aux services de neurochirurgie. Les activités de soins et les équipements médicaux lourds devront se conformer aux conditions d'implantation (CI – elles détaillent notamment les niveaux d'actes) fixées pour chacun d'eux par les dispositions du chapitre III, du titre III, du livre Ier de la 6e partie du code de la santé publique (articles R. 6123-1 à R. 6123-212). À ces CI sont également associées des conditions techniques de fonctionnement (CTF – elles comprennent par exemple des exigences relatives à la composition des équipes, la qualification des personnels, l'aménagement des locaux, les modalités de suivi des patients, le recours à certaines modalités de prise en charge, etc.). Ces CTF sont précisées par les dispositions du chapitre IV, du titre II, du livre Ier de la 6e partie du code de la santé publique (articles D. 6124-1 à D. 6124-501). La mise en œuvre de cette réforme va continuer à modifier les organisations en place en encourageant, notamment, la coopération entre structures de soins. Ces regroupements peuvent conduire le titulaire d'une autorisation d'activité(s) nucléaire(s) à demander à l'ASN de la modifier, voire de l'abroger (changement de RAN, élaboration ou modification des conventions, etc.). À titre d'exemples, en médecine nucléaire, certains équipements peuvent être mutualisés entre établissements ; en radiothérapie externe, l'activité de radiochirurgie peut être portée par un service de neurochirurgie et non plus un service de radiothérapie. En médecine nucléaire, deux catégories de service sont distinguées : ceux de mention A ne réalisant pas de thérapie et ceux de mention B réalisant notamment les actes thérapeutiques.

L'ASN est attentive à l'impact de cette réforme sur les autorisations d'activités nucléaires, ainsi que sur les conditions de radioprotection du fait de ces changements organisationnels.

1.3.4 Les spécificités de la radioprotection des patients

La justification et l'optimisation – La protection des patients bénéficiant d'examens d'imagerie médicale ou d'actes thérapeutiques utilisant les rayonnements ionisants est encadrée par des dispositions spécifiques du code de la santé publique (articles R. 1333-45 à R.1333-80). Le principe de justification des actes et le principe d'optimisation des doses délivrées constituent le socle de cette réglementation. Le principe de limitation de la dose ne s'applique pas aux patients, du fait de la nécessité d'adapter, pour chaque patient, la dose délivrée à l'objectif diagnostic ou thérapeutique. L'ASN veille à la mise à jour de ce cadre réglementaire par des dispositions spécifiques en matière d'optimisation, d'assurance de la qualité, de formation et de qualification comme décrit ci-après.

Les qualifications requises – L'emploi des rayonnements ionisants sur le corps humain est réservé aux médecins et chirurgiens-dentistes justifiant des compétences requises pour réaliser ces actes (article R. 1333-68 du code de la santé publique). Pour adapter les dispositions réglementaires aux évolutions des techniques et aux conditions d'exercice, l'ASN a publié la décision n° 2020-DC-0694 du 8 octobre 2020, homologuée par arrêté du 5 juillet 2021, qui est entrée en vigueur en juillet 2021. Elle abroge celle du 23 août 2011 (n° 2011-DC-0238) et met à jour les qualifications requises pour les médecins ou chirurgiens-dentistes qui réalisent des actes utilisant des rayonnements ionisants à des fins médicales ou de recherche impliquant la personne humaine. Elle fixe aussi les exigences requises pour la désignation des médecins coordonnateurs d'une activité nucléaire à des fins médicales et pour demander une autorisation ou un enregistrement en tant que personne physique.

Les obligations d'assurance de la qualité Afin de maîtriser les doses délivrées aux patients et contribuer ainsi à une meilleure sécurité des soins, deux décisions de l'ASN encadrent les obligations des RAN en matière d'assurance de la qualité pour

l'ensemble des activités médicales mettant en œuvre des rayonnements ionisants :
• la décision n° 2019-DC-0660 du 15 janvier 2019 en imagerie médicale, c'est-à-dire en médecine nucléaire à des fins diagnostiques, en radiologie dentaire et conventionnelle, en scanographie et pour les PIR ;
• la décision n° 2021-DC-0708 du 6 avril 2021 de l'ASN pour les actes thérapeutiques, c'est-à-dire la radiothérapie externe, dont la contacthérapie et la radiothérapie peropératoire, la curiethérapie, la médecine nucléaire à finalité thérapeutique (RIV) et la radiochirurgie.

Ces décisions obligent le RAN, avec des exigences proportionnées aux enjeux de radioprotection, à formaliser les instructions de travail associées à la mise en œuvre opérationnelle des deux principes généraux de la radioprotection (la justification des actes et l'optimisation des doses), ainsi que celles portant sur le retour d'expérience des événements, la formation et l'habilitation des professionnels et, pour les actes thérapeutiques, l'analyse des risques *a priori*. La décision n° 2021-DC-0708 du 6 avril 2021 précitée actualise et renforce les exigences d'assurance de la qualité, en particulier lors d'un changement organisationnel ou technique, ainsi qu'en cas d'externalisation de processus de travail.

Parmi les obligations d'assurance de la qualité, figure l'audit clinique par les pairs.

Le principe de l'audit clinique par les pairs a été inscrit dans la directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants. Transposé en droit français à l'article R. 1333-70 du code de la santé publique, l'audit clinique réalisé par les pairs, qui est inclus dans le système d'assurance de la qualité prévu à l'article L. 1333-19 du code de la santé publique, est « *la méthode d'évaluation qui permet, au regard de critères déterminés par le référentiel d'assurance de la qualité, de garantir au patient la compétence de l'équipe médicale et soignante, la qualité des soins et la sécurité des actes qui comprend la radioprotection des patients* ».

Les audits cliniques par les pairs se mettent en place progressivement depuis 2023 sous l'impulsion de la Direction générale de la santé (DGS) dans un premier temps dans les domaines de l'imagerie et de la radiothérapie, avec l'appui des sociétés savantes et conseils nationaux professionnels concernés. L'ASN participe aux comités de pilotage mis en place par la DGS pour assurer le suivi de la mise en œuvre de ces audits cliniques. Les grilles d'audit ont été finalisées, ainsi que s'est achevée la période de recrutement et de formation des auditeurs (médecins, physiciens médicaux et manipulateurs en électroradiologie médicale – MERM) et l'identification de centres volontaires pour tester le processus. La phase pilote visant à tester l'ensemble du processus d'audit (organisation, documentation, etc.), ainsi que la pertinence desdites grilles pour les deux domaines a été initiée fin 2023. Le bilan fin 2024 sur une dizaine de centres volontaires en radiothérapie est globalement positif en matière de méthodologie, de préparation des audits tant des auditeurs que des centres audités et de points abordés durant les audits comme la justification de l'acte (radioprotection du patient). La phase pilote en radiothérapie continuera à se déployer en 2025. En radiologie, une trentaine de structures d'imagerie ont été auditées fin juillet 2024 sur les 70 candidatures reçues par le conseil national professionnel (CNP) radiologie. Un bilan des audits réalisés en imagerie médicale sur la première année de fonctionnement sera effectué. Les audits se poursuivront sur la base du volontariat en 2025.

À l'issue de ces phases expérimentales, un bilan national sera réalisé par le ministère chargé de la santé afin d'étendre ces audits cliniques à l'échelle nationale, un arrêté devant préciser les modalités de réalisation de ces audits, dont la périodicité. L'ASN encourage le déploiement de ces audits dans les secteurs à forts enjeux de radioprotection actuellement non couverts, à savoir la radiochirurgie et la médecine nucléaire à visée thérapeutique et, en particulier, les sociétés savantes à travailler d'ores et déjà sur les référentiels d'audit.

La formation à la radioprotection des patients

Les obligations de formation continue à la radioprotection des patients sont fixées aux articles L. 1333-19, R. 1333-68 et R. 1333-69 du code de la santé publique. L'ensemble du dispositif a été révisé dans la décision n° 2019-DC-0669 de l'ASN du 11 juin 2019 modifiant celle du 8 janvier 2015 (décision n° 2017-DC-0585), à la suite des échanges avec l'ensemble des CNP concernés. Cette décision vise à clarifier et renforcer les objectifs pédagogiques concernant la justification, à intégrer de nouveaux acteurs et à favoriser l'articulation avec les autres dispositifs de formation continue. En application de cette décision, 18 guides professionnels ont été élaborés par les sociétés savantes puis validés par l'ASN et mis en ligne sur *asn.fr*[5]. Afin de suivre la mise en œuvre sur le terrain de ce nouveau cadre réglementaire, une évaluation qualitative et quantitative a été initiée en 2022, en impliquant l'ensemble des professions. Un état des lieux des offres de formation a été réalisé afin d'identifier les principaux acteurs (établissements de santé, sociétés savantes, organismes de formation continue). Pour le guide des professionnels de la radiothérapie et celui des MERM exerçant en imagerie, une évaluation spécifique a été conduite par le Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire (CEPN) à la demande de l'ASN sur le nombre et le contenu de ces deux formations. Cette évaluation a porté sur le respect de la réglementation, l'organisation des formations, leurs modalités pédagogiques, ainsi que sur la satisfaction des professionnels qui les ont suivies. Les premiers résultats montrent que les guides de formation sont globalement suivis par les organismes offreurs de formations (publics ou privés). Ces travaux ont été présentés en 2023 au comité de suivi du plan national de maîtrise des doses en imagerie, ainsi qu'au Groupe permanent d'experts pour la radioprotection – GPRP (*voir chapitre 2*) et se sont poursuivis en 2024 avec, en particulier, une présentation des résultats auprès des organismes dispensant la formation à la radioprotection des patients.

1.4 Les enjeux et les priorités de contrôle

Afin d'établir ses priorités en matière de contrôle, l'ASN a procédé à une classification des activités nucléaires en fonction des enjeux pour les patients, le personnel, la population et l'environnement (*voir point 1.3.3, tableau 1*). Cette classification tient compte plus particulièrement des doses délivrées ou administrées aux patients, sur le plan individuel ou collectif, des conditions d'aménagement des locaux et d'utilisation des sources de rayonnements ionisants par les professionnels, de la production de déchets et d'effluents contaminés par des radionucléides, des enjeux en matière de sécurité des sources (sources scellées de haute activité), du retour d'expérience des événements significatifs déclarés à l'ASN et de l'état de la radioprotection dans les établissements où ces activités sont exercées.

Sur la base de cette classification, l'ASN considère que les priorités d'inspections doivent porter sur la radiothérapie externe dont la radiochirurgie, la curiethérapie, la médecine nucléaire et les PIR. Les fréquences d'inspection, fondées sur une approche graduée aux enjeux de radioprotection (*voir tableau 2 ci-après*), permettent de contrôler l'ensemble des activités à enjeux sur une période de trois à cinq ans, selon les secteurs. Ces fréquences sont augmentées lorsque sont identifiées certaines fragilités susceptibles d'avoir une incidence sur la radioprotection (difficultés liées aux ressources humaines, changement technique ou organisationnel, gestion de la qualité ou des risques insuffisamment maîtrisée ; retard dans la formalisation des pratiques, absence d'études de risque, défaut de culture du risque, enjeux particuliers associés à certaines techniques, etc.). Cela peut conduire l'ASN à mettre certains centres sous surveillance renforcée, lorsque des dysfonctionnements importants persistants ont été constatés, et d'y réaliser des inspections *a minima* annuelles (*voir chapitre 3*). Pour les PIR, la fréquence d'inspection peut être réduite en fonction de la connaissance de l'état de la

5. *asn.fr/espace-professionnels/activites-medicales/guides-professionnels-de-formation-continue-a-la-radioprotection*

TABLEAU 2 Fréquence des inspections par domaine d'activité nucléaire

Domaine d'activité nucléaire	Fréquence en routine
Radiothérapie externe	Tous les 4 ans
Curiethérapie	Tous les 4 ans
Médecine nucléaire à visée diagnostique	Tous les 5 ans
Médecine nucléaire à visée thérapeutique en ambulatoire (par exemple, iode < 800 MBq, synoviorthèses, etc.)	Tous les 4 ans
Médecine nucléaire à visée thérapeutique avec des thérapies complexes utilisant de l'iode > 800 MBq, du lutétium-177, de l'yttrium-90 et en hospitalisation	Tous les 3 ans
Pratiques interventionnelles radioguidées à enjeux	Environ tous les 5 ans (*)
Scanographie (urgences ou pédiatrie à enjeux en matière de radioprotection)	Échantillonnage : environ une vingtaine d'installations par an

* En fonction de la connaissance de l'état de la radioprotection des installations par l'ASN sur la base notamment des contrôles opérés lors de la délivrance d'un enregistrement.

radioprotection des installations par l'ASN, sur la base notamment des contrôles opérés lors de la délivrance d'un enregistrement.

En 2018, l'ASN a défini une liste de points de contrôle systématiques portant sur la radioprotection des travailleurs, des patients et du public, la gestion des sources, des déchets et des effluents, ainsi que la sécurité des sources. Ces contrôles, assortis d'indicateurs, permettent de réaliser des évaluations aux niveaux régional et national et d'en mesurer, dans le temps, les évolutions. Certains indicateurs sont communs à l'ensemble des activités contrôlées, tels que, par exemple, l'organisation de la radioprotection, l'organisation de la physique médicale, la formation à la radioprotection des travailleurs ou des patients. D'autres sont spécifiques à une activité donnée, par exemple, la gestion des déchets et effluents en médecine nucléaire ou la sécurité des sources en curiethérapie. C'est sur la base de ces indicateurs qu'est, en particulier, évalué l'état de la radioprotection en milieu médical. En complément de ces vérifications systématiques, des investigations sont menées sur des thèmes spécifiques, définis dans un cadre annuel ou pluriannuel et adaptés aux situations particulières rencontrées en inspection.

En 2024, les principaux thèmes retenus étaient :
• pour la radiothérapie, dont la radiochirurgie et la curiethérapie : la gestion des risques et en particulier la capitalisation des ESR, la gestion des compétences et des formations, la maîtrise des équipements et plus particulièrement le processus d'étalonnage des accélérateurs et la sécurité des sources scellées de haute activité ;
• pour la médecine nucléaire : la gestion des événements indésirables concernant la maîtrise de la dispensation des MRP, la mise en œuvre des vérifications permettant de s'assurer de l'absence de contamination surfacique et atmosphérique ;
• pour les PIR : la mise en œuvre de la démarche d'optimisation et la formation des praticiens à la radioprotection des patients.

Si les inspections courantes (*voir chapitre 3*) sont majoritairement annoncées aux RAN, des inspections inopinées peuvent être diligentées. Six inspections inopinées ont ainsi été réalisées en 2024 couvrant toutes les activités inspectées (deux en PIR, deux en médecine nucléaire, une en radiothérapie et une en scanographie). Par ailleurs, des inspections peuvent être réalisées dans le cadre de la mise en service lors de l'installation de nouveaux DM ou pour de nouvelles installations, ainsi que dans le cadre de l'instruction d'un ESR.

1.5 Les événements significatifs de radioprotection

Les ESR doivent obligatoirement être déclarés à l'ASN en application du code de la santé publique (articles L. 1333-13, R. 1333-21 et 22) et du code du travail (article R. 4451-74 – *voir chapitre 3, point 3.3*). Dans le domaine médical, les ESR sont déclarés à l'ASN depuis 2007. Ces déclarations permettent, après analyse, un retour d'expérience vers les professionnels, dans une perspective d'amélioration continue de la radioprotection.

Un portail de téléservice a été mis à disposition pour permettre à l'ensemble des professionnels du domaine médical de télétransmettre leur déclaration sur le site *teleservices.asn.fr*. Celui-ci est intégré au portail de signalement des événements sanitaires indésirables géré par le ministère chargé de la santé. En fonction du type d'événement déclaré, la déclaration est automatiquement transmise à l'ASN (division territoriale et Direction des rayonnements ionisants et de la santé – DIS), à l'ARS pour tous les événements concernant le patient et à l'ANSM pour les événements relevant de la matériovigilance ou de la pharmacovigilance.

Les modalités de déclaration et de codification des critères de déclaration des événements significatifs définis dans le Guide n°11 de l'ASN doivent prochainement évoluer. Le classement des événements concernant les patients lors d'un traitement de radiothérapie ou de curiethérapie sur l'échelle ASN-SFRO demeure inchangé. L'objectif de cette échelle, élaborée par l'ASN en collaboration avec la Société française de radiothérapie oncologique (SFRO), est d'informer le public sur les événements de radioprotection affectant des patients dans le cadre d'un traitement de radiothérapie ou de curiethérapie, en prenant en compte, en plus des conséquences avérées, les effets potentiels de l'événement et le nombre de patients exposés (*voir chapitre 3*).

Par ailleurs, les avis d'incidents sont publiés sur *asn.fr*.

Pour répondre à l'obligation qui lui est faite de communiquer aux professionnels de santé les enseignements tirés de l'analyse des événements susceptibles de porter atteinte à la santé des personnes mentionnés à l'article L. 1333-13, lorsque ces événements présentent un intérêt du point de vue de la radioprotection des patients (article R. 1333-74 du code de la santé), l'ASN produit régulièrement plusieurs supports d'information :
• des fiches « Retour d'expérience » à la suite d'un ESR pour communiquer rapidement vers les professionnels potentiellement concernés afin d'éviter qu'il ne se reproduise dans un autre établissement ;
• des bulletins « La sécurité du patient – pour une dynamique de progrès » depuis mars 2011. Le bulletin « La sécurité du patient » propose un décryptage thématique des bonnes pratiques des services et des recommandations élaborées par les sociétés savantes de la discipline concernée et les institutions de la santé et de la radioprotection ;
• des lettres circulaires à l'attention des RAN pour appeler leur attention sur des point particuliers à l'origine d'ESR, diffuser les enseignements tirés de ces derniers ou/et faire connaître ses recommandations en la matière.

Pour élaborer les deux premiers types de support, l'ASN s'appuie sur deux groupes de travail (GT) pluriprofessionnels, l'un dans le domaine de la radiothérapie, l'autre dans le domaine de l'imagerie. Ces types de documents sont publiés sur le site de l'ASN à la rubrique « Espace professionnels » sous l'item « Retour d'expérience ». Les circulaires sont publiées dans les rubriques consacrées à chacune des activités médicales, sous l'item « Lettres circulaires ».

L'ensemble de ces supports de communication, au-delà de remplir l'obligation de l'ASN, sont élaborés avec un soin particulier pour susciter l'intérêt des professionnels et encourager le partage des enseignements issus de leur retour d'expérience.

Pour en savoir plus sur les travaux de ces GT se référer au point 2.7 ci-après.

2 — Les activités nucléaires à finalité médicale

2.1 La radiothérapie externe

La radiothérapie est, avec la chirurgie et la chimiothérapie, l'une des techniques majeures employées pour le traitement des tumeurs cancéreuses. La radiothérapie utilise les rayonnements ionisants pour la destruction des cellules malignes mais également non malignes, dysfonctionnelles, etc. On distingue la radiothérapie externe, où la source de rayonnements est extérieure au patient (accélérateur de particules ou source radioactive scellées dans le cas du Gamma Knife®), de la curiethérapie, où une source radioactive scellée est positionnée au plus près de la lésion cancéreuse, soit par les cavités naturelles soit par des cathéters (*voir point 2.2*).

Les séances d'irradiation sont toujours précédées par l'élaboration du plan de traitement, qui a pour but de fixer les conditions permettant d'atteindre une dose élevée dans le volume cible tout en préservant les tissus sains environnants. Ce plan de traitement définit la dose à délivrer, le(s) volume(s) cible(s) à traiter, les organes à risque à protéger, la balistique des faisceaux d'irradiation et la répartition prévisionnelle des doses (dosimétrie). Son élaboration nécessite une coopération étroite entre l'oncologue-radiothérapeute, le physicien médical et, le cas échéant, les dosimétristes.

Le principal enjeu de radioprotection est lié à la dose délivrée au patient ; l'évolution des techniques de traitement avec le développement de l'hypofractionnement (*voir point 2.1.1*), consistant à délivrer des doses plus importantes lors d'une même séance rend d'autant plus cruciale la maîtrise de la délivrance de cette dose.

C'est pourquoi le contrôle de l'ASN porte, à la fois, sur la capacité des centres à maîtriser la délivrance de la dose au patient et à tirer les enseignements des dysfonctionnements observés ou susceptibles de se produire. La mise en œuvre du système de management de la qualité (SMQ) et de la sécurité des soins, la gestion des compétences, la maîtrise des équipements, la culture de déclaration et la capacité d'analyse des événements indésirables dont les ESR sont ainsi au cœur des contrôles de l'ASN. Les changements techniques, organisationnels et humains étant des situations susceptibles de générer des risques, la conduite du changement fait également l'objet d'une attention particulière lors des inspections.

2.1.1 La présentation des techniques

Plusieurs techniques de radiothérapie externe sont actuellement utilisées en France.

La **radiothérapie conformationnelle tridimensionnelle** est considérée par la SFRO comme la technique de base dans son *Guide de recommandations pour la pratique de la radiothérapie externe et de la curiethérapie* (Recorad) actualisé en février 2022. Cette technique utilise des images tridimensionnelles des volumes cibles et des organes avoisinants, obtenues à l'aide d'un tomodensitomètre (scanner), parfois en association avec d'autres examens d'imagerie (tomographie par émission de positons – TEP, imagerie par résonance magnétique nucléaire – IRM, etc.). Depuis plusieurs années toutefois, la proportion de traitements réalisés avec cette technique diminue, au profit de la **radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité dite « RCMI »** (*Intensity-modulated Radiotherapy* – IMRT), qui a vu le jour en France au début des années 2000 et qui permet une meilleure adaptation à des volumes tumoraux complexes et une meilleure protection des organes à risque voisins, grâce à la modulation d'intensité des faisceaux en cours d'irradiation.

Dans le prolongement de la RCMI, l'**arcthérapie volumétrique avec modulation d'intensité** (AVMI ou *Volumetric Modulated Arc Therapy* – VMAT) est désormais de plus en plus fréquemment mise en œuvre en France et est la technique de référence pour les cancers de la prostate et de la sphère ORL. Cette technique consiste à réaliser l'irradiation d'un volume cible par une variation continue de plusieurs paramètres en cours de traitement : la forme et l'intensité des faisceaux, la position et la vitesse de rotation de l'accélérateur autour du volume cible et donc du patient.

La **radiothérapie hélicoïdale ou tomothérapie** permet de réaliser des irradiations en combinant la rotation continue d'un accélérateur au déplacement longitudinal du patient en cours d'irradiation. La modulation possible de l'intensité du rayonnement permet de réaliser des irradiations aussi bien de grands volumes de forme complexe que de lésions très localisées, éventuellement dans des régions anatomiques indépendantes les unes des autres. Le système requiert l'acquisition d'images dans les conditions du traitement à chaque séance, à des fins de comparaison avec les images scanographiques de référence pour repositionner le patient.

La **radiothérapie en conditions stéréotaxiques** est une méthode de traitement qui vise à irradier à forte dose des lésions (cancéreuses ou non) intra ou extracrâniennes, avec une précision submillimétrique, par de multiples mini-faisceaux convergeant au centre de la cible. La dose totale est délivrée lors d'une séance unique ou de façon hypofractionnée, selon la maladie à traiter. Cette technique exige une grande précision dans la définition du volume cible à irradier et fait notamment appel à des techniques de repérage spécifiques, afin de permettre une localisation millimétrique des lésions. L'augmentation des doses par séance implique généralement, pour les accélérateurs linéaires, l'utilisation de faisceaux non filtrés (*Flattening-Filter-Free* – FFF) permettant d'augmenter le débit de dose et ainsi la dose par séance.

Cette technique thérapeutique utilise principalement trois types d'équipements spécifiques, tels que :
- le Gamma Knife® qui utilise plus de 190 sources de cobalt-60 soit autant de faisceaux non-coplanaires centrés sur la tumeur. Le mouvement de la table sur laquelle le patient est positionné permet de délivrer la dose souhaitée à l'ensemble de la tumeur avec une grande précision ;
- le CyberKnife®, constitué d'un accélérateur linéaire miniaturisé monté sur un bras robotisé, offrant près de 2 000 points d'entrées non-coplanaires du faisceau autour du patient. Cet appareil permet également un suivi de la position de la tumeur pendant l'irradiation (*tracking*) ;
- des accélérateurs linéaires polyvalents équipés de moyens de collimation additionnels (mini-collimateurs, localisateurs permettant la réalisation de mini-faisceaux), dotés d'une précision mécanique adaptée et d'une table avec 6 degrés de liberté (permettant notamment des traitements non-coplanaires et un meilleur positionnement).

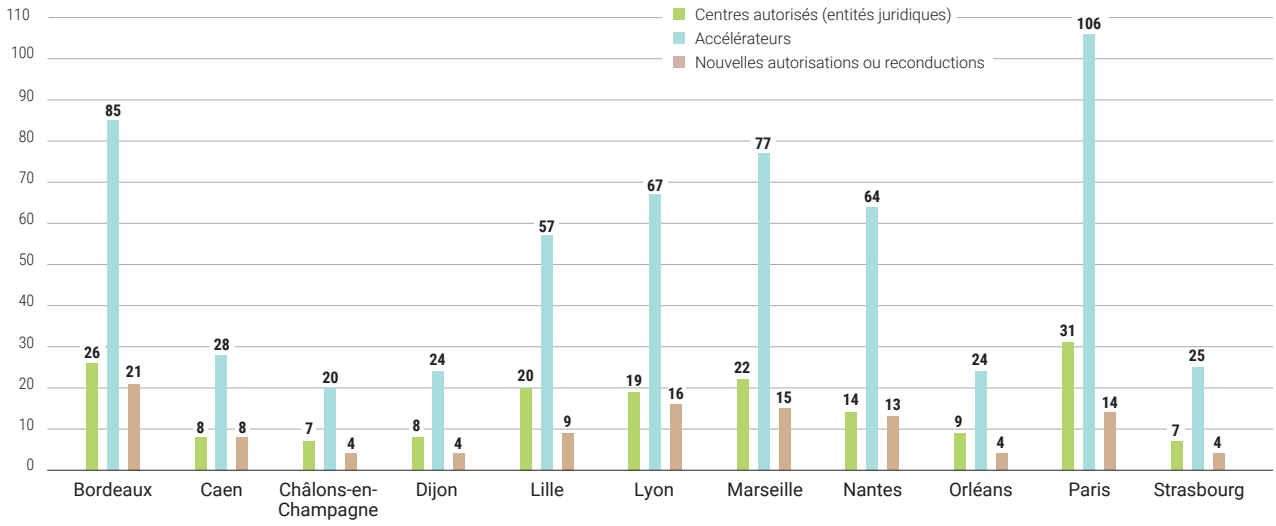
Un nouvel accélérateur mono énergie de radiothérapie, plateforme gyroscopique autoblindée appelée « ZAP-X® » (ZAP Surgical, 3 MV, mode FFF) a été autorisé en France en mars 2023 pour les traitements de radiothérapie et de radiochirurgie en conditions stéréotaxiques intracrâniennes (*voir avis du Canpri aux points 1.2.2 et 1.3.2*).

Depuis 2018, l'association d'un **accélérateur linéaire pour la radiothérapie couplé à une IRM** se développe.

La **contacthérapie ou radiothérapie de contact** est une technique de radiothérapie externe. Les traitements sont délivrés par des appareils spécifiques mettant en jeu des faisceaux de photons de basse énergie dont la source de rayonnement est appliquée au contact de la lésion à irradier (superficielles tels que les cancers de la peau, endocavitaires tels que le cancer du rectum, parfois en contact du lit opératoire après exérèse de tumeur tels que le cancer du pancréas, du foie, etc.).

La **radiothérapie peropératoire par électrons** est fondée sur l'application d'un faisceau direct d'électrons (énergie jusqu'à 12 MeV) sur le champ opératoire au moyen d'accélérateurs mobiles d'électrons, disposant du marquage « CE », et munis d'un blindage incorporé

GRAPHIQUE 1 **Répartition, par division territoriale de l'ASN, du nombre de centres et d'accélérateurs de radiothérapie externe contrôlés et du nombre de nouvelles autorisations ou de reconductions d'autorisation par l'ASN en 2024**



pour permettre d'intervenir directement au bloc opératoire. Ils permettent une irradiation optimale de la tumeur (dose en une fraction très élevée) tout en préservant au maximum les tissus sains environnants. Cette technique est principalement utilisée en complément d'une radiothérapie externe secondaire dans des cas de tumeurs inextirpables (sarcomes, pancréas, etc.).

L'**hadronthérapie** est une technique de traitement fondée sur l'utilisation de faisceaux de particules chargées (hadrons dont les protons et les ions carbone), qui permettent d'assurer la délivrance de la dose de façon très localisée lors des traitements et ainsi une réduction du volume de tissus sains irradiés. En France, seule la protonthérapie est utilisée à des fins cliniques. Selon ses promoteurs, l'hadronthérapie avec des ions carbone serait plus adaptée au traitement des tumeurs les plus radio-résistantes et pourrait permettre plusieurs centaines de guérisons supplémentaires chaque année.

La **radiothérapie adaptative** est une technique de radiothérapie qui prend en compte les mouvements et les déformations des organes et de la tumeur pendant la durée du traitement. Le système de planification de traitement recalcule la distribution de la dose avant chaque délivrance de la fraction de traitement du jour, cette nouvelle distribution de dose est acceptée ou non par l'oncologue-radiothérapeute. Deux sortes de machines permettent actuellement de réaliser ce type de traitements adaptatifs :

- l'Ethos® qui utilise l'imagerie 3D obtenue par l'imageur embarqué sur l'accélérateur (CBCT), pour recalculer la distribution de dose ;
- les accélérateurs linéaires couplés à une IRM, dits « IRM-Linac », qui utilise l'imagerie IRM pour recalculer la distribution de dose. Grâce à l'IRM, il est possible d'associer en plus un suivi en temps réel (*gating*) du volume cible pendant la délivrance du traitement.

Dans ce contexte, l'ASN a souhaité encourager une démarche d'évaluation de cette nouvelle technique. À cette fin, elle a lancé fin 2023 avec la SFRO et le CNP oncologie-radiothérapie une étude visant à recueillir les données nécessaires à une évaluation à grande échelle avant la généralisation de la technique en France. Un comité de pilotage, auquel participent la HAS, la DGS, la Direction générale de l'offre de soins (DGOS), l'Institut national du cancer (INCa) et l'IRSN, ainsi que la SFRO et le CNP, a été mis en place par l'ASN afin d'assurer la réalisation et le suivi de cette étude dans les règles de l'art de l'évaluation. Tous les centres disposant d'une machine de radiothérapie adaptative ont fait part de leur intérêt pour participer au projet, dont la méthodologie d'évaluation a été finalisée fin 2024. Il s'agit de l'évaluation de la technique IRM-Linac et de la technique CBCT-Linac séparément, en évaluant une localisation tumorale d'intérêt pour chaque technique : cancers du pancréas non résécables sur les IRM-Linac et carcinomes urothéliaux de vessie sur les CBCT-Linac.

2.1.2 Les règles techniques applicables aux installations de radiothérapie externe

En raison du débit de dose et de l'énergie des faisceaux importants lors de la délivrance de la dose au patient, les appareils doivent être implantés dans des salles spécifiquement conçues pour assurer la radioprotection des personnels ; ce sont en fait de véritables casemates (bunker), dont l'épaisseur des parois en béton ordinaire peut varier de 1 à 2,5 mètres.

Une installation de radiothérapie se compose d'une salle de traitement incluant une zone technique où se trouve l'appareillage, d'un poste de commande extérieur à la salle et, pour certains accélérateurs, de locaux techniques annexes.

La protection des locaux, en particulier de la salle de traitement, doit être déterminée de façon à respecter, autour de ceux-ci, les limites annuelles d'exposition des travailleurs et/ou du public. Les conditions actuelles de conception de ces locaux ont été revues en 2019. Une étude spécifique pour chaque installation doit être réalisée par le fournisseur de la machine, en liaison avec le physicien médical et le conseiller en radioprotection (CRP). Elle permet de définir les épaisseurs et la nature des différentes protections à prévoir, qui sont déterminées en tenant compte des conditions d'utilisation de l'appareil, des caractéristiques du faisceau de rayonnements, ainsi que de la destination des locaux adjacents, y compris ceux situés à la verticale (au-dessus ou en dessous de la salle de traitement). Cette étude doit figurer dans le dossier présenté à l'ASN à l'appui de la demande d'autorisation d'utiliser une installation de radiothérapie.

En outre, un ensemble de systèmes de sécurité permet de renseigner l'opérateur sur l'état de fonctionnement de la machine (tir en cours ou non) et d'assurer l'arrêt de l'émission du faisceau en cas d'urgence ou d'ouverture de la porte de la salle d'irradiation.

Le bunker avec chicane reste la référence, dans la mesure où il permet de réduire le blindage requis à l'entrée des conduits de ventilation et des conduits électriques et offre une meilleure sécurité en cas de perte de motorisation de la porte ou d'enfermement accidentel de personnes. Cependant, si l'exploitant dispose d'un emplacement limité, qui compromet

l'installation de l'accélérateur, une chicane réduite, voire l'absence de chicane est envisageable sous certaines conditions restrictives. De plus, l'arrivée de DM autoblindés comme la plateforme ZAP-X® pourrait permettre d'envisager une installation avec des contraintes architecturales réduites (absence de casemate), et de répondre plus directement aux besoins de certains territoires en termes d'offre de soins. L'ASN recommande dans son avis n° 2024-AV-0447 du 22 octobre 2024 que des études médico-économiques soient menées, pour conforter la justification de ce DM comparativement aux autres dispositifs existants et utilisés en France. Par ailleurs, les conditions d'installation et d'utilisation de cette plateforme doivent permettre d'optimiser le niveau d'exposition aux rayonnements ionisants pour les travailleurs qui interviennent sur cette plateforme ainsi que dans les locaux adjacents. L'ASN considère que les niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants de ces professionnels ne devraient pas être supérieurs à ceux actuellement rencontrés lors de l'usage des accélérateurs de particules médicaux installés en casemate.

2.1.3 L'état de la radioprotection en radiothérapie externe

Le parc des installations de radiothérapie externe comporte, en 2024, 577 accélérateurs de particules en fonctionnement, répartis dans 171 centres de radiothérapie soumis à une autorisation de l'ASN (*voir graphique 1 page précédente*).

Plus de 220 000 patients[6] sont traités chaque année, ce qui représente 4,12 millions de séances d'irradiation (en 2023). L'Observatoire national de la radiothérapie (INCa) recense 953 radiothérapeutes (effectif 2023). L'ASN a délivré, en 2024, 112 autorisations en légère baisse comparativement à 2023 (121). L'ASN note toutefois le maintien d'une dynamique active de modernisation et d'agrandissement des centres de radiothérapie (déménagement, augmentation du nombre de bunkers, changement d'accélérateur etc.). En raison du nombre significatif d'accélérateurs de plus de 10 ans (20 à 30 % du parc pour certaines régions), les demandes de changement d'accélérateur pourraient croître dans les prochaines années.

Par ailleurs, l'augmentation de l'activité des traitements en conditions stéréotaxiques dans les services de radiothérapie se poursuit sur l'ensemble du territoire, avec une augmentation des indications de stéréotaxie extra-crânienne (poumon, foie, rachis, os, ORL). Cette activité présente des enjeux en matière de radioprotection et nécessite un haut niveau de compétences et une plus grande maîtrise des doses délivrées. Elle est en outre davantage consommatrice de temps médical et physique médicale et nécessite d'adapter l'organisation du travail. Par ailleurs, la réforme des autorisations de soins (*voir point 1.3.3*) est susceptible de conduire à des changements de portage des autorisations d'activités nucléaires (par exemple pour la radiochirurgie), ainsi que des changements dans les organisations. L'ASN est particulièrement vigilante quant à l'impact de ces changements sur la radioprotection et en particulier à l'adéquation des ressources prévues pour la mise en œuvre de ce type de traitements.

Depuis 2007, la sécurité des soins en radiothérapie constitue un domaine prioritaire de contrôle de l'ASN en raison des doses importantes délivrées au patient. Les programmes quadriennaux d'inspections depuis 2019 ont mis l'accent sur la capacité des centres à déployer une démarche de gestion des risques. En fonction des centres, la gestion des compétences, ainsi que la mise en œuvre de nouvelles techniques ou pratiques et la maîtrise des équipements ont également été examinées de manière approfondie.

L'ASN a poursuivi son approche graduée du contrôle :
- en diminuant, au vu des progrès réalisés dans la maîtrise de la sécurité des soins, la fréquence moyenne des inspections, qui a ainsi été portée, à partir de 2020, à une fois tous les quatre ans (au lieu de trois ans précédemment), ce qui permet un contrôle de l'ensemble des centres tous les quatre ans ;
- en maintenant une fréquence plus élevée pour les centres présentant des fragilités ou des enjeux, notamment pour certains centres ayant nécessité des inspections renforcées.

En 2024, 66 inspections ont été réalisées par l'ASN représentant 39 % du parc national. Ces 66 inspections comprennent les inspections courantes, les inspections de mise en service, des inspections réalisées à la suite d'un ESR et d'éventuelles inspections inopinées (une en 2024).

L'ASN constate à nouveau en 2024 des difficultés de recrutement de MERM, de physiciens médicaux ainsi que d'oncologues-radiothérapeutes et ce quelle que soit la région. Ce manque de personnel influe sur l'activité, les organisations en place et les conditions de travail des professionnels (réduction des plages de traitement, suractivité du personnel, tensions dans les équipes, etc.). La réalisation d'entretiens avec les équipes médicales, paramédicales et de physiciens médicaux, lors des inspections, met en évidence des situations de tension et de dysfonctionnement, sources de risques pour les patients malgré un référentiel prescrit très formalisé. La réalisation d'entretiens avec la direction permet de mettre en discussion ces situations à risques en vue d'aider le service à identifier des axes d'amélioration techniques, humains et organisationnels.

Ces inspections avec un focus sur les facteurs organisationnels et humains (FOH) sont régulièrement mises en œuvre par l'ASN dans le domaine de la radiothérapie ; celles-ci permettent parfois d'identifier des situations à risque pour la sécurité du patient qu'une inspection classique ne permettrait pas.

2.1.3.1 La radioprotection des professionnels de radiothérapie externe

Lorsque les installations de radiothérapie sont conçues conformément aux règles en vigueur, les enjeux de radioprotection sont limités pour les professionnels, du fait des protections apportées par l'installation.

Le bilan des inspections réalisées en 2024 ne fait pas apparaître de difficulté dans ce secteur. La désignation des CRP est effective dans l'ensemble des centres inspectés ; les vérifications techniques de radioprotection ont toutes été réalisées à la fréquence réglementaire requise.

2.1.3.2 La radioprotection des patients en radiothérapie externe

L'évaluation de la radioprotection des patients en radiothérapie est réalisée à partir des contrôles portant sur la mise en œuvre du SMQ et de la sécurité des soins, rendu obligatoire par la décision n° 2021-DC-0708 de l'ASN du 6 avril 2021. Dans le cadre des inspections, l'ASN réalise des vérifications depuis 2016 sur l'adéquation des ressources humaines aux besoins, notamment en physique médicale. L'accent est également mis sur les modalités d'organisation interne pour garantir une culture de déclaration d'événements indésirables (ou dysfonctionnements), assurer leur suivi et leur analyse systémique le cas échéant.

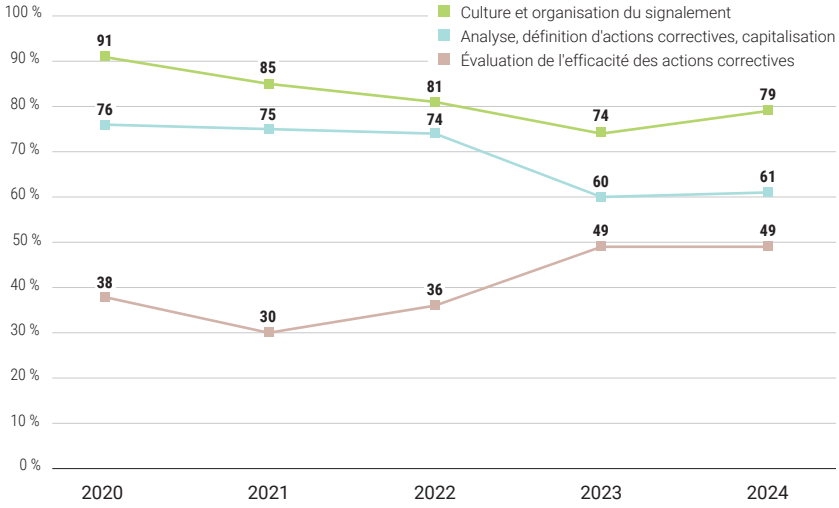
L'ASN constate que les exigences relatives à l'organisation de la physique médicale et à la présence d'un physicien médical pendant la durée des traitements sont satisfaites dans l'ensemble des centres même si des tensions en effectif peuvent ponctuellement exister.

Les inspecteurs de l'ASN constatent que la démarche d'habilitation continue à se déployer, avec toujours des disparités entre les personnels médical et paramédical, cette démarche étant majoritairement déclinée pour les professionnels paramédicaux.

Par ailleurs, l'analyse du respect des exigences réglementaires portant sur la gestion des événements sur la période 2020-2024 montre une proportion constante de services respectant la réglementation avec des disparités importantes selon les exigences concernées (*voir graphique 2*) :
- la détection des événements indésirables, leur déclaration (en interne ou à l'ASN) et

6. *En 2021, 214 000 patients atteints de cancer ont été traités par radiothérapie pour 4,3 millions de séances (source : Observatoire INCa).*

GRAPHIQUE 2 **Évolution du pourcentage de conformité des installations de radiothérapie externe relatif à la gestion des événements donnant lieu à des actions correctives sur la période 2020-2024**



leur recueil sont jugés globalement satisfaisants avec des taux variant entre 74 % et 91 % sur la période considérée, avec de meilleurs résultats observés en 2024 (79 %) qu'en 2023 (74 %) ;
• l'analyse de ces événements indésirables, la définition d'actions correctives et leur capitalisation, après une première phase de progression puis une stabilisation en 2021 et 2022, autour de 75 %, est en baisse en 2023 et 2024 avec environ 60 % des centres inspectés qui réalisent ces étapes de façon satisfaisante ;
• l'amélioration des pratiques par le retour d'expérience et l'évaluation de l'efficacité des actions correctives constituent toujours le point faible de ces démarches de retour d'expérience avec seulement entre 30 % (2021) et 49 % (2023 et 2024) des centres inspectés pour lesquels la situation est jugée satisfaisante. L'ASN constate toutefois une certaine dynamique de progrès en 2024 avec 49 % (contre 36 % en 2022) des centres qui déploient la démarche de façon satisfaisante (*voir graphique 2*). L'ASN constate en outre une progression de la participation des radiothérapeutes dans ces démarches dans les centres inspectés au cours de ces deux dernières années. L'évaluation régulière des actions correctives mises en place et la mise à jour de l'analyse des risques *a priori* – obligatoire en application de la décision n° 2021-DC-0708 de l'ASN du 6 avril 2021 précitée – à partir des enseignements des événements déclarés en interne sont incontournables pour faire progresser la qualité et la sécurité des soins.

La capacité d'un centre à déployer une démarche de gestion des risques a de nouveau fait l'objet d'investigations particulières en 2024. Il en ressort que :
• les exigences de management de la qualité et de la sécurité dans les services de radiothérapie sont respectées dans la plupart des cas même si des hétérogénéités persistent toujours d'un centre à l'autre. Près des deux-tiers des services ont actualisé leur analyse des risques *a priori* (63 %). Les situations considérées comme non satisfaisantes concernent des services qui n'ont pas pris en compte dans leur analyse de risque *a priori* le retour d'expérience des événements interne ou externe (par exemple celui d'autres centres, diffusé par des publications de l'ASN – bulletins « La sécurité du patient » et fiches « Retour d'expérience »), le déploiement de nouvelles pratiques ou des changements organisationnels lors de l'évolution de leur plateau technique. L'analyse des conséquences d'une modification organisationnelle ou technique sur l'activité des opérateurs n'est en effet pas systématiquement réalisée, alors que ces changements sont des sources potentielles de déstabilisation, en particulier pour l'organisation des traitements et des pratiques de travail, et peuvent fragiliser des lignes de défense mises en place ;
• le pilotage de la démarche de gestion des risques est mis en œuvre de façon satisfaisante dans 59 % des centres inspectés. Ce sont les centres pour lesquels la direction est impliquée dans la démarche et a défini une politique avec des objectifs opérationnels, partagés, évaluables et évalués, a alloué les ressources nécessaires, en particulier au responsable opérationnel de la qualité, et a communiqué sur les résultats de cette politique. *A contrario*, ces démarches stagnent ou régressent lorsque la direction n'octroie pas de façon pérenne de moyens suffisants au responsable opérationnel de la qualité ou lorsque ce dernier ne dispose pas d'une autorité suffisante pour la déployer.

Les démarches de formalisation du processus de conduite du changement se déploient de plus en plus. Elles sont considérées comme satisfaisantes dans un peu plus de la moitié des centres (53 %) inspectés en 2024, alors que sur la période 2021-2024 cette démarche était satisfaisante dans 40 % des centres. Afin d'aider les services à mieux s'approprier les modifications matérielles et/ou techniques, les centres de radiothérapie peuvent s'appuyer sur le *Guide pour l'appropriation d'un changement technique ou matériel en radiothérapie* de l'IRSN, publié en partenariat avec les professionnels de la radiothérapie, à la demande de l'ASN.

Dans un contexte persistant de pénurie des professionnels de santé, de modifications des organisations du fait de la mise en œuvre de la réforme des autorisations de soins ou d'opérations de rachat de centres, l'ASN maintient l'appel à la vigilance des décideurs, des RAN et des professionnels sur la nécessité d'évaluer l'impact de ces changements dans la mesure où ces projets nécessitent un investissement important des personnels, qui s'ajoute à la charge de travail existante.

2.1.3.3 Les événements déclarés en radiothérapie externe

En 2024, 95 ESR ont été déclarés en radiothérapie. La majorité des événements concerne la radioprotection des patients avec 79 ESR déclarés au titre du critère 2.1 (exposition des patients à visée thérapeutique). Ils sont, pour la plupart, sans conséquence clinique attendue.

Parmi ces événements, 45 ont été classés au niveau 1 de l'échelle ASN-SFRO, soit 57 % du total, cinq au niveau 2. Un ESR a été classé au niveau 4.

Les ESR niveau 2 concernent :
• trois erreurs de latéralité (*voir encadré page suivante*), concernant dans les trois cas le traitement d'un cancer du sein ; dans un cas, la totalité du traitement a été délivrée du mauvais côté, soit 20 séances ; dans les deux autres cas, le traitement a été délivré du mauvais côté pendant 8 séances sur 25 prévues et 6 séances sur 15 prévues ;
• une erreur d'étalement/fractionnement lors d'un traitement d'un cancer du sein droit par technique Vmat ayant induit un surdosage de 20 % au volume cible ;
• une erreur liée à la non-prise en compte de la recoupe de plans de traitement, intervenue dans le cadre de la prise en charge d'un patient traité simultanément pour trois localisations en conditions stéréotaxiques.

Deux des ESR précités ont été déclarés par un même centre à un mois d'intervalle et ont déclenché une inspection de l'ASN (*voir encadrés page suivante*). L'ESR de niveau 4 sur l'échelle ASN-SFRO est survenu en 2023, mais a été déclaré en 2024. Il résulte de la non prise en compte dans la prescription médicale d'un précédent traitement délivré en 2013 sur la même zone anatomique et ayant conduit à une surirradiation de la zone du pelvis avec un dépassement de la contrainte de dose au rectum (*voir encadré ci-dessus*).

L'ASN a analysé les événements significatifs de radioprotection concernant des erreurs de latéralité survenus en radiothérapie externe en 2023-2024, sous l'angle des facteurs organisationnels et humains

La déclaration de plusieurs ESR liés à des erreurs de latéralité en 2023-2024, a conduit l'ASN à mener une analyse de ces derniers sous l'angle des FOH à partir des comptes-rendus d'événements significatifs transmis par les établissements. Les résultats de cette analyse ont été comparés avec les données du bulletin n°6 « La sécurité du patient » (mai 2014) pour comprendre leur évolution.

Les résultats de cette analyse montrent d'une part, que six des sept erreurs de latéralité survenues en 2023-2024 sont dues à des **erreurs à l'étape de prescription médicale** (erreurs de prescription, informations discordantes dans les documents associés), alors que dans les années 2010, les erreurs de délinéation(*) étaient une cause première d'erreur de latéralité. Les nombreux contrôles mis en place à l'étape de simulation, de délinéation et de dosimétrie n'ont pas permis de détecter l'erreur de latéralité à l'étape de la prescription médicale, notamment parce que les métiers (manipulateur, dosimétriste, physicien médical) utilisent les documents contenant l'erreur (prescription et documents associés) pour mener leurs contrôles.

Les erreurs de latéralité s'expliquent notamment par quatre types de causes profondes, dont les trois premiers concernent l'étape de la prescription médicale : des **éléments manquants** (volume cible non visible du fait de l'acte chirurgical, dossier patient incomplet, absence de passage en équipe du dossier, disparition de repères anatomiques avec les évolutions technologiques et chirurgicales, etc.), des **éléments de confusion** (antécédents multiples de cancer gauche / droite, contourage automatique des deux organes doubles, zone remaniée sur l'image, agrafes, calcification ou nodule sur l'organe controlatéral, images zoomées, etc.), des **troubles potentiels de la latéralité** (16 % des adultes ont des difficultés à distinguer leur droite de leur gauche) et la **dégradation des conditions de travail** pour l'ensemble du personnel (pénurie d'effectif, surcharge de travail, interruptions, etc. figurent dans les comptes-rendus d'ESR transmis par les établissements).

D'autre part, le **niveau de gravité de ces ESR est plus élevé**. En l'absence de données sur les doses reçues par les patients dans les comptes-rendus d'événements significatifs, deux critères ont été étudiés : le niveau de gravité déclaré sur l'échelle ASN-SFRO et le nombre de séances concernées par l'erreur de latéralité. Les sept ESR étudiés en 2023-2024 présentent un niveau 2 sur l'échelle ASN-SFRO, alors que dans les années 2010, ils étaient majoritairement de niveau 1. Le nombre de séances réalisées sur le « mauvais côté » est plus élevé dans les années 2020 que dans les années 2010. Ils peuvent maintenant concerner la totalité du traitement parce que la détection de l'erreur est tardive (consultation de suivi post-traitement).

Cette analyse a été présentée à la SFRO en octobre 2024. Les constats énoncés par l'ASN lors de la présentation ont été confirmés et complétés : la prescription médicale est identifiée comme une étape à risque. Ces ESR surviennent essentiellement après une chirurgie ayant rendu la tumeur non détectable et/ou à la suite de plusieurs cancers affectant ou ayant affecté les deux côtés. L'erreur de prescription peut survenir à des étapes antérieures, lors de la réunion de concertation pluridisciplinaire ou au moment de l'inscription de la latéralité dans le dossier patient. Les moyens de détection d'une erreur de latéralité peuvent être diminués lorsque la tumeur n'est plus détectable, en particulier en post-chirurgical (post-opératoire, progrès en chirurgie), lors d'une atteinte bilatérale ou lorsque la technique d'irradiation ne permet plus de visualiser les champs de traitement à la peau (VMAT). Les contrôles mis en place pour éviter les erreurs de latéralité pendant la réalisation de l'acte ne sont pas adaptés pour permettre de reconnaitre de telles erreurs de prescription en amont de cette réalisation. Au-delà des actions proposées par la SFRO (*check-list*, questionnement du patient sur la latéralité, réunions entre internes et radiothérapeutes séniors après le scanner de centrage). L'ASN souligne l'intérêt de mener une analyse de l'activité de prescription médicale, afin de mieux comprendre cette activité et notamment les contraintes rencontrées et les leviers d'actions à mettre en place pour éviter la survenue d'événement similaire.

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) publiera au premier trimestre 2025 une fiche de « sécurisation des traitements » sur le sujet et sera associée au GT mis en place par la SFRO sur les erreurs de latéralité et de ré-irradiations.

* Action de tracer le contour d'un organe sur une image médicale.

Inspection d'un centre à la suite de la déclaration à un mois d'intervalle de deux ESR de niveau 2

Une inspection a été organisée dans le cadre de la survenue rapprochée de deux ESR de niveau 2 dans le même centre de radiothérapie, respectivement déclarés à l'ASN les 25 mars et 25 avril 2024.

Le premier ESR portait sur une erreur de latéralité (inversion droite-gauche), survenue au cours de la préparation du traitement, lors de la sélection de l'organe cible à l'étape de délinéation. Le second ESR concernait quant à lui une erreur liée à la non-prise en compte de la recoupe de plans de traitement. Il est intervenu dans le cadre de la prise en charge d'un patient traité simultanément pour trois localisations en conditions stéréotaxiques.

Ces ESR ont été classés au niveau 2 de l'échelle ASN-SFRO. Ils sont survenus dans un contexte d'activité soutenue, avec une expansion très significative de la technique de stéréotaxie depuis plusieurs mois, un changement d'accélérateur en cours et une tension dans les effectifs de MERM. L'impact de ces situations ou évolutions n'avait pas été suffisamment appréhendé lors de l'analyse de risque *a priori*.

L'inspection a par ailleurs souligné des défaillances dans la maîtrise du processus de préparation des traitements, avec un fort taux de dossiers finalisés le jour même du démarrage des traitements, et des insuffisances dans l'évaluation de l'adéquation des ressources humaines compte tenu de l'activité du centre.

Enfin, l'inspection a mis en évidence la nécessité d'approfondir l'analyse des événements en associant l'ensemble des parties prenantes à l'élaboration des actions correctives et d'évaluer la robustesse des barrières de sécurité mises en place.

Événement significatif de radioprotection de niveau 4 sur l'échelle ASN-SFRO

L'ASN a été informée le 20 juin 2024 d'un ESR survenu lors du traitement d'un patient par radiothérapie externe sur récidive d'un cancer de la zone pelvienne.

Le traitement, délivré dans le courant de l'été 2023, n'a pas tenu compte d'un précédent traitement par radiothérapie externe réalisé en 2013 sur la même région anatomique. Un traitement complet (soit 38 séances de 2 grays – Gy) a ainsi été dispensé en 2023, entraînant, compte tenu de la première radiothérapie, une surirradiation des organes à risque. La survenue de lésions majeures nécessitant une prise en charge chirurgicale, plusieurs mois après la fin du traitement, a permis d'identifier la surirradiation.

Cet ESR a été classé au niveau 4 de l'échelle ASN-SFRO compte tenu de l'apparition chez le patient d'effets tardifs graves, avec altération majeure de la qualité de vie.

Un avis d'incident a été publié le 12 juillet 2024 sur le site de l'ASN. L'ASN a rappelé que ces situations de ré-irradiations soulèvent des enjeux forts, notamment lorsque les zones à traiter sont identiques ou voisines. En effet, si chaque traitement fait l'objet d'une planification veillant à préserver les tissus sains voisins de la tumeur, dits « à risque », en limitant autant qu'il est possible leur irradiation, le cumul de plusieurs traitements d'une même zone peut conduire à une irradiation significative de ces organes à risque. Ainsi, la prescription et la planification d'un traitement par radiothérapie doivent tenir compte des éventuels traitements antérieurs et de l'effet cumulatif des irradiations afin de ne pas dépasser, pour les organes à risque, des doses cumulées trop importantes.

L'ASN a appelé l'attention des professionnels et de l'ensemble des centres de radiothérapie sur cette problématique croissante et sur la nécessité de mettre en place des barrières de sécurité et de les évaluer régulièrement. Ces enjeux particuliers ont conduit l'ASN à dresser en juin 2020 un retour d'expérience dans son bulletin sur « La sécurité du patient » consacré aux antécédents de radiothérapie. Ce bulletin souligne les enjeux cliniques importants liés à la prise en charge des patients qui bénéficient de plusieurs radiothérapies au cours de leur vie et dresse des pistes de progrès.

Une inspection conduite par l'ASN le 23 août 2024, a permis de mieux appréhender le contexte de survenue de cet ESR, notamment à travers la consultation des éléments enregistrés dans le dossier médical du patient (compte-rendu de consultation de suivi, compte rendu de médecine nucléaire, date de validation, etc.) et de l'analyse conduite par la cellule qualité.

Le plan d'action défini a été examiné et jugé globalement de nature à répondre aux défaillances constatées. Les inspecteurs constatent que la mise en œuvre d'un traitement par radiothérapie externe sans décision formelle en réunion de concertation pluridisciplinaire (obligatoire selon les dispositions de l'article R. 6123-91-1 du code de la santé publique) et l'absence de trace de consultation de suivi pendant les deux mois de traitement (obligatoire selon les dispositions de l'article. R. 6123-93 du code de la santé publique) représentent des non-conformités majeures dans l'organisation médicale du centre.

Par ailleurs, la déclaration de l'événement le 20 juin 2024 alors que des comptes-rendus médicaux de décembre 2023 évoquent des symptômes d'origine radique, est jugée trop tardive.

En outre, deux ESR classés au niveau 1 de l'échelle ASN-SFRO concernent des cohortes de patients et sont liés à :
- une erreur de contourage concernant 127 patients : absence de contourage au niveau de la jonction entre la moelle épinière et le tronc cérébral sur plusieurs coupes anatomiques ;
- une erreur de positionnement ayant concerné 6 patients à la suite d'un non fonctionnement du repositionnement automatique KV de la table sur 3 accélérateurs.

Comme les années précédentes, ces événements mettent en exergue des fragilités organisationnelles au niveau :
- de la tenue des dossiers des patients, permettant d'avoir une vision d'ensemble et un accès, au bon moment, aux données nécessaires ; plus l'erreur est commise tôt dans le processus de prise en charge (par exemple, erreur de côté), en particulier à l'étape de la consultation initiale et de l'élaboration de la prescription, et moins cette information sur la latéralité est remise en question aux étapes suivantes de la prise en charge du patient ; il est donc essentiel de tester les barrières mises en place à ces étapes du processus ;
- des étapes de validation qui sont insuffisamment explicitées quant aux paramètres à vérifier (Quel contrôle ? À quelle étape du processus ? Par quel opérateur ?) ;
- de la gestion des flux de dossiers de patients qui, si elle n'est pas optimisée, crée des contraintes sur l'activité des professionnels favorisant la fragilisation de certaines barrières de contrôle.

En outre, la multiplication des traitements complexes avec plusieurs localisations à traiter ainsi que des situations d'antécédents de radiothérapie doit conduire les centres à s'interroger sur la robustesse des barrières de sécurité pour ces situations.

Par ailleurs, le GT sur le retour d'expérience des professionnels de la radiothérapie animé par l'ASN a travaillé à l'élaboration de nouvelles fiches intitulées « sécurisation des traitements ». Les deux premières fiches détaillant les bonnes pratiques à mettre en œuvre pour éviter les ESR d'identitovigilance et de latéralité seront publiées au premier trimestre 2025.

La baisse du nombre d'ESR se poursuit de façon importante depuis 2015 dans le domaine de la radiothérapie (*voir point 2.7, graphique 14 page 246*), de l'ordre de 13% depuis 2021. Si elle est pour partie attribuable à une meilleure maîtrise des risques (mise sous assurance de la qualité, dématérialisation complète avec utilisation des listes de tâches des « *record and verify* », harmonisation des protocoles médicaux, logiciel d'aide au contourage, application automatique des décalages de dosimétrie, suivi des délais de préparation, etc.), les inspecteurs de l'ASN constatent, comme en 2023, une diminution du nombre d'événements indésirables enregistrés et analysés en interne et des réunions de comités de retour d'expérience moins nombreuses. Enfin, les causes profondes de ces événements sont encore insuffisamment investiguées et les enseignements issus du retour d'expérience des événements déclarés au niveau national peu pris en compte.

Enfin, l'ASN a mené en 2024, à l'issue du séminaire national organisé en 2023 intitulé « Démarche qualité-sécurité en radiothérapie : quels enseignements après plus de 15 ans de mise en œuvre ? », une réflexion pour faire évoluer son contrôle. Elle a été amenée dans ce cadre à auditionner l'ensemble des parties prenantes (sociétés savantes, autorités du domaine de la santé) ainsi que d'autres autorités de contrôle et à tirer les enseignements d'un séminaire sur les pratiques d'inspections en radiothérapie organisé par HERCA (*Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities*). Les nouvelles orientations d'inspection de l'ASNR seront communiquées début 2025 à l'ensemble des acteurs de la radiothérapie.

SYNTHÈSE

En radiothérapie, les inspections conduites par l'ASN sur la période 2021-2024, permettant de couvrir l'ensemble du parc, confirment que les fondamentaux de la sécurité sont en place : organisation de la physique médicale, contrôle des équipements, formation à la radioprotection des patients et déploiement des démarches d'assurance de la qualité.

Par ailleurs, l'ASN souligne les avancées dans le domaine des audits cliniques avec la mise en place d'expérimentations qui vont se poursuivre en 2025 avant d'être généralisées, et encourage une extension rapide de ces audits à la radiochirurgie. Elle encourage également les services mettant en œuvre de nouvelles pratiques à les évaluer en mettant en place des démarches analogues à celle développée, à l'initiative de l'ASN, pour la radiothérapie adaptative.

L'analyse de la période 2021-2024 confirme également que les services peinent à maintenir les démarches de retour d'expérience avec des réunions de comités de retour d'expérience moins nombreuses, des analyses d'ESR insuffisamment approfondies et des difficultés persistantes pour évaluer la robustesse des actions correctives. Le nombre d'ESR déclarés à l'ASN poursuit une baisse importante depuis 2015 qui, bien que vraisemblablement attribuable pour partie à une meilleure sécurisation des traitements, résulte également de la difficulté des services à maintenir une dynamique collective. Par ailleurs, les analyses de risque *a priori* demeurent insuffisamment actualisées en amont d'un changement organisationnel ou technique ou à l'issue du retour d'expérience des événements.

La survenue d'événements, tels que des erreurs de latéralité, de positionnement, de délinéation des organes à risque et/ou des organes cibles, révèle toujours des fragilités organisationnelles et la nécessité d'évaluer régulièrement les pratiques. Les événements relatifs à l'absence de prise en compte d'anciens traitements, au regard de leur gravité potentielle et la multiplication des réirradiations, demeurent un sujet d'inspection prioritaire pour l'ASN.

Le déploiement des nouvelles techniques et pratiques en radiothérapie demeure un sujet de vigilance de l'ASN. Après avoir encouragé l'évaluation de la radiothérapie adaptative, l'ASN poursuivra ses travaux en lien avec les différents acteurs institutionnels du domaine de la santé, les sociétés savantes et en s'appuyant sur ses groupes d'experts, en particulier le Canpri, s'agissant notamment de la thérapie flash.

Enfin, dans un contexte de plus grande complexité, de moindres ressources, de fortes innovations et d'évolution des organisations, l'ASN a défini en 2024 les orientations de son prochain programme quadriennal d'inspections en associant les parties prenantes et en tirant les enseignements des pratiques d'inspections de ses homologues, ainsi que d'autres autorités en charge du contrôle d'activités à risque. L'ASNR les communiquera à l'ensemble des RAN début 2025.

2.2 La curiethérapie

La curiethérapie permet de traiter, de façon spécifique ou en complément d'une autre technique de traitement, certaines pathologies, en particulier des tumeurs cancéreuses.

Cette technique consiste à placer des sources de radionucléides, sous forme de sources scellées, au contact ou à l'intérieur des tumeurs solides à traiter. Les principaux radionucléides employés en curiethérapie sont l'iridium-192 et l'iode-125.

La curiethérapie met en œuvre trois types de techniques (détaillées ci-après) qui diffèrent en particulier par le débit de dose mis en œuvre en fonction des indications.

À l'instar de la radiothérapie, les enjeux de radioprotection sont liés à l'importance de la dose délivrée au patient et, le cas échéant, aux débits de dose élevés et à la maîtrise des équipements. En outre, s'agissant de source de haute activité, la gestion des situations d'urgence en cas de blocage de source, comme illustré par le retour d'expérience des événements déclarés à l'ASN, ainsi que la sécurité des sources, constituent des enjeux spécifiques de la curiethérapie. C'est pourquoi les contrôles de l'ASN portent, en plus de ceux relatifs à la radiothérapie externe, sur la gestion et la sécurité des sources.

2.2.1 La présentation des techniques

Les enjeux de radioprotection en curiethérapie, outre la problématique de la gestion d'une source scellée, sont fonction du débit de dose associé à la technique, et du mode de délivrance de l'irradiation à la tumeur (implantation permanente ou temporaire, ou application temporaire).

L'utilisation le cas échéant de projecteurs de source évite la manipulation de sources par les professionnels et permet la réalisation des soins au patient sans irradiation du personnel. En revanche, il est nécessaire d'anticiper de possibles situations accidentelles liées au dysfonctionnement du projecteur de source et au débit de dose élevé délivré par les sources utilisées.

La **curiethérapie à bas débit de dose** (***Low Dose-Rate*** – **LDR**) est aujourd'hui réalisée au moyen de sources scellées d'iode-125, sous forme de grains implantés de façon permanente, ou de césium-137 appliqués de manière temporaire. Les débits de dose sont compris entre 0,4 et 2 grays par heure (Gy/h).

Un nouveau DM dit « DART » (*Diffusing Alpha Emitters Radio Therapy*) est actuellement testé dans le cadre d'une investigation clinique pour le traitement de cancers cutanés. L'action de ce dispositif consiste en l'émission de particules alpha provenant de sources de radium-224 qui sont implantées dans la tumeur à l'aide d'un applicateur et y restent de 15 à 20 jours.

La **curiethérapie à débit de dose pulsé** (***Pulsed Dose-Rate*** – **PDR**) délivre des débits de dose compris entre 2 et 12 Gy/h et utilise des sources d'iridium-192 présentant une activité maximale de 18,5 gigabecquerels (GBq), qui sont mises en œuvre avec un projecteur de source spécifique. Elle repose sur l'utilisation d'une seule source radioactive se déplaçant pas à pas et s'arrêtant à des positions et pour des durées prédéterminées. Les doses sont délivrées par séquence de 5 à 20 minutes, voire 50 minutes, toutes les heures pendant la durée du traitement prévu, d'où la dénomination de curiethérapie pulsée.

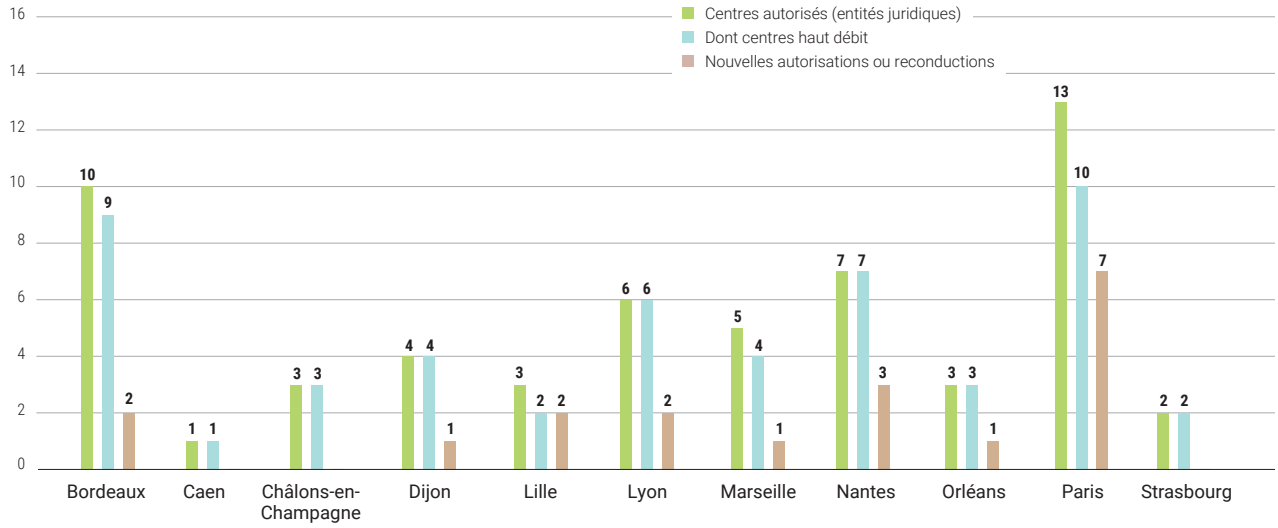
La **curiethérapie à haut débit de dose** (***High Dose-Rate*** – **HDR**) est réalisée au moyen de sources scellées d'iridium-192 ou de cobalt-60 de forte activité (respectivement de 370 et 91 GBq). Les débits de dose sont supérieurs à 12 Gy/h. Le positionnement est réalisé à l'aide d'un projecteur contenant la source. Les traitements sont délivrés, en mode ambulatoire, en une ou plusieurs séances de quelques minutes, réparties sur plusieurs jours le cas échéant.

2.2.2 Les règles techniques applicables aux installations de curiethérapie

Les règles de gestion des sources radioactives en curiethérapie sont analogues à celles définies pour l'ensemble des sources scellées, quels que soient leurs usages (*voir point 1.3.1*).

Dans le cas des techniques par implants permanents (LDR), les applications sont réalisées au bloc opératoire, sous contrôle échographique, et ne nécessitent pas d'hospitalisation en chambre radioprotégée. S'agissant des projecteurs de sources (en règle générale, 18,5 GBq d'iridium-192), cette technique PDR nécessite l'hospitalisation du patient durant plusieurs jours dans une chambre ayant des protections radiologiques adaptées à l'activité maximale de la source radioactive utilisée. Enfin, l'activité maximale utilisée dans les projecteurs de sources HDR étant élevée (370 GBq d'iridium-192 ou 91 GBq de cobalt-60), les irradiations ne peuvent être effectuées que dans un local dont la configuration s'apparente à une salle de radiothérapie externe en matière de protection collective, en raison du haut niveau de débit de dose utilisé.

GRAPHIQUE 3 **Répartition, par division territoriale de l'ASN, du nombre de centres de curiethérapie, de centres de curiethérapie à haut débit de dose et du nombre de nouvelles autorisations ou de reconductions d'autorisation en 2024**



Par ailleurs, l'arrêté du 29 novembre 2019 fixe les obligations en matière de protection des sources de rayonnements ionisants et lots de sources radioactives de catégories A, B, C et D contre les actes de malveillance. Les exigences concernant les barrières et leur temps de résistance pour les sources de catégories A, B et C sont opposables depuis le 1er juillet 2022 (*voir chapitre 8, point 2.3.2*).

Certains centres ne pouvant s'agrandir ou ne pouvant construire de nouveaux bunkers, l'ASN a autorisé deux centres avec des bunkers dits « mixtes » pour des pratiques conjointes de radiothérapie externe et de curiethérapie HDR sur la base d'une expertise demandée à l'IRSN relative aux règles de conception des locaux abritant à la fois des accélérateurs linéaires d'électrons médicaux et des projecteurs de source HDR. Les dispositions réglementaires contre la malveillance des sources de haute activité ont, en outre, été prises en compte.

L'ASN s'est attachée à l'analyse des dispositions prévues par l'exploitant concernant les principaux points suivants :
• organisation des alternances des différents traitements et des plages de contrôle de qualité (nombre de patients traités, organisation des plannings, plages pour les contrôles qualité des DM, plages pour les traitements, etc.) ;
• positionnement des patients facilitant leur évacuation en cas d'urgence ;
• dispositifs spécifiques de sécurité interdisant le fonctionnement simultané de deux appareils ;
• signalisations lumineuses et arrêts d'urgence distincts pour les deux systèmes et clairement identifiés ;
• plan du double zonage affiché à l'entrée ;
• procédure en cas d'enfermement du personnel incluant les deux appareils.

2.2.3 L'état de la radioprotection en curiethérapie

L'ASN a autorisé 57 centres de curiethérapie, dont 51 utilisent la technique HDR. Dix-neuf autorisations ont été délivrées en 2024 (*voir graphique 3*). L'activité de curiethérapie est stable et les traitements par curiethérapie HDR restent majoritaires. L'ASN constate que certains centres de curiethérapie ont des difficultés à poursuivre certaines activités du fait d'un manque de professionnels formés aux techniques de curiethérapie, même s'ils souhaitent maintenir ces activités afin de proposer aux patients les traitements les plus adaptés à leur pathologie.

L'Observatoire de l'INCa recense, par an, 600 à 700 traitements LDR, 700 à 750 traitements PDR pour les cancers gynécologiques et entre 4 500 et 5 000 traitements HDR.

À l'instar de la radiothérapie externe, la sécurité des soins en curiethérapie constitue, depuis 2007, un domaine prioritaire de contrôle de l'ASN, en raison de l'importance de la dose délivrée et, le cas échéant, des débits de dose. La curiethérapie étant réalisée au sein des services de radiothérapie, le programme d'inspection sur la période 2021-2024 est identique à celui de la radiothérapie externe, avec une fréquence quadriennale et des contrôles analogues à ceux réalisés en radiothérapie externe (*voir point 2.1.3*).

Du fait de l'utilisation de sources de haute activité, des contrôles spécifiques portent sur la formation des professionnels, notamment la connaissance des consignes à suivre en cas d'urgence (blocage de source) et la sécurité de ces sources (organisation mise en place pour la gestion des sources, mesures appropriées pour empêcher l'accès non autorisé aux sources, inventaire des sources, protection contre la malveillance et gestion des informations sensibles).

En 2024, 16 inspections sur le thème de la radioprotection ont été réalisées, représentant 28 % des services autorisés.

2.2.3.1 La gestion des sources

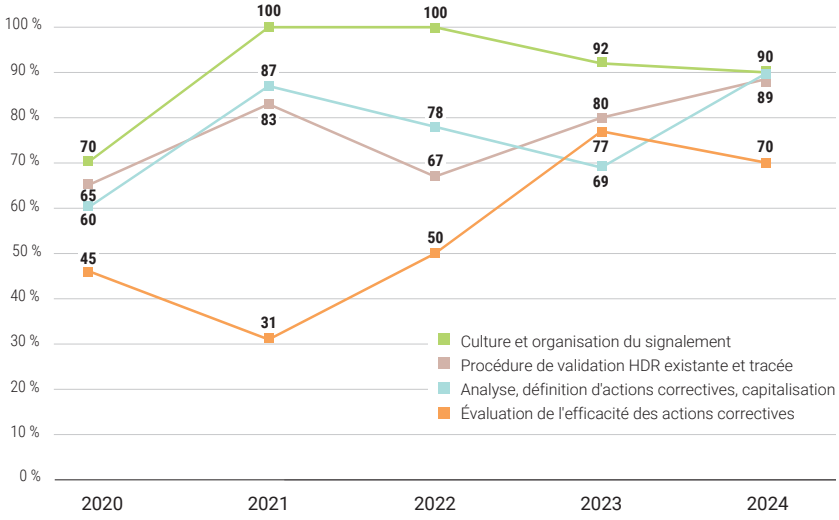
Les organisations mises en place permettent de connaître la catégorie de chaque source ou lot de sources, dans 80 % des centres inspectés, niveau similaire à celui de l'industrie et aux constats des années précédentes. Cet indicateur est celui qui atteint le plus haut score de conformité et le nombre de sites qui n'a pas encore procédé à cette classification est très faible.

Les autorisations nominatives délivrées par le RAN afin de permettre l'accès aux sources, leur convoyage ou l'accès aux informations relatives aux moyens ou mesures les protégeant n'appellent pas d'observation dans un peu moins de la moitié des situations. C'est également un résultat comparable au milieu industriel alors que ce point apparaît *a priori* plus difficile à respecter au regard du nombre de personnes concernées et de la nature des établissements médicaux dont la fonction est d'accueillir du public. Aucune situation critique (absence d'autorisation) dans le milieu médical n'a été rencontrée.

La moitié des inspections de 2024 concluent à la mise en place satisfaisante d'une politique de protection contre la malveillance, ainsi qu'aux dispositions mises en œuvre portant sur l'identification et la maîtrise des informations sensibles. C'est une forte progression en comparaison des trois années précédentes.

Une forte amélioration est attendue sur l'identification des barrières à protéger où l'indicateur demeure médiocre : en 2024, un établissement inspecté sur quatre avait correctement défini ses barrières ; en 2023, c'était un sur cinq.

GRAPHIQUE 4 **Évolution du pourcentage de conformité des installations de curiethérapie en relation avec la gestion des événements donnant lieu à la mise en œuvre d'actions correctives sur la période 2020-2024**



Un tiers des établissements contrôlés en 2024 dispose d'un plan de maintenance des dispositifs techniques de protection correctement suivi. Une amélioration s'avère également nécessaire sur ce point sur lequel les années précédentes avaient déjà témoigné d'une lacune.

Le détail des résultats est décrit dans le chapitre 8.

L'ASN constate que les nouvelles exigences relatives à la sécurisation d'accès aux sources de haute activité continuent de se déployer progressivement. La situation s'améliore progressivement sans encore pouvoir être considérée comme conforme.

2.2.3.2 Les situations d'urgence et la gestion des dysfonctionnements

Les dysfonctionnements des appareils de curiethérapie pouvant entraîner des blocages ou des mauvais positionnements de la source sont susceptibles de conduire à des surexpositions pour les travailleurs ou les patients, parfois graves (radionécrose). Aussi, ce type d'événement rappelle la nécessité de respecter les conditions techniques d'utilisation de ces dispositifs, et les obligations de formation à la gestion des situations d'urgence et de réalisation d'exercices.

2.2.3.3 La radioprotection des professionnels

En 2024, les mesures de radioprotection déployées par les services de curiethérapie en matière de radioprotection des professionnels ont été jugées satisfaisantes dans trois quarts des services contre la moitié en 2023. Sur les 16 centres inspectés en 2024 disposant de sources de haute activité, 80 % ont mis en place une formation renforcée aux situations d'urgence et ont organisé des exercices de mise en situation, notamment pour la gestion des situations liées aux blocages de sources alors qu'ils n'étaient que 46 % en 2023. L'ASN constate ainsi une meilleure situation en 2024, mais rappelle l'importance de la formation à la radioprotection des professionnels en cas de détention d'une source de haute activité pour être en capacité de gérer une situation de blocage de sources.

2.2.3.4 La radioprotection des patients

Comme pour la radiothérapie externe, l'évaluation de la radioprotection des patients en curiethérapie est réalisée à partir des contrôles portant sur la mise en œuvre du SMQ et de la sécurité des soins, ainsi que sur l'organisation de la physique médicale.

L'ASN constate que les exigences relatives à l'organisation de la physique médicale et la présence d'un physicien médical pendant la durée des traitements sont satisfaites dans l'ensemble des centres inspectés.

2.2.3.5 Le système de management de la qualité et de la sécurité des soins

Le bilan qualitatif des inspections réalisées en 2024 a montré que la plupart des services de curiethérapie inspectés ont déployé un SMQ (*voir graphique 4*), en bénéficiant de l'appui des services de radiothérapie externe.

Un bilan des inspections réalisées sur la période 2021-2024 permettant de couvrir l'ensemble du parc permet de dégager les tendances suivantes :

- la culture de déclaration et l'organisation pour gérer les signalements sont jugées satisfaisantes pour l'ensemble des services inspectés au cours des dernières années, ce taux étant de 100 % en 2021 et 2022, de 92 % en 2023 et de 90 % en 2024 ;
- l'analyse, la définition d'actions correctives et leur capitalisation sont jugées satisfaisantes dans plus de deux tiers des services avec une meilleure situation en 2024 (90 %) ;
- l'évaluation de l'efficacité des actions correctives progresse depuis 2021. Ainsi, si seulement un tiers des services évaluait l'efficacité des actions correctives en 2021, 70 % des centres inspectés le font en 2024 ;
- l'existence d'une procédure de validation du traitement en HDR est constatée dans 90 % des services inspectés en 2024, ce taux étant compris entre deux tiers et 89 % sur la période 2021-2024 ;
- la démarche d'habilitation se déploie, avec toutefois encore des disparités entre les personnels médical et paramédical, cette démarche étant majoritairement déclinée pour les professionnels paramédicaux.

La maintenance et les contrôles de qualité

La majorité des centres dispose d'un inventaire des DM, ainsi que d'un registre de consignation des opérations de maintenance et des contrôles de qualité. En l'absence d'un référentiel réglementaire des contrôles de qualité des dispositifs de curiethérapie, les contrôles de qualité mis en œuvre s'appuient notamment sur des recommandations des constructeurs ou des sociétés savantes : guide de l'ESTRO *(European Society Radiation Oncology)* – Booklet n°81 et guide n°36 de la Société française de physique médicale (SFPM).

La maintenance des projecteurs (pour les applications HDR et PDR) – Elle est assurée par les constructeurs, en particulier lors des changements de sources. Les services de curiethérapie s'appuient sur ces contrôles pour garantir le bon fonctionnement des appareils. Des contrôles de l'activité de la source à chaque livraison et de sortie de source sont également réalisés.

L'ASN note que les contrôles de qualité réalisés par les services s'avèrent parfois insuffisants notamment lors de la réception d'un nouveau matériel et attire l'attention sur la nécessité de bien définir ces contrôles en prenant en compte les exigences du constructeur en particulier pour la curiethérapie HDR. Les doses délivrées à chaque séance de curiethérapie étant de l'ordre de 4 à 10 Gy, des erreurs dans la délivrance du traitement peuvent avoir de graves conséquences sur la santé du patient.

2.2.3.6 Les événements déclarés en curiethérapie

En 2024, 11 ESR ont été déclarés en curiethérapie, dont 8 au titre du critère 2.1 (exposition des patients à visée thérapeutique). Six sont classés au niveau 1 et deux sont classés au niveau 0 de l'échelle ASN-SFRO.

Un ESR en curiethérapie, déclaré par plusieurs établissements en 2023 et début 2024, classé au niveau 1 de l'échelle ASN-SFRO, a concerné une cohorte de patients dans trois établissements de santé différents. L'événement a été déclaré à la suite d'une notification par le fabricant d'une erreur d'arrondi dans le logiciel impliquant une inexactitude de l'espace entre les coupes scanner importées pour la planification dosimétrique des traitements.

Cet événement a fait également l'objet d'une déclaration de matériovigilance auprès de l'ANSM. Cette inexactitude pouvait entraîner un écart de dose d'environ 5 à 10 %, sur chaque fraction de curiethérapie dans certaines conditions d'utilisation. Le fabricant a proposé des mesures correctives avec le paramétrage du logiciel. Pour l'un des établissements ayant déclaré en 2024, 136 patients ont été concernés, soit près de la moitié des cas de la cohorte, et tous les dossiers ont été vérifiés afin de calculer les écarts de dose, qui étaient inférieurs à 5 % sur les volumes cibles. Cet établissement a décidé de changer de projecteur HDR.

Par ailleurs, un événement concerne la perte d'un container de grains d'iode-125. Lors du traitement d'un patient par curiethérapie pour un cancer de la prostate, un des deux containers de grains d'iode non utilisés n'a pas été retrouvé après l'intervention au bloc opératoire. Ce traitement consiste à positionner des grains radioactifs d'iode-125 dans la prostate du patient afin d'irradier la zone de la tumeur. La totalité des grains d'iode-125 commandés en prévision d'une intervention n'est pas systématiquement implantée. Les grains d'iode-125 non utilisés sont récupérés pour être renvoyés au fournisseur dans un container en acier plombé. À l'issue d'une intervention du 1er octobre 2024, le carton contenant un container d'une cartouche de 15 grains d'iode-125 non utilisée pour le traitement a été éliminé dans le circuit des ordures ménagères. Cet ESR illustre l'importance de maîtriser les procédures de gestion et de traçabilité des sources non utilisées. Considérant la défaillance des dispositions de surveillance ayant conduit à la perte de cette source radioactive, l'ASN a classé cet événement au niveau 1 de l'échelle INES (échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques, graduée de 0 à 7 par ordre croissant de gravité).

SYNTHÈSE

En curiethérapie, les inspections réalisées en 2024 dans près d'un quart des services, mises en perspective de celles réalisées durant la période 2021-2024, confirment une bonne prise en compte des règles de radioprotection. L'ASN constate, en 2024, que les nouvelles exigences relatives à la protection des sources de haute activité contre la malveillance continuent de se déployer progressivement, en particulier s'agissant de la mise en place d'une politique de protection, des mesures permettant d'empêcher l'accès non autorisé à ces sources et de l'identification et la maîtrise des informations sensibles. La situation s'améliore progressivement sans encore pouvoir être considérée comme conforme. Certains centres font toujours face à des difficultés de mise en conformité lorsque cette dernière requiert la réalisation de travaux importants. Par ailleurs, l'ASN constate que les démarches de retour d'expérience des dysfonctionnements progressent et appelle l'attention des services sur la nécessité de maîtriser les procédures de gestion et de traçabilité des sources non utilisées pour les curiethérapies de prostate avec l'utilisation de grains d'iode-125.

Enfin, maintenir une activité de curiethérapie constitue toujours un enjeu pour les années à venir compte tenu des ressources et des compétences qui seront nécessaires.

2.3 La médecine nucléaire

La médecine nucléaire est une discipline médicale utilisant des radionucléides en sources non scellées à des fins diagnostiques (imagerie fonctionnelle *in vivo* ou de biologie médicale *in vitro*) ou thérapeutiques (RIV).

Grâce à l'essor de nouveaux radionucléides et de nouveaux vecteurs, la médecine nucléaire connaît depuis quelques années une forte évolution, tant en diagnostic qu'en thérapie.

Par ailleurs, la réforme des autorisations sanitaires (*voir point 1.3.3*) a introduit, pour la médecine nucléaire, deux « niveaux » d'autorisation (mentions A et B) en application du décret n°2021-1930 relatif aux conditions d'implantation des services de médecine nucléaire. La mention A concerne les activités diagnostiques ou thérapeutiques hors thérapie des pathologies cancéreuses, réalisées par l'administration de médicament radiopharmaceutique prêt à l'emploi ou préparé selon un procédé aseptique en système clos. La mention B est attribuée lorsque l'activité comprend, outre les actes relevant de la mention A, les actes suivants :

- les actes avec administration d'un MRP préparé selon un procédé aseptique en milieu ouvert ;
- les actes diagnostiques réalisés dans le cadre d'explorations de marquage cellulaire des éléments figurés du sang par un ou des radionucléides ;
- les actes thérapeutiques réalisés par l'administration de DM implantable actif ;
- les actes thérapeutiques pour les pathologies cancéreuses réalisés par l'administration de MRP.

L'autorisation d'activité de soins pour la médecine nucléaire est désormais accordée par site géographique à condition de respecter, notamment, les dispositions définies en matière de nombre d'équipements de tomographie par émission monophotonique (TEMP) et de TEP – *voir point 2.3.1*). Les établissements devront régulariser leur situation et déposer auprès des ARS des demandes d'installation de nouveaux équipements dans les sites déjà autorisés ou de création de nouveaux sites. Les autorisations de détenir et d'utiliser une source radioactive ou un appareil émetteur de rayonnements ionisants délivrées par l'ASN devront être mises à jour en fonction de la nature de ces changements (changement de titulaire, de site, d'équipement, partage d'équipements, etc.).

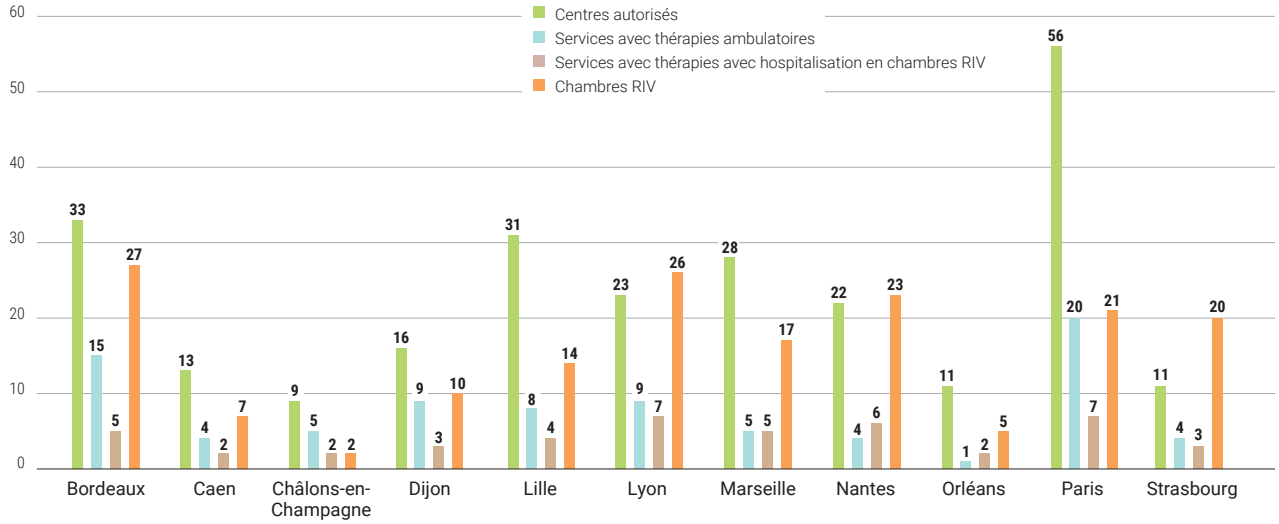
La médecine nucléaire fait partie des priorités d'inspection de l'ASN. Les principaux enjeux de radioprotection sont liés à l'utilisation de sources non scellées, lesquelles sont susceptibles de conduire à des contaminations et génèrent des déchets et des effluents radioactifs. La médecine nucléaire est en outre le principal contributeur des doses aux extrémités des professionnels du médical (*voir point 1.2.1*). La gestion des sources, des déchets et des effluents, la radioprotection des travailleurs, la maîtrise de la dispensation des médicaments, au travers des obligations d'assurance de la qualité, et le processus de retour d'expérience, font l'objet d'une attention particulière en inspection.

2.3.1 La présentation des techniques

La **médecine nucléaire à visée diagnostique *in vivo*** permet de réaliser une imagerie fonctionnelle, complémentaire de l'imagerie purement morphologique obtenue par les autres techniques d'imagerie. Cette technique consiste à étudier une fonction de l'organisme grâce à une substance radioactive spécifique – un MRP – administrée à un patient. Le choix du MRP dépend de l'organe ou de la fonction à étudier. Le MRP est classiquement constitué d'un radionucléide qui peut être utilisé seul (le radionucléide constitue alors le MRP) ou fixé à un vecteur (molécule, hormone, anticorps, etc.). C'est la fixation spécifique du vecteur qui détermine alors la fonction qui est étudiée. Le tableau 3 (*voir page suivante*) présente quelques-uns des principaux radionucléides utilisés dans diverses explorations.

C'est la détection du rayonnement ionisant issu du radionucléide, grâce à un détecteur spécifique, qui permet la localisation dans l'organisme du MRP et, ainsi, la réalisation des images du fonctionnement des tissus ou organes explorés. La plupart des appareils de détection permettent des

GRAPHIQUE 5 État des lieux du parc national en médecine nucléaire en 2024



acquisitions tomographiques et une imagerie en coupe, ainsi qu'une reconstruction tridimensionnelle des organes. Selon la nature du radionucléide utilisé, on parle de TEMP, appelées encore « gamma-caméras », pour les radionucléides émetteurs de rayonnement gamma, et de TEP pour les radionucléides émetteurs de positons.

Afin de faciliter la fusion des images fonctionnelles et morphologiques, des appareils hybrides ont été développés. Ils associent les caméras TEP ou les gamma-caméras à un tomodensitomètre (TEP-TDM ou TEMP-TDM). Plus rarement, une caméra TEP peut être couplée à une IRM.

La médecine nucléaire à visée diagnostique *in vitro* est une technique de biologie médicale permettant de doser certains composés contenus dans les fluides biologiques préalablement prélevés sur le patient (par exemple, hormones, marqueurs tumoraux, etc.), très utilisée en raison de la sensibilité de détection plus élevée des techniques utilisant des rayonnements ionisants. Cette technique met en œuvre des méthodes de dosage fondées sur les réactions immunologiques (réactions antigènes-anticorps marqués à l'iode-125), d'où le nom de dosage par radio-immunologie (*Radio Immunology Assay* – RIA). Toutefois, le nombre de laboratoires de diagnostic *in vitro* diminue du fait de l'utilisation de techniques plus performantes en matière de sensibilité de détection, telles l'immunoenzymologie ou la chimiluminescence.

La médecine nucléaire à visée thérapeutique ou RIV utilise l'administration de MRP pour délivrer une dose importante de rayonnements ionisants à un organe cible, dans un but curatif ou palliatif. Deux champs d'applications thérapeutiques de la médecine nucléaire peuvent être distingués : l'oncologie et les affections non oncologiques.

La recherche impliquant la personne humaine (RIPH) en médecine nucléaire est particulièrement dynamique ces dernières années, principalement dans le domaine de la thérapie en oncologie avec l'émergence de nouveaux vecteurs et radionucléides. Cette recherche conduit progressivement à l'introduction de nouveaux traitements sur le marché, qui ont vocation à être proposés à un nombre croissant de patients dans les prochaines années et soulèvent des enjeux de radioprotection qui font actuellement l'objet d'un examen de l'ASN.

Les traitements RIV peuvent être administrés par voie orale (par exemple, capsules d'iode-131) ou par voie systémique (injection intraveineuse ou *via* un cathéter).

Selon l'activité administrée ou la nature du radionucléide utilisé, certaines thérapies nécessitent l'hospitalisation des patients pendant plusieurs jours dans des chambres spécialement aménagées du service de médecine nucléaire pour assurer la radioprotection du personnel, des proches du patient et de l'environnement. La protection radiologique de ces chambres est adaptée à la nature des rayonnements émis par les radionucléides, et des cuves recueillent les urines contaminées des patients. Dans le cas des traitements administrés en ambulatoire ou dans des chambres d'hospitalisation externes au service de médecine nucléaire, la collecte des urines des patients doit également prévoir un circuit vers des cuves de décroissance, sachant que la lettre circulaire de l'ASN du 12 juin 2020 prévoit, pour le cas des traitements à base de lutétium-177, des dispositions dérogatoires provisoires le temps que les services ne disposant pas de cuves se mettent en conformité. Le traitement ambulatoire implique de plus dans certains cas une gestion par décroissance des déchets produits par les patients à leur domicile avant évacuation dans le circuit des déchets ménagers.

Pour les utilisations à des fins de thérapie, 170 chambres de RIV sont réparties dans 45 services de médecine nucléaire (*voir graphique 5 ci-dessus*).

TABLEAU 3 Principaux radionucléides utilisés dans diverses explorations en médecine nucléaire *in vivo*

Type d'exploration	Radionucléides utilisés
Métabolisme thyroïdien	Iode-123, technétium-99m
Perfusion du myocarde	Rubidium-82, technétium-99m, thallium-201
Perfusion pulmonaire	Technétium-99m
Ventilation pulmonaire	Krypton-81m, technétium-99m
Processus ostéo-articulaire	Fluor-18, technétium-99m
Exploration rénale	Technétium-99m
Oncologie – Recherche de métastases	Fluor-18, gallium-68, technétium-99m
Neurologie	Fluor-18, technétium-99m

Les pharmacies à usage intérieur

Du fait de la réforme des autorisations de soins en cours de déploiement (*voir point 2.3*), pour les titulaires de mention A, l'autorisation est conditionnée au concours d'un radiopharmacien, rattaché à la pharmacie à usage intérieur si le service de médecine nucléaire est situé dans un site en disposant. Pour les titulaires de mention B, les missions des radiopharmaciens sont assurées et structurées au sein de la pharmacie à usage intérieur de l'établissement, et le local de préparation des MRP au sein du service de médecine nucléaire, appelé « radiopharmacie »,

fait partie de la pharmacie à usage intérieur. Cent-cinq radiopharmacies étaient dénombrées en 2020 au sein des unités de médecine nucléaire dans les établissements publics de santé et les établissements de santé privés d'intérêt collectif, tels que les centres de lutte contre le cancer. Le radiopharmacien a principalement en charge la gestion du circuit du MRP (approvisionnement, détention, préparation, contrôle, dispensation et traçabilité), ainsi que la qualité de sa préparation. Concernant la préparation, l'ANSM a publié le 20 septembre 2023 le guide des *Bonnes pratiques de préparation* en remplacement de celui de 2007.

Les équipements

Outre les caméras utilisées dans les unités de médecine nucléaire, des enceintes radioprotégées sont installées dans les services, afin de manipuler en toute sécurité les sources non scellées.

Sont également utilisés des dispositifs automatisés ou semi-automatisés de préparation et d'injection des MRP marqués au fluor-18 et au gallium-68.

2.3.2 Les règles techniques applicables aux installations de médecine nucléaire

Les contraintes spécifiques de radioprotection en médecine nucléaire sont liées à la mise en œuvre de radionucléides en sources non scellées. Les services sont conçus et organisés pour recevoir, stocker et manipuler ces sources radioactives non scellées en vue de leur administration aux patients ou en laboratoire (cas de la radio-immunologie). Des dispositions sont également prévues pour la collecte, l'entreposage et l'élimination des déchets et effluents radioactifs produits dans l'installation, notamment pour les radionucléides contenus dans les urines des patients.

Conformité aux règles techniques de conception, d'exploitation et de maintenance des services de médecine nucléaire

Les services de médecine nucléaire doivent répondre aux règles prescrites par la décision n° 2014-DC-0463 de l'ASN du 23 octobre 2014 relative aux règles techniques minimales de conception, d'exploitation et de maintenance auxquelles doivent répondre les installations de médecine nucléaire *in vivo*.

Cette décision précise en particulier les règles de ventilation des locaux des services de médecine nucléaire et des chambres accueillant les patients qui bénéficient notamment d'un traitement du cancer de la thyroïde avec l'iode-131. Le Guide n° 32 précisant certains points de cette décision, publié par l'ASN en mai 2017, a été mis à jour en février 2020.

Par ailleurs, les installations équipées d'un TDM couplé à une gamma-caméra ou à une caméra TEP doivent répondre aux dispositions de la décision n° 2017-DC-0591 de l'ASN du 13 juin 2017 fixant les règles techniques minimales de conception auxquelles doivent répondre les locaux dans lesquels sont utilisés des appareils électriques émettant des rayons X.

La gestion des déchets et des effluents issus des services de médecine nucléaire

La gestion des déchets et effluents potentiellement contaminés par des radionucléides doit être décrite dans un plan de gestion qui comprend, notamment, les modalités de la surveillance des effluents rejetés, conformément à l'article R. 1333-16 du code de la santé publique et à la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008. Des locaux doivent être dédiés à ces activités, avec des équipements spécifiques permettant notamment de surveiller les conditions de rejets des effluents (niveaux de remplissage des cuves, dispositifs d'alarme de fuites, etc.). La conformité des installations destinées à recueillir les effluents et déchets produits par les services de médecine nucléaire doit être vérifiée régulièrement. Des travaux de révision de la décision ont débuté fin 2020 et conduiront également à faire évoluer le Guide n° 18 de l'ASN du 26 janvier 2012.

Parmi les 15 recommandations du rapport du GT « Déversement dans les réseaux d'assainissement des effluents contenant des radionucléides provenant des services de médecine nucléaire et des laboratoires de recherche » publiées en juin 2019 sur *asn.fr*, l'une d'entre elles introduit la notion de niveaux guides « contractuels » ou « de gestion » à fixer, le cas échéant, dans l'autorisation de déversement mentionnée à l'article L. 1331-10 du code de la santé publique. Ces niveaux guides, dont la valeur serait spécifique à chaque établissement, sont des niveaux de gestion qui, en cas de dérive des résultats de mesure, doivent déclencher une investigation et, le cas échéant, des corrections au niveau du système de collecte et d'élimination des effluents de l'établissement. L'ASN a saisi l'IRSN[7] afin de proposer un protocole de mesure et mettre à disposition des établissements une méthode d'exploitation des résultats en vue de définir localement ces niveaux guides, qui pourraient figurer dans les autorisations de déversements entre l'établissement générant ces rejets et les gestionnaires de l'assainissement.

L'IRSN a rendu ses rapports[8] à l'ASN en 2023; les recommandations de l'IRSN seront analysées dans le cadre des travaux de révision de la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008 (*voir point 2.3.3.3*).

2.3.3 L'état de la radioprotection en médecine nucléaire

Le parc des installations de médecine nucléaire, en 2024, comporte 253 services de médecine nucléaire autorisés, dont 109 pratiquent exclusivement une activité de diagnostic. Parmi les services impliqués dans la thérapie, 46 ont les capacités de pratiquer la thérapie RIV à forte activité nécessitant une hospitalisation en chambre radioprotégée, alors que les autres services pratiquent exclusivement la thérapie RIV hors chambres radioprotégées, principalement en ambulatoire, que ce soit pour les traitements à l'iode-131 à activité modérée ou pour certains traitements au lutétium-177.

Au cours de l'année 2024, 139 autorisations de médecine nucléaire ont été délivrées, incluant : des changements ou mises en service d'équipement (notamment des TEP), des augmentations d'activité de radioisotopes déjà utilisés, des extensions d'autorisation pour permettre l'usage de nouveaux radionucléides et des autorisations pour la réalisation d'études cliniques avec de nouveaux MRP (actinium-225 et holmium-166 par exemple).

La programmation des inspections de l'ASN en médecine nucléaire est établie selon une approche graduée, en prenant notamment en compte la répartition des types d'actes dans les services, avec des enjeux distincts selon qu'il s'agit d'actes à visée diagnostique ou thérapeutique. Dans ce contexte, la fréquence des inspections est fixée de manière quinquennale pour les services ne réalisant que des examens à visée diagnostique, quadriennale pour les services réalisant des examens diagnostics et des thérapies ambulatoires (iode délivré en activité inférieure à 800 mégabecquerels – MBq, synoviorthèses, etc.) et triennale pour les services réalisant des

7. Saisine CODEP-DIS-2020-013834 – Demande d'expertise concernant la définition d'un protocole de mesure et d'une méthode d'exploitation des résultats en vue d'établir localement des niveaux guides de rejets contenant des radionucléides dans l'environnement, provenant des services de médecine nucléaire et des laboratoires de recherche.

8. Rapport IRSN n° 2023-00061 – Niveaux guides pour le déversement de radionucléides concernant la définition d'un protocole de mesure et d'une méthode d'exploitation des résultats en vue d'établir localement des niveaux guides de rejets contenant des radionucléides dans l'environnement, provenant des services de médecine nucléaire : état des lieux et propositions.
Rapport IRSN n° 2023-00241 – Niveaux guides pour le déversement de radionucléides concernant la définition d'un protocole de mesure et d'une méthode d'exploitation des résultats en vue d'établir localement des niveaux guides de rejets contenant des radionucléides dans l'environnement, provenant des laboratoires de recherche : état des lieux et propositions.

Les inspections sur le thème des vérifications de non-contamination

Au cours de l'année 2024, trois inspections réalisées dans des services de médecine nucléaire ont inclus un volet dédié à la vérification de non-contamination avec l'aide des moyens de mesure de l'IRSN. Les mesures de contamination atmosphérique et surfacique ont été réalisées à l'aide de préleveurs d'air, de contaminamètres et par la réalisation de frottis analysés en laboratoire. Les points de mesure et de prélèvements ont été déterminés par les experts de l'IRSN sur la base des plans du service et de ses activités le jour des mesures. Ils concernaient à la fois des endroits clés du service et des points de mesure dans les locaux attenants (salle d'attente avant injection, couloir de circulation en zone non réglementée, etc.). Les premiers retours sur ces campagnes de mesure indiquent globalement une bonne maîtrise du risque de contamination dans les services inspectés. Les rapports d'analyse sont ensuite partagés au responsable de l'activité pour qu'il puisse en tenir compte dans la définition des points de mesure faisant l'objet des vérifications réglementaires. Cette démarche va être poursuivie dans plusieurs autres services de médecine nucléaire en 2025.

thérapies complexes utilisant de l'iode dans les activités délivrées à une dose supérieure à 800 MBq, du lutétium-177, de l'yttrium-90 (avec hospitalisation en chambre radioprotégée ou non). En conséquence, environ un quart du parc national est inspecté chaque année. Ces fréquences évolueront à partir de 2025 pour prendre en compte la réforme des autorisations de soins qui a dissocié au regard des enjeux deux catégories de services de médecine nucléaire (mention A et mention B). Ainsi, les services de médecine nucléaire de mention B seront inspectés tous les trois ans alors que ceux de mention A le seront tous les cinq ans (*voir point 1.3.3*).

Au regard des enjeux de radioprotection, les contrôles de l'ASN portent sur la radioprotection des travailleurs (organisation de la radioprotection, délimitation des zones réglementées, dosimétrie d'ambiance, dosimétrie des travailleurs), la radioprotection des patients (analyse des NRD, contrôles de qualité des DM, maîtrise de la dispensation des MRP) et la gestion des sources (circuit des sources non scellées, de la livraison à leur élimination, tels que les locaux de livraison, les cuves d'entreposage et les rejets des effluents).

En 2024, 69 services de médecine nucléaire ont été inspectés, représentant 27 % des installations. Lors de ces inspections, les centres ont mentionné des problèmes d'effectifs, notamment de manipulateurs en électroradiologie médicale (difficulté à recruter, forte mobilité), ainsi que des difficultés de recrutement de praticiens dans certaines régions. Avec la mise en place progressive de la réforme des autorisations de soins se pose aussi la question d'un nombre suffisant de radiopharmaciens, ces derniers devant désormais assurer leur concours aux services de médecine nucléaire relevant de la mention A. Dans le contexte du développement de la RIV, le nombre de physiciens médicaux est également un sujet d'attention. L'ASN s'attache à questionner les centres sur l'adéquation de leurs ressources, en particulier lors de nouveaux projets et dans un contexte d'activité croissante.

En 2024, l'ASN a mené des inspections avec des experts de l'IRSN afin de vérifier, avec l'aide de moyens de mesure, la maîtrise du risque de contamination par les RAN (*voir encadré ci-contre*).

2.3.3.1 La radioprotection des professionnels de médecine nucléaire

Sur le plan radiologique, le personnel est soumis à un risque d'exposition externe, en particulier au niveau des doigts, du fait notamment de la manipulation de certains radionucléides (cas du fluor-18, de l'iode-131, du gallium-68 ou de l'yttrium-90), lors de la préparation et de l'injection des MRP, ainsi qu'à un risque d'exposition interne par incorporation accidentelle de substances radioactives.

Les inspections réalisées en 2024 offrent un bilan mitigé de l'évolution de la prise en compte des exigences de radioprotection des professionnels comparativement aux années précédentes (*voir graphique 6*).

Le suivi et l'analyse des expositions des professionnels marquent le pas au sein des services inspectés alors qu'une progression avait été observée les années précédentes (77 % des services inspectés respectent ces dispositions contre plus de 90 % les années précédentes). Les autres écarts observés concernent des défauts de vérification du risque de contamination atmosphérique ou de non-contamination des zones attenantes aux locaux où sont manipulés les radionucléides, l'application des dispositions relatives à la délimitation des zones réglementées en cohérence avec les vérifications des lieux de travail, ainsi que les vérifications des équipements de travail et des sources scellées. La nette diminution de conformité observée pour ces dernières en 2023 se confirme, seuls 64 % des services inspectés ayant pu justifier de vérifications réalisées à la fréquence réglementaire requise pour toutes les sources et tous les équipements. En outre, seuls 38 % des services inspectés avaient mis en œuvre des travaux de mise en conformité à la suite des constats de non-conformité faits lors des dernières vérifications. Enfin, un axe d'amélioration récurrent reste celui de la coordination des mesures de prévention avec les entreprises extérieures, avec un peu plus d'un tiers seulement des services de médecine nucléaire ayant établi un plan de prévention avec l'ensemble des entreprises intervenantes.

En revanche, la désignation d'une personne compétente en radioprotection (PCR) dédiée à la médecine nucléaire est bien respectée (attestation valide délivrée par l'employeur dans tous les services inspectés), et la mise à jour de la formation des professionnels à la radioprotection connaît une nette amélioration en 2024 après le recul observé ces dernières années (78 % des services inspectés ont la totalité des professionnels concernés formés depuis moins de trois ans, contre 59 % en 2023).

2.3.3.2 La radioprotection des patients en médecine nucléaire

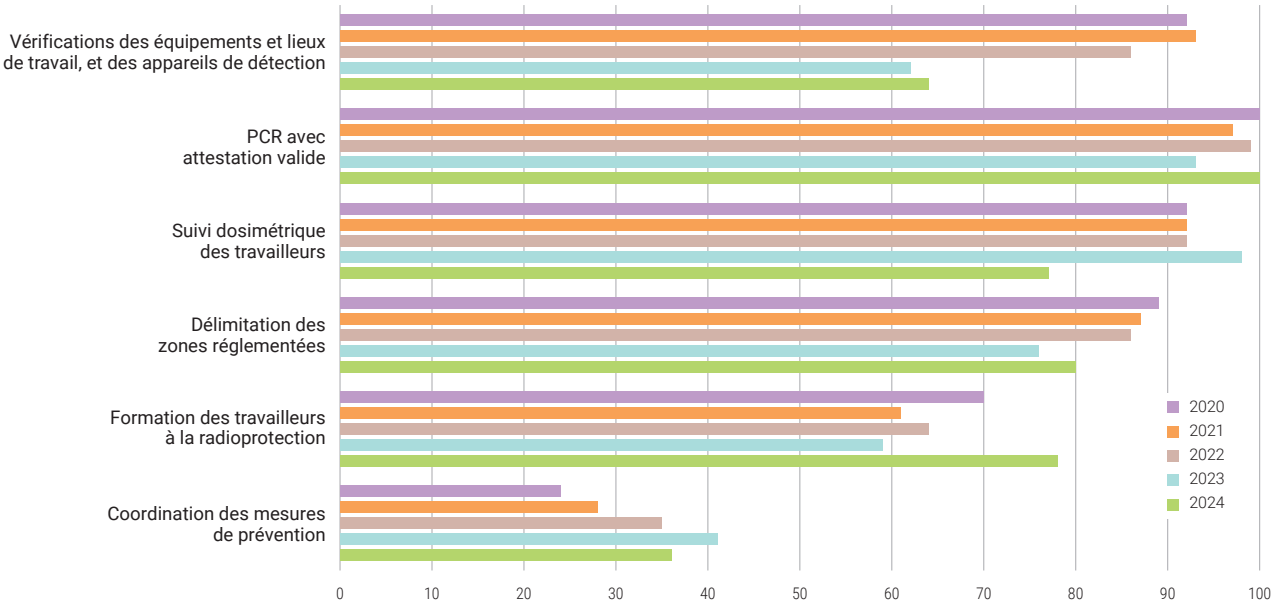
Les inspecteurs de l'ASN notent une nette amélioration dans la démarche d'optimisation, avec 82 % des services qui déploient une gestion complète des NRD, contre 68 % en 2023 (*voir graphique 7*), même si ponctuellement des difficultés sont encore observées, pouvant aller jusqu'à l'absence totale de démarche d'optimisation dans certains services.

La gestion des contrôles de qualité externes des DM retrouve un niveau satisfaisant après le recul observé en 2023 puisque 89 % des services inspectés avaient réalisé les contrôles qualité de l'ensemble de leurs DM à la fréquence réglementaire requise (*voir graphique 7*).

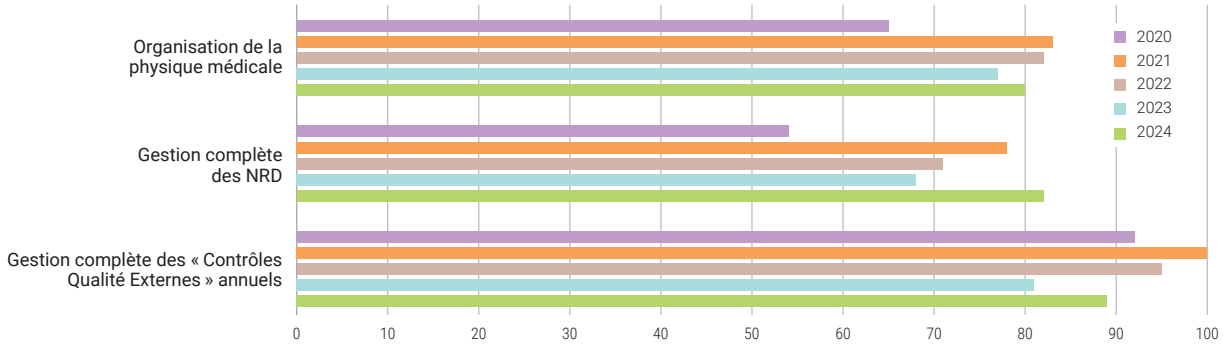
L'organisation mise en place pour permettre l'intervention d'un physicien médical, l'identification de ses missions et la quantification de son temps de présence sur site sont à un niveau satisfaisant dans 80 % des services (*voir graphique 7*). Cette organisation peut encore progresser dans certains services inspectés en 2024, où le plan d'organisation de la physique médicale (POPM) est incomplet et l'organisation de la physique médicale décrite dans le POPM est jugée insuffisante.

Enfin, à la suite de la publication des deux décisions n° 2019-DC-0660 et n° 2021-DC-0708 de l'ASN fixant les obligations d'assurance de la qualité, respectivement en imagerie médicale et pour les actes thérapeutiques, l'ASN constate un engagement et un investissement importants des services de médecine dans le déploiement des SMQ. Le déploiement de la démarche d'habilitation se poursuit même si l'ASN constate cette année encore des disparités entre les personnels médical et paramédical, cette démarche étant souvent plus largement déclinée pour les professionnels paramédicaux. La culture de déclaration des événements, même si elle est présente

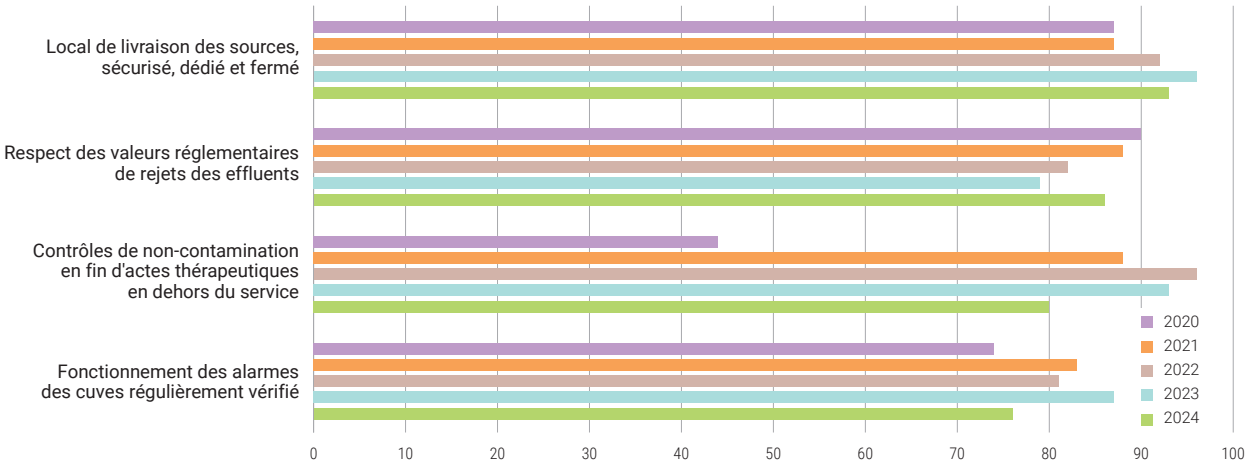
GRAPHIQUE 6 **Évolution de la conformité des services de médecine nucléaire à la réglementation des travailleurs sur la période 2020-2024**



GRAPHIQUE 7 **Évolution de la conformité des services de médecine nucléaire à la radioprotection des patients sur la période 2020-2024**



GRAPHIQUE 8 **Évolution de la conformité des services de médecine nucléaire à la protection des populations et de l'environnement sur la période 2020-2024**



dans une grande partie des services inspectés, doit s'améliorer voire se renforcer, notamment en termes d'analyse de ces événements. L'ASN a à nouveau observé cette année que des ESR n'avaient pas été déclarés dans certains centres.

2.3.3.3 La protection de la population et de l'environnement

Plus de 90 % des services inspectés sur la période 2019-2024 (93 % en 2024) disposent d'un local de livraison dédié et sécurisé, conforme aux exigences de la décision n° 2014-DC-0463 de l'ASN du 23 octobre 2014, et 86 % de ces services n'ont pas de difficultés particulières pour respecter les limites réglementaires de rejet des effluents (10 becquerels par litre – Bq/L – pour les effluents contaminés après entreposage, ou 100 Bq/L pour les effluents issus des chambres de patients traités à l'iode-131) fixées pour l'activité volumique des effluents rejetés après décroissance (*voir graphique 8 page précédente*).

En revanche, deux points qui avaient connu une amélioration ces trois dernières années sont en léger recul en 2024. Le premier concerne les contrôles de non-contamination en fin d'actes réalisés en dehors du service (activités déportées telles que la recherche de ganglion sentinelle au bloc opératoire), encore non systématiques pour 20 % des services inspectés, tout en précisant que le faible nombre de services concernés (10) parmi ceux inspectés en 2024 peut expliquer ce taux. Le second point porte sur l'obligation de vérification des détecteurs de fuites des cuves d'entreposage dans le bac de rétention qui est réalisée dans une moindre proportion que l'an dernier (76 % des services inspectés s'y prêtent contre 87 % en 2023). Pour ce dernier point, il a été constaté que le report d'alarme fait vers une entité extérieure au service de médecine nucléaire, s'il est *a priori* judicieux en heures non ouvrables, ne fait pas toujours l'objet d'un traitement adéquat. Les inspections ont aussi révélé que les PGED ne contiennent pas toujours tous les éléments attendus tels que la convention de rejet, qui tarde souvent à être signée avec le gestionnaire du réseau public récupérant les eaux usées, et la fixation d'une valeur limite à respecter à l'émissaire de l'établissement.

L'ASN relève également des difficultés de mise en œuvre, par les RAN, de la nouvelle réglementation portant sur les vérifications effectuées au titre du code de la santé publique, applicable depuis le 1er janvier 2023. La principale difficulté est liée à la définition des attendus (périmètre de l'action de vérification) de l'arrêté, que ce soit pour les organismes agréés ou les centres.

2.3.3.4 Les événements déclarés en médecine nucléaire

Parmi les 69 services inspectés, la plupart dispose d'un système d'enregistrement des événements indésirables. Pour une majorité des événements déclarés à l'ASN, le plan d'action proposé est adapté mais des lacunes sont parfois observées dans l'analyse des causes profondes de l'événement. En revanche, plusieurs services inspectés n'avaient pas déclaré certains ESR à l'ASN, principalement par manque de sensibilisation du personnel à la déclaration.

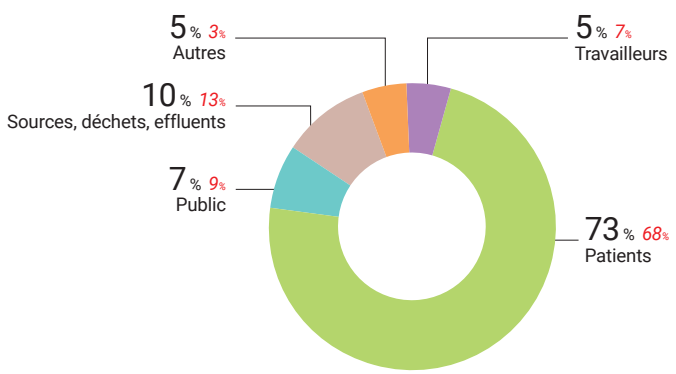
Le nombre d'ESR déclarés en 2024 s'élève à 324, nombre en forte hausse par rapport à 2023 (+61 %) et ayant doublé depuis 2019 (*voir point 2.7*). Cette évolution résulte vraisemblablement d'une augmentation du nombre d'actes en médecine nucléaire, domaine qui connaît un fort développement, qu'il s'agisse du diagnostic, avec la TEP en particulier, comme de la thérapie, mais s'explique également par une meilleure appropriation par les établissements de la démarche d'assurance qualité intégrant celle de la déclaration des ESR. Cette tendance ne doit pas occulter le fait que des défauts de déclaration sont encore constatés ponctuellement.

Comme les années précédentes, la majorité des événements déclarés (73 %) concernent les patients (*voir graphique 9*).

Les événements concernant les patients (237 ESR, soit 73 % des ESR déclarés)

La grande majorité des ESR concernant des patients en médecine nucléaire a lieu dans le cadre d'actes à visée diagnostique (70 %). Ces ESR sont, pour la plupart, sans conséquence clinique attendue au regard des activités injectées. Ils sont majoritairement liés à des erreurs de préparation ou d'administration conduisant à l'injection du MRP ou d'une activité de celui-ci inappropriés (53 % des ESR relatifs aux patients, chiffre stable par rapport à 2023). Ils résultent de dysfonctionnements organisationnels et humains, en général dans des contextes de forte activité. En 2024, parmi ces ESR, sept ont concerné des enfants et trouvent également leur origine dans des erreurs de préparation et d'injection. Les autres ESR survenus dans le cadre du diagnostic sont le plus souvent liés à une erreur dans la demande d'examen, à la prescription du médecin ou leur traitement (16 %) ou à un problème intervenu au moment de

GRAPHIQUE 9 Répartition (en %) des ESR en médecine nucléaire en 2024



En rouge : moyenne du nombre d'ESR déclarés au cours des 10 années précédentes.

Contamination d'un salarié d'un service de médecine nucléaire

Le 20 décembre 2024, lors de la manipulation d'une seringue contenant du technétium-99m, l'aiguille s'est détachée de la seringue, provoquant la projection de quelques gouttes sur le bras du préparateur et la contamination cutanée de ce dernier. Un contrôle de la contamination et une procédure de décontamination ont été mis en œuvre par la PCR de l'établissement. L'évaluation dosimétrique menée en considérant les hypothèses les plus pénalisantes a conduit à retenir une dose supérieure au quart de la limite de dose annuelle aux extrémités pour un travailleur. L'ASN a donc classé cet événement au niveau 1 de l'échelle INES, comme précisé dans l'avis d'incident qu'elle a publié sur son site. L'analyse de l'événement par l'établissement a permis de définir des actions correctives (mise en place de connecteurs spécifiques sur l'ensemble des seringues, rédaction d'une procédure de prise en charge d'une contamination d'un professionnel au cours du processus d'injection, ou encore le port systématique de lunettes de sécurité antiprojection pendant l'injection), dont la mise en œuvre effective sera vérifiée par l'ASN dans le cadre de ses actions de contrôle.

Élimination non conforme de déchets contaminés par des radionucléides provenant de services de médecine nucléaire

Un ESR a été déclaré à l'ASN début août 2024 à la suite du déclenchement de portiques de détection de radioactivité sur un site de réception de déchets en provenance d'un des établissements d'un groupe hospitalier. Cet ESR fait suite à une série d'autres déclarations de déclenchements de portiques lors de la réception de déchets en provenance d'établissements de ce même groupe hospitalier. Au total, cinq conteneurs de déchets contaminés par des radionucléides utilisés en médecine nucléaire ont ainsi été expédiés vers les sites de traitement de déchets, sans que les exigences règlementaires de gestion des déchets par décroissance n'aient été respectées. Les services de médecine nucléaire, qui utilisent des préparations radioactives à des fins diagnostiques ou thérapeutiques, produisent couramment des déchets marqués par des éléments radioactifs. Ceux-ci, du fait de leur décroissance rapide, perdent leur radioactivité après quelques heures à quelques jours ; ils ne peuvent donc être éliminés par les filières de traitement des déchets qu'après une période d'attente dite de décroissance radioactive, phénomène naturel de désintégration des atomes radioactifs au fil du temps et qui permet à la radioactivité de s'atténuer progressivement, jusqu'à devenir équivalente au bruit de fond de la radioactivité naturelle. Cette élimination reste conditionnée par les résultats de contrôles dont l'un fait intervenir un portique de détection à poste fixe sur site, comme défini par la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN (articles 15 et 16). Les centres de traitement des déchets, en application de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, disposent quant à eux de portiques de détection de la radioactivité, qui leur permettent de détecter dès leur réception une éventuelle contamination des déchets qui leur sont adressés, et de prendre le cas échéant les mesures nécessaires pour que ceux-ci soient traités dans des filières adaptées.

L'analyse de ces événements a mis en évidence, d'une part, un dysfonctionnement du système de détection fixe d'un établissement ; d'autre part, des écarts aux procédures d'élimination, un conteneur de déchets contaminés par des radionucléides ayant déclenché le système de détection de l'aire de tri de déchets sans être remis en décroissance radioactive avant son élimination. L'ASN a classé au niveau 1 de l'échelle INES le dernier événement de la série du fait de sa répétition sur une courte période (4 ESR en moins de trois mois) et rappelle dans l'avis d'incident publié sur son site l'importance de maintenir en bon état de fonctionnement les systèmes de détection radioactive des aires de tri de déchets contaminés par des radionucléides dans les établissements de santé, ainsi que l'importance de la formation des opérateurs en charge de ce tri aux consignes applicables dans l'établissement.

Ce type d'événement de déclenchement de portique peut également survenir au moment de la réception de déchets radiomarqués produits par des patients à leur domicile après un acte médical de RIV, lorsque ces déchets sont éliminés avec les ordures ménagères sans avoir respecté la durée de gestion par décroissance, ou lorsqu'ils contiennent des radioéléments à durée de vie plus longue, comme c'est le cas avec le lutétium-177 métastable parfois présent comme impureté dans les préparations radiopharmaceutiques à base de lutétium-177. Compte tenu de la croissance forte des prises en charge de patients pour des traitements en RIV, de la préférence donnée aux modalités de dispensation ambulatoires, et de la difficulté à mettre en place des dispositions de rétention et de collecte des déchets radiomarqués produits par certains patients à leur domicile, la fréquence de ces événements tend à augmenter.

La gestion de tels événements mobilise des moyens considérables (intervention des pompiers ou de personnel spécialisé, tri complémentaire des déchets, caractérisations radiologiques, gestion séparée, etc.) et peut avoir des conséquences opérationnelles très pénalisantes pour le système de collecte et de gestion des déchets ménagers : dans certains cas, des grèves de collecte ou des refus de prise en charge des déchets ont été observés, illustrant l'impact majeur et spécifique que peut avoir un incident dès lors qu'il revêt une dimension radiologique. L'ASNR appelle l'ensemble des acteurs concernés (promoteurs, services, établissements, sociétés savantes, collectivités, etc.) à se mobiliser pour mettre en place les dispositions nécessaires pour prévenir de manière robuste la survenue de ces incidents, dans un contexte où une forte hausse des traitements en RIV est attendue dans les prochaines années.

l'acquisition des images (16 %) (panne, protocole erroné, etc.). Un ESR a été particulièrement marquant au regard du nombre de patients concernés (70) et a fait l'objet d'un avis d'incident publié sur le site de l'ASN. Il s'agit de la délivrance de doses supérieures à celles prévues pour des examens de scintigraphie du fait de l'utilisation erronée de l'activimètre servant à mesurer les activités à injecter aux patients.

En 2024, neuf événements survenus au cours d'un acte thérapeutique ont été déclarés dont cinq événements liés à des complications associées soit à la mise en œuvre de microsphères d'yttrium-90 (3 ESR), soit à des cas d'extravasation[9] avec du lutétium-177 (2 ESR). Une fiche « Retour d'expérience » concernant des complications intervenues lors d'un traitement d'un cancer hépatique par radio-embolisation utilisant l'yttrium-90 a été élaborée en 2024 afin de partager les bonnes pratiques permettant de limiter la fréquence de survenue de ces aléas. Les autres ESR concernent des erreurs lors de la manipulation ou de l'injection de MRP (deux ESR avec du lutétium-177 et deux avec de l'iode-131). L'ASN attire l'attention des services de médecine nucléaire sur le risque d'extravasation intervenant dans le cadre d'une thérapie avec du lutétium-177 PSMA qui peuvent conduire à une exposition locale de l'ordre de plusieurs grays à la peau et nécessiter une prise en charge particulière. L'ASNR dressera, en 2025, avec les professionnels, un retour d'expérience des ESR qui lui ont été déclarés.

Les événements concernant les professionnels (14 ESR, soit 5 % des ESR déclarés)

Quatorze événements concernant des professionnels en médecine nucléaire ont été déclarés en 2024. Ils résultent de contaminations ayant entraîné des expositions interne ou externe (contaminations surfaciques liées à des manipulations non maîtrisées ou lors de la réception d'un flacon cassé). Aucun de ces ESR n'a conduit à un dépassement de la limite réglementaire de dose pour les travailleurs concernés, mais un des ESR a été classé de niveau 1 sur l'échelle INES du fait du dépassement ponctuel, du quart de la limite réglementaire d'exposition aux extrémités. Cet ESR a fait l'objet d'un avis d'incident publié sur le site de l'ASN (*voir encadré page précédente*).

Les événements concernant le public (19 ESR, soit 7 % des ESR déclarés)

Dix-huit ESR résultent de l'exposition de fœtus de femmes qui ignoraient leur grossesse. Les doses reçues étaient sans conséquence pour l'enfant à naître. Un bulletin « La sécurité du patient », publié en 2021, a été consacré à ce type d'événement. Le 19e ESR concerne un débit de dose élevé (point chaud) mis en évidence au niveau d'un couloir de circulation, lié à des canalisations présentant une cristallisation importante nécessitant un entretien spécifique pour éliminer la source d'exposition.

9. *L'extravasation est une injection ou une fuite accidentelle inappropriée et non-intentionnelle de médicaments dans les espaces péri-vasculaires ou sous-cutanés, plutôt que dans le compartiment vasculaire cible.*

Les événements concernant les sources, les déchets et les effluents radioactifs (31 ESR, soit 10 % des ESR déclarés)

Ces ESR sont liés majoritairement aux pertes/découvertes de sources, à la dispersion de radionucléides (liée à des débordements de cuves d'effluents radioactifs ou à des fuites dans le circuit d'évacuation de ces effluents), à des livraisons non conformes aux autorisations et aux rejets non autorisés d'effluents dans l'environnement (vidange de cuves, etc.).

Des difficultés de gestion des déchets solides produits dans le cadre des traitements par RIV de certains cancers de la prostate avec des MRP utilisant du lutétium-177 ont récemment émergé, avec notamment le déclenchement de portiques de détection de radioactivité dans les centres de tri de déchets provenant d'un centre hospitalier ou de particuliers (*voir encadré page précédente*) . Des consignes sont données au patient à son départ du service de médecine nucléaire pour la gestion des déchets produits à domicile (par exemple, protections hygiéniques) dans les jours qui suivent son traitement, parmi lesquelles le stockage de ses déchets pendant plusieurs semaines à son domicile. Ces consignes ne sont à ce jour pas harmonisées au niveau national. Le stockage de ce type de déchets à domicile peut être difficile (manque de place, local non adapté). Aussi, il arrive que des déchets parviennent avant le délai indiqué dans les consignes de sortie des patients dans les installations de traitement des déchets, provoquant le déclenchement des portiques de détection de radioactivité. Des solutions ont été proposées par des centres de traitement des déchets ménagers comme la mise à disposition des patients de collecteurs de plus gros volume et le ramassage de ces collecteurs en porte-à-porte, tout en renforçant la sensibilisation des patients. À la suite à d'une augmentation de déclenchements de portiques de détection de radioactivité en entrée de centres de traitement des déchets liées à l'émergence de nouveaux MRP (en particulier ceux contenant du lutétium-177), l'ASN a, en 2024, initié des travaux en s'appuyant notamment sur le GPRP et un GT associant des représentants de la Société française de médecine nucléaire et imagerie moléculaire (SFMN), de l'IRSN, de la DGS, de la DGOS, de l'ANSM, de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) et des services départementaux d'incendie et de secours (SDIS). Ces travaux visent à identifier des pistes d'amélioration pour mieux gérer ces situations et proposer des éléments d'information pour mieux communiquer, notamment auprès des professionnels intervenant dans la gestion des déchets.

SYNTHÈSE

Les inspections réalisées en 2024 dans un quart des services de médecine nucléaire, mises en perspective avec celles réalisées durant la période 2020-2024, permettant de couvrir l'ensemble du parc, révèlent malgré des progrès concernant la formation des professionnels, une situation moins satisfaisante en 2024 s'agissant de la radioprotection des travailleurs, en particulier, pour le suivi et l'analyse de l'exposition des professionnels, les vérifications des lieux de travail ainsi que des équipements et des sources scellées. Trois inspections réalisées avec des experts de l'IRSN, au cours desquelles des mesurages ont été effectués, indiquent globalement une bonne maîtrise du risque de contamination dans les services inspectés.

Les inspections de 2024 confirment comme les années précédentes qu'une attention particulière doit être portée au respect des dispositions réglementaires concernant la gestion des effluents (notamment la vérification du fonctionnement des alarmes des cuves de décroissance et de leur report en heures non ouvrables) et des déchets générés par les patients, liés à l'émergence de nouveaux radiopharmaceutiques, qui peuvent être à l'origine de déclenchements de portique de détection de la radioactivité à l'entrée de sites de traitement de déchets.

S'agissant de la radioprotection des patients, une meilleure situation est observée concernant la mise en œuvre du principe d'optimisation avec le recueil et l'analyse des NRD. Le déploiement des SMQ doit encore progresser, de même que la qualité des analyses des ESR. Les ESR révèlent que les processus de préparation et d'administration des médicaments, en particulier l'utilisation de l'activimètre, doivent être régulièrement évalués afin d'assurer la maîtrise du circuit du médicament (*voir le bulletin «* Sécuriser le circuit du médicament en médecine nucléaire *»*). En outre, des mesures de prévention du risque d'extravasation et de prise en charge des patients en cas de survenue d'un tel risque doivent être définies dans l'ensemble des services car ces situations peuvent conduire à des expositions significatives au site d'injection.

L'émergence croissante d'essais cliniques mettant en jeu de nouveaux vecteurs et de nouveaux radionucléides (lutétium-177, actinium-225, holmium-166, etc.) rend nécessaire l'approfondissement de la connaissance des enjeux de radioprotection associés, non seulement pour le patient et son entourage, mais également pour les professionnels, le public et l'environnement. L'ASNR publiera un avis en 2025 sur la base des avis d'experts qu'elle a sollicités et des travaux entrepris avec l'ensemble des acteurs concernés. L'engagement et la collaboration de toutes les parties prenantes : agences de contrôle, fabricants, promoteurs, investigateurs, prestataires de soins ainsi qu'associations professionnelles est essentiel pour permettre le développement de l'innovation dans un cadre sécurisé et ceci au bénéfice des patients.

Enfin, en 2025, l'ASNR adaptera la fréquence de ses inspections, respectivement cinq ans et trois ans pour les services réalisant uniquement des actes diagnostiques et ceux mettant en œuvre des actes thérapeutiques, et poursuivra les inspections avec des campagnes de mesurage permettant d'évaluer la maîtrise du risque de contamination dans les services de médecine nucléaire.

2.4 Les pratiques interventionnelles radioguidées

Les pratiques interventionnelles radioguidées (PIR) regroupent l'ensemble des techniques d'imagerie utilisant des rayonnements ionisants à visée d'imagerie, de guidage ou de contrôle, pour la réalisation d'actes médicaux ou chirurgicaux invasifs, à but diagnostique, préventif ou thérapeutique. Elles reposent donc sur l'utilisation d'imagerie radiologique en temps réel pour guider des interventions médicales précises et mini-invasives. Aujourd'hui, il est possible de traiter des patients qui autrefois étaient considérés comme inopérables ou qui nécessitaient des interventions chirurgicales majeures. Ils bénéficient ainsi de procédures moins traumatisantes, avec des temps de récupération plus courts et des risques de complications réduits.

Depuis plusieurs années maintenant, ces pratiques médicales sont en évolution constante, et répondent à un nombre de plus en plus important de pathologies, ouvrant les portes à de nouvelles possibilités thérapeutiques et diagnostiques. Du fait de leur caractère interventionnel, ces actes sont réalisés dans deux environnements distincts en fonction de la cible et de la pathologie traitée, en blocs opératoires ou en services d'imagerie interventionnelle. Les salles fixes de radiologie interventionnelle ont été conçues et aménagées en prenant en compte l'utilisation des rayonnements ionisants. Ce n'est pas le cas pour tous les blocs opératoires, qui font progressivement l'objet de mise en conformité.

Du fait des niveaux d'exposition mis en jeu, tant pour les patients que pour les professionnels qui peuvent être amenés à travailler à proximité des sources, et en raison de l'augmentation du nombre d'actes réalisés sous rayonnements ionisants, les PIR et particulièrement les blocs opératoires, du fait d'une moindre culture de radioprotection, font partie des priorités nationales d'inspection de l'ASN.

2.4.1 La présentation des techniques

Les établissements

Selon les codes de la classification commune des actes médicaux et les données remontées en matière d'activités par les établissements de santé à l'Agence technique de l'information sur l'hospitalisation (ATIH), environ 900 établissements pratiquent des PIR à enjeux sur le plan de la radioprotection dans une ou plusieurs disciplines. Parmi les PIR à enjeux, peuvent être citées la cardiologie (pose de stimulateurs cardiaques et défibrillateurs, angioplastie, etc.), la neurologie interventionnelle (embolisation pour malformation artérioveineuse), la radiologie vasculaire (embolisation du tronc cœliaque), ou bien encore l'embolisation utérine. La répartition du nombre d'établissements par catégorie de PIR, pour les établissements ayant déclaré les PIR pratiquées[10], est présentée dans le graphique 10. Sur la base des informations disponibles, les activités les plus répandues dans les établissements sont celles réalisées sur le système digestif et viscéral, en urologie et sur l'appareil locomoteur (environ 450 établissements sont concernés).

Les équipements

Les équipements utilisés en PIR sont soit des équipements à arceaux fixes, installés dans les services d'imagerie interventionnelle où sont exercées les spécialités vasculaires (neuroradiologie, cardiologie, etc.), soit des arceaux déplaçables de radiologie, utilisés principalement dans les salles des blocs opératoires par plusieurs spécialités chirurgicales, notamment en chirurgie vasculaire, en gastro-entérologie, en orthopédie et en urologie. De plus en plus de techniques médicales s'associent aux caractéristiques de ces arceaux mobiles pour garantir une offre de soins optimale aux patients. À titre d'exemple, l'utilisation d'un arceau déplaçable au bloc opératoire couplé avec un producteur d'ondes de choc (appelé « lithotripteur ») permet la fragmentation de calculs rénaux en débris pouvant être par la suite éliminés par les voies naturelles.

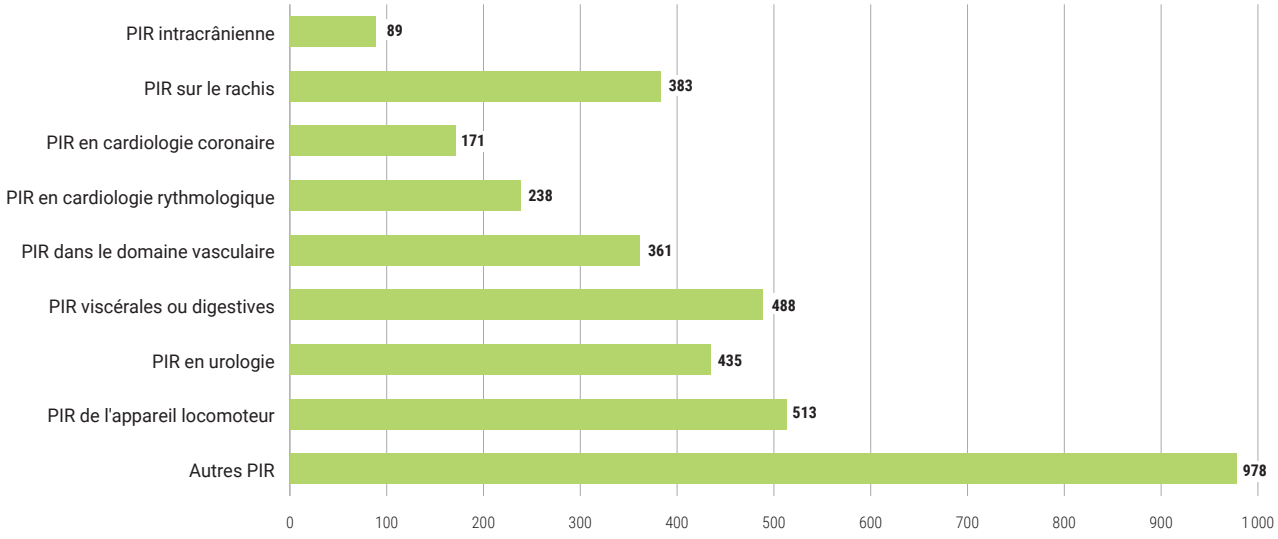
Les détecteurs présents sur les équipements à arceaux sont des amplificateurs de luminance ou des capteurs plans. Ces équipements font appel à des techniques utilisant la radioscopie et la radiographie dynamique cadencée (appelée « fluorographie » ou encore « mode ciné ») destinées à produire des images à haute résolution spatiale et temporelle. Le mode d'obtention des images par soustraction peut être également utilisé par les praticiens, après injection de produit de contraste. De nouvelles technologies innovantes sont conçues par un nombre croissant de fabricants et le recours à l'intelligence artificielle (IA) se développe. Des DM de plus en plus performants et complexes sont installés dans les établissements pratiquant des PIR. Les installations de salles dites « hybrides », qui associent les caractéristiques d'un bloc de chirurgie classique à celles d'une salle d'imagerie interventionnelle continuent de se développer. Dans ces salles sont combinés des arceaux fixes ou mobiles et des scanners fixes ou mobiles. Cette combinaison permet au chirurgien d'effectuer de la chirurgie dite « mini-invasive » sous imagerie 2D et 3D. Compte tenu des niveaux de doses délivrées plus élevés que lors d'autres pratiques interventionnelles, l'optimisation des pratiques est nécessaire pour réduire les doses d'exposition pour les patients et les opérateurs qui interviennent le plus souvent à proximité immédiate du patient. L'ASN constate également l'utilisation de dispositifs CBCT au sein des services réalisant des PIR.

2.4.2 Les règles techniques d'aménagement des locaux

Les locaux dans lesquels sont réalisées les PIR, blocs opératoires et salles d'imagerie interventionnelle, doivent être aménagés conformément aux dispositions de la décision n° 2017-DC-0591 de l'ASN du 13 juin 2017 fixant les règles techniques de conception auxquels doivent répondre les locaux où sont utilisés des appareils électriques émetteurs de rayons X.

Les règles de conception des locaux, fixées par la décision, visent à protéger les travailleurs pour limiter leur exposition aux rayonnements ionisants. Les dispositions doivent permettre à tout personnel pénétrant dans un local où un appareil électrique émettant des rayons X est présent et utilisé, d'évaluer le risque pour adopter les mesures de radioprotection adéquates en entrant ou étant présent dans la salle. S'agissant des signalisations, elles s'imposent à l'accès des salles d'opération et à l'intérieur de celles-ci dès lors qu'un appareil y est présent et pour signaler l'émission d'un rayonnement. Il est important de souligner que de nombreux intervenants médicaux ou non médicaux interviennent particulièrement au bloc opératoire. Des consignes simples et opérationnelles, dans un contexte de risques multiples et d'environnement complexe, doivent être privilégiées. Les signalisations sont en outre

GRAPHIQUE 10 Répartition du nombre d'établissements par catégorie de pratiques interventionnelles radioguidées en 2024



10. Formulaire que les établissements ont dû renseigner avec les informations demandées au paragraphe I de l'article 12 de la décision n° 2021-DC-0704 de l'ASN relative au régime de l'enregistrement dans le domaine médical « Pour les pratiques interventionnelles radioguidées ayant fait l'objet d'une déclaration à l'ASN, doivent être transmis, dans les douze mois suivant l'entrée en vigueur de la présente décision [avant le 1er juillet 2022] », une description des types d'actes exercés selon la liste figurant à l'article 1er [de la décision], ainsi que les références de la déclaration concernée.

des mesures de prévention parmi les plus efficaces, de même que le port de protection individuelle et de dosimètre adapté pour chaque intervenant dès lors qu'une zone réglementée est délimitée en raison du risque d'exposition aux rayonnements ionisants.

Quelques centres se sont dotés de halls opératoires constituant des plateaux techniques pouvant permettre la réalisation d'actes de manière simultanée avec mutualisation de certains personnels. Le respect des exigences règlementaires, notamment celles relatives à la signalisation, peut s'avérer plus compliqué pour ces halls.

2.4.3 L'état de la radioprotection dans le domaine des pratiques interventionnelles radioguidées

Depuis plusieurs années, des ESR sont régulièrement déclarés à l'ASN dans le domaine des PIR; leur nombre reste faible au regard du nombre d'actes pratiqués. L'ASN constate toujours lors de ses inspections un manque de connaissance des professionnels interrogés s'agissant des critères de déclaration des événements alors que dans certains centres les doses administrées sont importantes et dépassent parfois les seuils de dose au-delà desquels des dommages tissulaires apparaissent (radiodermites, nécroses) chez des patients ayant eu des procédures interventionnelles particulièrement longues et complexes. À ces événements, soulignant les enjeux forts de radioprotection pour les patients, il faut ajouter ceux concernant les professionnels, dont l'exposition peut conduire à des dépassements des limites de dose réglementaires, en particulier au niveau des extrémités (doigts) et du cristallin.

Des techniques, de plus en plus performantes et sophistiquées, se développent dans des environnements peu familiers du risque radiologique. Dans ce contexte, optimiser les doses, tant pour les patients que les travailleurs, est essentiel. C'est pourquoi les contrôles de l'ASN portent notamment sur les règles d'aménagement des locaux, la délimitation et la signalisation des zones réglementées, le suivi dosimétrique et médical des personnels, la mise à disposition d'équipements de protection individuelle (EPI). Concernant les patients, une vigilance particulière est portée à l'optimisation des doses délivrées au patient (mise en place de NRD et analyse de doses), la formation des personnels à la radioprotection des patients et à l'utilisation des DM. La décision n° 2019-DC-0660 de l'ASN du 15 janvier 2019 fixant les obligations d'assurance de la qualité en imagerie médicale mettant en œuvre des rayonnements ionisants permet par son application d'aider les établissements à gérer le risque lié aux rayonnements ionisants.

Les PIR étant nombreuses, variées, réalisées dans de multiples services (neuroradiologie, cardiologie interventionnelle, radiologie interventionnelle et bloc opératoire) au sein d'un même établissement, le programme d'inspections est établi pour que l'ensemble des services réalisant des actes à enjeux soit inspecté en cinq ans. Toutefois, les progrès accomplis dans certains centres, les contrôles opérés dans le cadre de l'instruction des demandes d'enregistrement des PIR, ainsi que la nécessité de davantage inspecter les services qui accusent un retard important dans la mise en œuvre des obligations réglementaires de radioprotection, ont conduit l'ASN à adapter cette périodicité d'inspection.

La priorisation des inspections est fondée sur le volume d'actes réalisés au sein d'un établissement, la nature de ces derniers, dont dépendent les enjeux de radioprotection pour les patients ou les professionnels, l'état des installations (conformité aux règles d'aménagement des installations et persistance des non-conformités), la culture de radioprotection des équipes, ainsi que des éléments conjoncturels (ESR, fragilités identifiées dans les établissements déjà inspectés). C'est pourquoi depuis 2018, l'ASN priorise ses inspections dans les blocs opératoires où la culture de radioprotection est moins bien ancrée que dans les services d'imagerie interventionnelle.

En 2024, 171 établissements ont été inspectés, correspondant à 115 services. Comme en 2023, les plateaux de blocs opératoires des centres hospitaliers universitaires et des centres hospitaliers les plus importants, représentant 73 % des inspections, ainsi que les services autorisés par l'ARS (autorisation de soins en rythmologie, cardiologie interventionnelle et neuroradiologie) ont été priorisés. En outre, l'ASN a procédé en 2024, pour la première fois, à des inspections de praticiens libéraux employeurs intervenant pour leur propre compte au sein de blocs opératoires ou salles interventionnelles. En effet, ces praticiens sont responsables des obligations de santé sécurité vis-à-vis du risque lié aux rayonnements ionisants pour eux-mêmes ainsi que pour leurs employés. Sur l'année, 11 praticiens libéraux ont été inspectés par les différentes divisions territoriales de l'ASN.

L'ASN observe, lors de ces inspections, des écarts entre les actes pour lesquels la structure est enregistrée auprès de l'ASN et ceux effectivement pratiqués. En effet, l'offre de soins en PIR des établissements inspectés évolue fréquemment, car elle est dépendante des spécialistes que les établissements sont en capacité de recruter (mobilité, pénurie dans certaines spécialités).

À ce jour, seuls 65 % des services d'imagerie interventionnelle et 44 % des blocs opératoires disposent de salles conformes aux exigences de la décision n° 2017-DC-0591 de l'ASN du 13 juin 2017 précitée fixant les règles techniques d'aménagement, et ont établi un rapport de conformité. Ces pourcentages fluctuent peu au cours des cinq dernières années. Les établissements mentionnent toujours des difficultés financières ainsi que techniques, en particulier pour la réponse aux exigences de signalisation lumineuse des zones réglementées, notamment avec l'émergence de nouvelles technologies qui nécessitent des modifications du réseau électrique.

L'ASN a par ailleurs constaté que plusieurs centres médicaux utilisaient des dispositifs médicaux sans disposer d'un enregistrement. Cette situation expose les établissements à des sanctions juridiques et compromet la traçabilité et la sécurité des équipements. L'ASN rappelle aux RAN leur obligation de déposer les demandes d'enregistrement au moins six mois avant la mise en service ou le renouvellement des équipements. Ce délai est nécessaire pour garantir un traitement rigoureux des dossiers. Constatant l'absence d'acte administratif pour exercer ses activités et des manquements récurrents à la réglementation, l'ASN a mis en demeure un établissement hospitalier de déposer une demande d'enregistrement. Le centre a depuis engagé des actions visant à régulariser sa situation.

2.4.3.1 La radioprotection des professionnels

L'ASN juge le niveau de radioprotection des travailleurs satisfaisant, notamment pour ce qui concerne la bonne prise en compte des résultats des vérifications pour la délimitation des zones avec, en 2024, 84 % de zones correctement délimitées dans les blocs opératoires et 87 % dans les services d'imagerie interventionnelle. On observe toutefois une légère baisse de ces taux de conformité par rapport à 2023. La nomination d'un CRP est effective dans la quasi-totalité des établissements inspectés (99 % des services inspectés).

En 2024, le constat relatif au manque de formation des professionnels à la radioprotection des travailleurs est identique aux années précédentes. Celui-ci est récurrent notamment dans les blocs opératoires, où l'ensemble du personnel médical et paramédical est formé à hauteur respectivement de 12 % (contre 24 % dans les services d'imagerie interventionnelle) et 27 % (taux identique dans les services d'imagerie interventionnelle). Bien que ce taux ait augmenté par rapport à 2023, le niveau de formation à la radioprotection des travailleurs reste un sujet préoccupant qui mérite une attention particulière de la part des RAN.

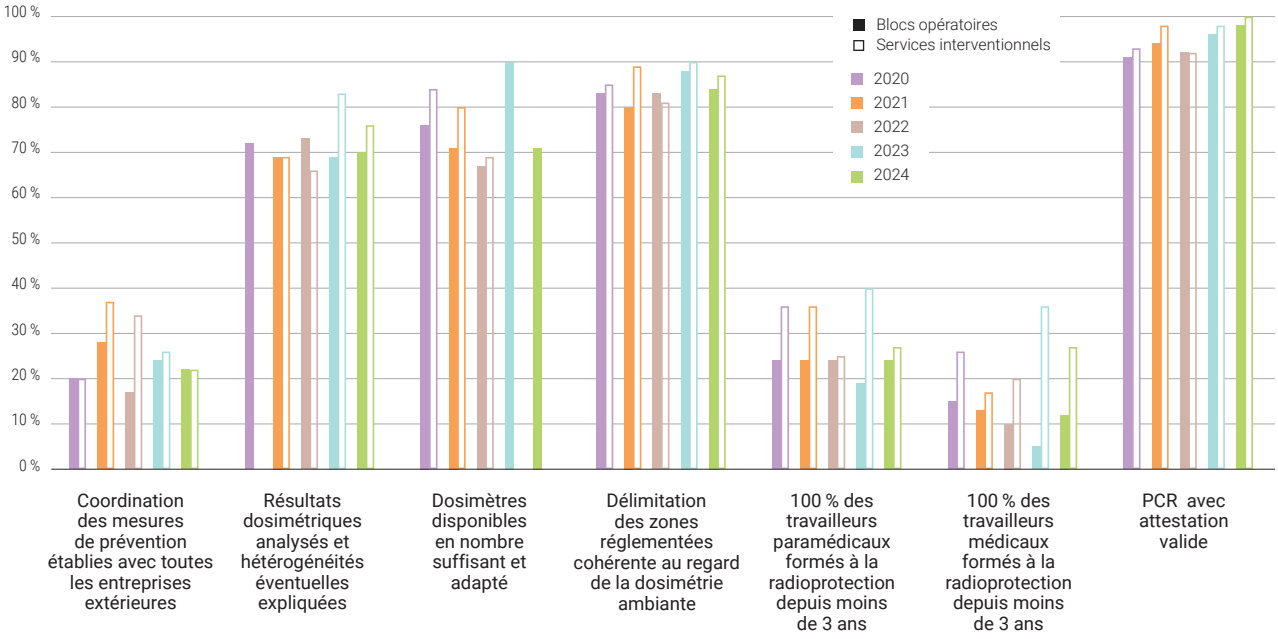
L'ASN constate en 2024, comme en 2023, un recours important aux organismes compétents en radioprotection (OCR) soit en tant qu'intervenant spécialisé pour des missions d'appui à une PCR interne, soit en tant que CRP. Ce recours peut en partie expliquer les difficultés de formation du personnel du fait d'une moindre flexibilité d'organisation des sessions de formation

lorsqu'elles sont externalisées. Par ailleurs, le recours à un OCR nécessite un encadrement de cette prestation avec une mobilisation forte en interne et un interlocuteur capable d'assurer une continuité pour traiter les questions de radioprotection car les temps de présence sur site du personnel de l'OCR sont souvent très limités. Sans une implication locale forte, les documents produits par l'OCR sont standards et peu adaptés aux particularités des services. Ils sont, en outre, souvent méconnus voire inconnus des équipes, lesquelles ont des difficultés à se les approprier. Or, le respect et l'appropriation des exigences relatives à la radioprotection des travailleurs reposent sur une implication forte des personnes qui assurent notamment la bonne mise en œuvre du zonage radiologique, les vérifications de radioprotection et les formations à la radioprotection des travailleurs.

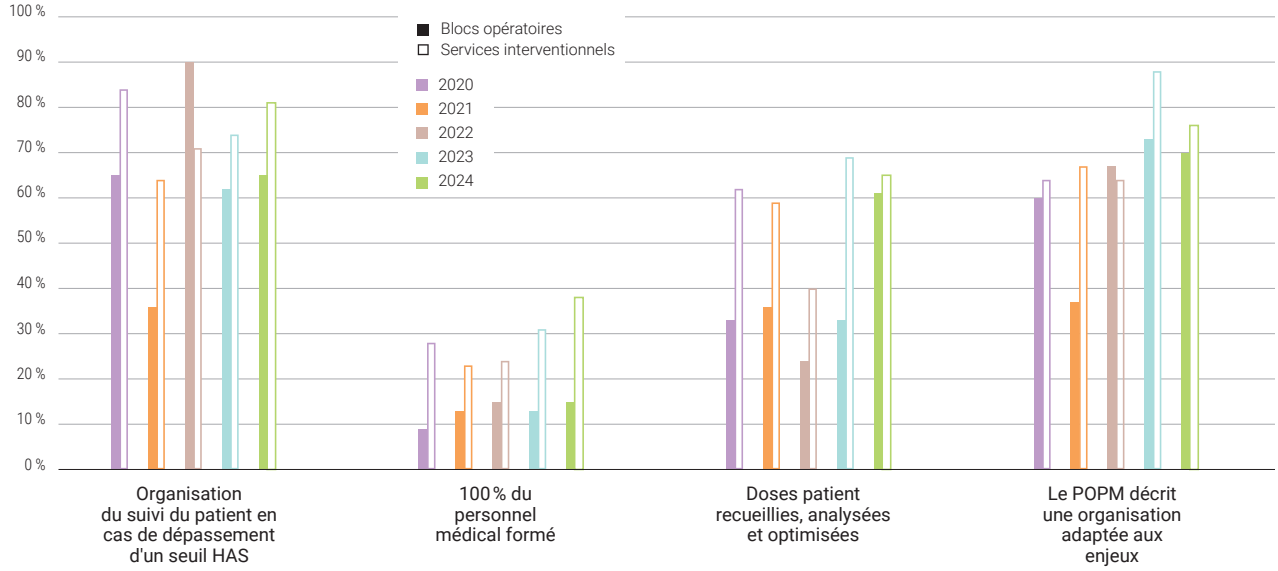
La coordination des mesures de prévention avec les intervenants extérieurs, parmi lesquels figurent des praticiens libéraux, constitue également un axe de progrès tant pour les services d'imagerie interventionnelle que les blocs opératoires. Le pourcentage de services inspectés ayant formalisé avec tous leurs prestataires les mesures de prévention dans un plan de prévention oscille entre 17 et 28 % sur la période 2019-2024. En 2024, seulement 22 % des établissements inspectés avaient formalisé ces mesures. Or, la connaissance des risques liés aux rayonnements ionisants, des mesures de prévention adaptées aux situations rencontrées, notamment par les praticiens libéraux, constitue également un préalable pour assurer leur radioprotection et celle des autres professionnels.

Les professionnels des blocs opératoires ont à leur disposition, dans 71 % des services inspectés en 2024, des dispositifs de suivi dosimétrique en nombre suffisant et adaptés à la nature de leurs expositions. Cette situation est moins bonne qu'en 2023 où 90 % des établissements mettaient à disposition une dosimétrie appropriée.

GRAPHIQUE 11 **Évolution de la conformité des installations de PIR inspectées (en %) sur le thème de la radioprotection des professionnels de 2020 à 2024 (blocs opératoires et services interventionnels)**



GRAPHIQUE 12 **Évolution de la conformité des installations de PIR inspectées (en %) sur le thème de la radioprotection des patients de 2020 à 2024 (blocs opératoires et services interventionnels)**



L'ASN constate également que l'analyse des résultats dosimétriques par les PCR progresse légèrement au cours de cinq dernières années, permettant d'identifier les mauvaises pratiques et d'y remédier ; la situation est meilleure dans les services d'imagerie interventionnelle en 2024 avec 75 % des services qui ont procédé à l'analyse des résultats dosimétriques, comparativement à 71 % en 2019, que dans les blocs opératoires avec respectivement 70 % en 2024 et 60 % en 2019.

Enfin, les inspections des praticiens libéraux ont mis en évidence des non-conformités relatives à la formation, au suivi dosimétrique et à l'évaluation des risques professionnels pour ces professionnels et leurs salariés. Elles ont permis de rappeler aux praticiens libéraux les obligations incombant aux employeurs pour prévenir leurs risques professionnels liés à l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi que ceux de leurs employés.

Les vérifications techniques de radioprotection

L'ASN relève que le programme des vérifications des équipements de travail et de l'instrumentation de radioprotection est établi et mis en œuvre dans 56 % des services d'imagerie interventionnelle et 53 % des blocs opératoires. Lorsque des non-conformités ont été identifiées, elles ont été levées ou sont en cours de régularisation, à la date de l'inspection, dans 78 % des cas.

2.4.3.2 La radioprotection des patients

En 2024, 74 % des services inspectés pratiquant des actes interventionnels radioguidés recourent à un physicien médical et ont un POPM décrivant l'organisation mise en place pour l'intervention d'un physicien médical ; ses missions et son temps de présence sur site sont définis en fonction des activités de l'établissement. Ce chiffre est relativement stable sur la période 2019-2024. Le recours à des prestations externes de physique médicale continue de se développer dans les établissements, dans le secteur privé comme dans les hôpitaux publics. L'externalisation des missions de physique médicale est déléguée en grande partie à des chargés d'affaires intervenant ponctuellement sur site. L'ASN rappelle qu'une collaboration étroite entre opérateurs et physicien médical, ainsi qu'une présence régulière de ce dernier sur le terrain permettent une utilisation optimisée des équipements avec la mise en place de protocoles adaptés aux actes réalisés, le recueil des doses délivrées et l'évaluation au regard des niveaux de référence dosimétriques locaux. L'ASN note que les physiciens médicaux externes intervenant dans le cadre d'une prestation sont peu présents sur les sites, y compris lorsque la présence d'un physicien médical est exigée par la réglementation, comme par exemple lors des essais de réception de DM et lors de la mise en place de protocoles optimisés au titre de l'article 10 de la décision n° 2021-DC-0704 de l'ASN du 4 février 2021.

La formation des médecins à la radioprotection des patients constitue de façon récurrente un point de fragilité : environ 15 % des blocs opératoires ont formé l'ensemble des médecins. Le personnel médical est davantage formé dans les services d'imagerie interventionnelle qui ont formé l'ensemble du personnel médical dans 38 % des services, avec une amélioration comparativement à 2023 (31 %).

En moyenne, 60 % des services d'imagerie interventionnelle, au cours des cinq dernières années, ont recueilli, analysé et optimisé les doses. L'ASN note une situation globalement stable en 2024 avec 65 % des services d'imagerie interventionnelle qui satisfont à ces obligations comparativement à ceux inspectés en 2023 (69 %). En revanche, seulement 36 % des blocs opératoires en 2024 satisfont à ces exigences d'optimisation. L'ASN dresse le même constat de fragilité pour l'application du principe d'optimisation s'agissant du paramétrage des appareils et de l'optimisation des protocoles utilisés. Le temps de formation des professionnels est insuffisant et la pénurie récurrente de personnel paramédical ne facilite pas la programmation et le suivi des formations. Toutefois, des niveaux de référence, pour les examens les plus courants, sont de plus en plus souvent élaborés au niveau local. Cette démarche permet, en outre, de fixer des seuils d'alerte permettant de déclencher un suivi médical du patient adapté en fonction des niveaux de dose délivrés au patient. Les systèmes d'archivage et d'analyse de la dose au patient se déploient également et facilitent l'élaboration de ces niveaux de référence et la programmation (ou l'adaptation) de niveaux d'alerte locaux par équipement et par type d'acte. Ces systèmes sont un atout pour la connaissance des doses précédemment reçues par le patient et pour son suivi, et contribuent à l'optimisation de la dose délivrée.

L'ASN est régulièrement alertée par des situations de non-respect des qualifications requises au bloc opératoire. Dans un contexte de pénurie de MERM dans les blocs opératoires, des infirmières sont amenées à manipuler des appareils émetteurs de rayonnements ionisants sous la responsabilité des médecins. L'ASN est également questionnée sur les périmètres d'intervention et les obligations de formation à la radioprotection des patients des infirmières de blocs opératoires diplômées d'État (IBODE) et des infirmières diplômées d'État (IDE). L'ASN rappelle que la manipulation d'appareils émetteurs de rayonnements ionisants ne peut être exercée que par des MERM à jour de leur formation à la radioprotection des patients et sous la responsabilité d'un médecin. S'agissant des IBODE, elles disposent dorénavant de nouvelles prérogatives et peuvent, sous la responsabilité d'un chirurgien, apporter une aide dans la réalisation de certains actes interventionnels (réalisés sous arceau mobile au bloc opératoire, dont la réalisation ne nécessite pas d'adaptation de protocole et délivrant une dose inférieure à 10 grays par centimètre carré (Gy/cm²) (Produit Dose-Surface – PDS – en fin de procédure) sans pouvoir ni déclencher, ni paramétrer le DM. Elles doivent en outre disposer d'une habilitation au poste de travail et être à jour de leur formation à la radioprotection des patients (décision de l'ASN approuvant le guide de formation continue à la radioprotection des patients pour les IBODE). S'agissant des IDE, la manipulation d'appareils émetteurs de rayonnements, sous la responsabilité d'un médecin, ne pourrait s'effectuer que dans le cadre d'un protocole de coopération approuvé par les ARS conformément à l'article de la loi n° 2019-774 du 24 juillet 2019 relative à l'organisation et à la transformation du système de santé ou dans le cadre des dispositions des décrets n° 2019-678 du 28 juin 2019 et n° 2024-954 du 23 octobre 2024 relatifs aux conditions de réalisation de certains actes professionnels en bloc opératoire par les infirmiers.

Le suivi du patient en cas de dépassement du seuil d'exposition à la peau défini par la HAS[11] est davantage formalisé dans les services d'imagerie interventionnelle (81 %) inspectés en 2024, que dans les blocs opératoires (65 %) ; les services d'imagerie interventionnelle sont plus fréquemment concernés par des actes conduisant à de tels niveaux d'exposition que les blocs opératoires.

Bien que les non-conformités relevées lors des contrôles de qualité externe des dispositifs médicaux aient été corrigées ou soient en cours de résolution, des tensions persistantes en matière de ressources humaines au sein de plusieurs organismes de contrôle de qualité externe ont été signalées. Ces difficultés ont entraîné des retards significatifs dans la réalisation des contrôles, compromettant parfois leur régularité et leur efficacité. Dans ce contexte, l'ASN appelle à une vigilance accrue afin de garantir la continuité et la qualité de ces évaluations essentielles pour la sécurité des patients et le bon fonctionnement des DM.

2.4.3.3 Les événements déclarés en relation avec les pratiques interventionnelles radioguidées

Un système d'enregistrement des événements est mis en place dans plus de 69 % des sites inspectés réalisant des PIR. En 2024, 32 événements significatifs ont été déclarés (contre 26 en 2023) et concernent :
- des surexpositions de patients (14 événements) ;
- des expositions de professionnels (12 événements) ;

11. Améliorer le suivi des patients en radiologie interventionnelle et actes radioguidés – réduire le risque d'effets déterministes, du 21 mai 2014.

• une surexposition de patient et de professionnels (1 événement) ;
• des expositions de fœtus de femmes ignorant leur grossesse au moment de l'acte (5 événements) ;
• un dysfonctionnement de signalisations lumineuses d'un bloc opératoire (1 événement).

Pour deux de ces ESR, les amplificateurs ont généré des rayonnements sans intervention extérieure, déclenchant des émissions de rayons X de manière inopinée. Ces incidents ont duré respectivement 6 secondes (s), stoppés par l'activation de l'arrêt d'urgence, et 20 s, mettant en lumière une défaillance des mécanismes de sécurité censés empêcher de telles activations intempestives. Ces événements soulignent la nécessité d'une analyse approfondie des causes techniques, ainsi qu'une vérification renforcée des systèmes de sécurité intégrés, afin de prévenir la répétition de ces anomalies aux conséquences potentielles pour la radioprotection des travailleurs ainsi que des patients. La majorité des surexpositions de patients sont dues à des procédures longues et complexes (en neuroradiologie interventionnelle, urologie, chirurgie digestive, pose de chambre implantable – CIP).

Un autre ESR a été déclaré à la suite de l'utilisation de rayonnements X avec un dispositif de lithotritie extracorporelle sur un patient par une personne extérieure à l'hôpital, qui n'était pas médecin ou manipulateur en électroradiologie médicale. Cette utilisation du rayonnement X sur le corps humain n'est pas conforme aux dispositions de l'article R. 1333-68 du code de la santé publique. Une inspection a été menée par l'ASN à la suite de cet événement au sein de la société prestataire.

L'analyse des événements met en évidence diverses causes telles qu'un manque d'optimisation des protocoles, une utilisation inappropriée des appareils par les opérateurs révélant des défaillances dans la formation des intervenants et l'importance de la mise en place de procédures d'habilitation au poste de travail. Ces points de fragilité constituent des axes d'amélioration.

L'ASN rappelle l'importance de la culture de radioprotection et du respect de ses règles, en particulier la mise à disposition de l'ensemble des outils permettant l'optimisation des pratiques, l'utilisation des équipements de protection collective et le cas échéant individuelle, et le respect des règles de port de la dosimétrie passive comme opérationnelle, y compris le rangement des dosimètres sur les tableaux prévus à cet effet, pour le suivi des expositions et l'alerte réactive en cas d'exposition anormale.

Enfin, des expositions fortuites de fœtus de femmes enceintes, ignorant leur grossesse, qui ont bénéficié d'un acte thérapeutique au niveau du bassin ont été déclarées. Un retour d'expérience spécifique à ce type d'événements a été réalisé en 2021 *via* un bulletin « La sécurité du patient » intitulé *Rayonnements ionisants : limiter les expositions des femmes ignorant leur grossesse*.

SYNTHÈSE

Dans le domaine des PIR, les inspections de l'année 2024, mises en perspective avec celles réalisées sur la période 2019-2023, permettant de couvrir l'ensemble des installations considérées à enjeux sur le plan de la radioprotection, mettent en évidence le fait que la radioprotection progresse peu d'une année sur l'autre, avec une situation qui reste toujours meilleure dans les services d'imagerie interventionnelle que dans les blocs opératoires. Dans la majorité des établissements, la mise en conformité des locaux pour satisfaire aux règles techniques de conception se met en place lentement alors que ces aménagements sont essentiels pour prévenir les risques professionnels. Si la désignation des CRP, la délimitation des zones réglementées, la réalisation des vérifications techniques et des contrôles qualité des DM sont jugés satisfaisants, des écarts réglementaires sont encore fréquemment relevés, tant pour la radioprotection des professionnels que celle des patients, avec des situations non satisfaisantes s'agissant de la formation à la radioprotection des travailleurs et des patients et de la coordination des mesures de prévention lors de coactivité, en particulier avec les praticiens libéraux. Les inspections des praticiens libéraux employeurs ont mis en exergue des non-conformités relatives aux obligations de radioprotection des travailleurs et le fait qu'ils étaient peu conscients de leur responsabilité, en tant qu'employeur, vis-à-vis de leur propre protection ainsi que celle de leurs employés.

L'ASN a par ailleurs constaté que plusieurs centres médicaux utilisaient des DM sans disposer d'un enregistrement et a décidé de déployer une démarche de coercition en mettant en demeure un établissement hospitalier de déposer sans délai une demande d'enregistrement.

L'ASN constate que la tendance observée en 2023 se développe et que les centres recourent de plus en plus aux OCR, soit en tant qu'intervenant spécialisé pour des missions d'appui à une PCR interne, soit en tant que CRP, et que cette sous-traitance, dès lors qu'elle est insuffisamment maîtrisée, conduit à une dilution des responsabilités des RAN et à une moindre appropriation, voire une dégradation de la radioprotection. Si le recours aux physiciens médicaux et la formalisation des POPM progressent, la mise en œuvre de la démarche d'optimisation doit encore être améliorée, en particulier dans les blocs opératoires où l'analyse des doses est encore insuffisamment réalisée et des constats de protocoles inadaptés ou absents sont toujours observés. En revanche, la culture du signalement se diffuse ces cinq dernières années, avec la mise en place des systèmes d'enregistrement des événements. La déclaration des ESR souligne que les opérations de maintenance, qui peuvent avoir des répercussions sur les doses délivrées, doivent être correctement encadrées et que la formation des praticiens à l'utilisation des DM est essentielle pour la maîtrise des doses. Un travail important de sensibilisation de l'ensemble des professionnels médicaux, paramédicaux et administratifs des établissements reste nécessaire pour une meilleure perception des enjeux, notamment pour les intervenants au bloc opératoire.

2.5 Le radiodiagnostic médical et dentaire

2.5.1 La présentation des équipements

Le radiodiagnostic médical est fondé sur le principe de l'atténuation différentielle des rayons X dans les organes et tissus du corps humain. Les informations sont recueillies sur des supports numériques permettant le traitement informatique des images obtenues, leur transfert et leur archivage.

Le radiodiagnostic est une des plus anciennes applications médicales des rayonnements ionisants ; il regroupe toutes les modalités d'exploration morphologique du corps humain utilisant les rayons X produits par des générateurs électriques. Occupant une grande place dans le domaine de l'imagerie médicale, il comprend diverses techniques (radiologie conventionnelle, radiologie associée à des pratiques interventionnelles, scanographie, mammographie) et une très grande variété d'examens (rétroalvéolaire, radiographie du thorax, scanner thoraco-abdomino-pelvien, etc.).

La demande d'examen radiologique par le médecin doit s'inscrire dans une stratégie diagnostique tenant compte des informations déjà connues chez le patient, de la question posée, du bénéfice attendu pour le patient, du niveau d'exposition de l'examen et de l'historique des doses et des possibilités offertes par d'autres techniques d'investigation non irradiantes. La Société française de radiologie et d'imagerie médicale met à disposition un guide de demande d'examens de radiologie et d'imagerie médicale ou ADERIM, afin de renforcer la pertinence des examens des médecins demandeurs.

Si la dose délivrée ne présente en elle-même pas d'enjeu sanitaire de radioprotection, c'est le nombre important d'examens réalisés dans la population qui participe de manière significative à la dose collective d'origine médicale.

2.5.1.1 Le radiodiagnostic médical

La radiologie conventionnelle

La radiographie conventionnelle (réalisation de clichés radiographiques) représente, en nombre d'actes, la grande majorité des examens radiologiques réalisés.

Il s'agit principalement des examens du squelette, du thorax et de l'abdomen. La radiologie conventionnelle peut être mise en œuvre dans des installations fixes réservées au radiodiagnostic ou, ponctuellement, à l'aide d'appareils mobiles si la situation clinique du patient le justifie.

L'angiographie
Cette technique utilisée pour l'exploration des vaisseaux sanguins fait appel à l'injection d'un produit de contraste radio-opaque dans les vaisseaux qui permet de visualiser l'arbre artériel (artériographie) ou veineux (phlébographie). Les techniques d'angiographie bénéficient d'un traitement informatique des images (de type angiographie de soustraction digitale).

La mammographie
La glande mammaire, de par sa constitution et la finesse des détails recherchés lors du dépistage du cancer du sein, nécessite l'utilisation de mammographes, appareils spécifiques de radiologie offrant une haute définition et un contraste élevé. Deux techniques d'imagerie complémentaires sont actuellement disponibles, l'imagerie planaire (2D) et l'imagerie par tomosynthèse (3D). Seule l'imagerie planaire, qui fonctionne sous une faible tension et offre une haute définition et un contraste élevé est, à ce jour, validée par la HAS pour le dépistage du cancer du sein. Un GT, piloté par la HAS, auquel l'ASN a participé, a évalué la place de la mammographie par tomosynthèse dans la stratégie de dépistage du cancer du sein. Un premier rapport a été publié en 2019 par la HAS portant sur la performance technique de la mammographie par tomosynthèse dans le dépistage du cancer du sein chez les femmes à risque moyen. Un second rapport relatif à l'évaluation de la performance et de la place de la mammographie par tomosynthèse dans le programme national de dépistage organisé du cancer du sein a été publié en avril 2023 par la HAS. Il recommande l'intégration de la mammographie par tomosynthèse (3D) dans le dépistage organisé, à condition qu'elle soit systématiquement associée à la reconstruction d'image 2D synthétique (2Ds) afin d'améliorer les performances du dépistage sans augmenter la dose de rayonnements ionisants.

L'usage de ces appareils est soumis à des contrôles de qualité définis par l'ANSM. Les contrôles de qualité en imagerie planaire (2D) sont définis par la décision de l'ANSM du 15 janvier 2020, entrée en vigueur le 15 janvier 2021. L'ASN avait été sollicitée dans ce cadre et avait émis un avis favorable sur le projet de décision relative aux contrôles de qualité interne et externe des installations de mammographie numérique. Un travail d'actualisation de cette décision est en cours. La future décision mettra à jour les contrôles réalisés sur les mammographes 2D et introduira des contrôles de qualité externes pour les dispositifs de tomosynthèse.

L'ASN a saisi, à cet effet, le GPRP en vue d'actualiser les modalités de recueil et les NRD pour la mammographie 2D-DR et d'en établir pour la tomosynthèse. L'avis rendu par le GPRP en juin 2023 va permettre la mise à jour de la décision n° 2019-DC-0667 de l'ASN du 18 avril 2019 relative aux modalités d'évaluation des doses de rayonnements ionisants délivrées aux patients lors d'un acte de radiologie, de PIR ou de médecine nucléaire et à la mise à jour des NRD associés.

La scanographie
Les appareils de scanographie, ou tomodensitométrie (TDM), utilisent un faisceau de rayons X émis par un tube en rotation autour du corps du patient, décrivant avec le mouvement de la table un balayage hélicoïdal. Ils permettent la reconstitution en trois dimensions des organes, avec une qualité d'image très supérieure à celle des appareils de radiologie conventionnelle. Un examen peut comporter des acquisitions multiphasiques sur la même localisation anatomique ou sur différentes régions anatomiques.

Cette technique peut, comme l'IRM, être associée avec l'imagerie fonctionnelle fournie par la médecine nucléaire afin d'obtenir des images de fusion associant les informations fonctionnelles aux informations structurelles.

Les technologies développées ces dernières années (comme les scanners multi-énergies à comptage photonique) rendent les examens plus faciles et plus rapides à réaliser, et ont entraîné une extension des possibilités d'exploration (exemple des acquisitions volumiques en mode dynamique) et des indications[12]. La mise sur le marché d'équipements de scanographie mobiles pour un usage peropératoire est à souligner, ainsi que l'augmentation des actes interventionnels radioguidés sous scanner.

En contrepartie, ces évolutions technologiques ont entraîné une multiplication des examens, responsables d'une augmentation des doses délivrées aux patients, renforçant la nécessité d'une déclinaison stricte des principes de justification et d'optimisation (*voir point 1.3.4*). Des progrès techniques permettent toutefois un nouveau mode de reconstruction des images grâce à la reconstruction itérative et à l'apprentissage profond de l'intelligence artificielle. La scanographie peut ainsi bénéficier d'une réduction de dose pour une image de qualité constante. La déclinaison stricte des principes de justification des actes et d'optimisation des protocoles reste plus que jamais d'actualité.

La téléradiologie
La téléradiologie est un acte médical à part entière défini dans le code de la santé publique, pratiqué à distance d'un patient par un radiologue effecteur de l'acte répondant à un médecin demandeur. Deux modes d'exercice sont principalement pratiqués :
• le télédiagnostic qui est une prise en charge médicale radiologique à distance au service d'un patient en l'absence d'un radiologue sur place, soit en urgence de façon ponctuelle, soit de façon régulière en dehors de l'urgence. Le manipulateur d'électroradiologie prend en charge le patient pour réaliser son exploration radiologique ou scanographique en ayant eu au préalable les consignes du téléradiologue. À l'issue de l'examen, les images sont transmises au téléradiologue afin de formaliser un compte-rendu du résultat de façon comparable à ce qui aurait été fait par un radiologue sur site ;
• la téléexpertise se définit comme le recours à un deuxième avis. Le radiologue de proximité qui a validé et réalisé l'examen ou un médecin demandeur demande un deuxième avis sur les images produites.

La téléradiologie ne se résume pas à une simple interprétation des images à distance. Son évolution tend à se généraliser pour permettre la continuité de la permanence des soins, ainsi qu'une réduction des délais de prise en charge. L'organisation de la pratique, son articulation avec les personnels sur place et les responsabilités multiples sont précisées par la contractualisation entre la structure de soins et le prestataire de téléradiologie.

La HAS a publié en mai 2019 un *Guide de bonnes pratiques relatif à la qualité et sécurité des actes de téléimagerie*. Des précisions sont apportées avec des recommandations organisationnelles, techniques et opérationnelles. Le Conseil national professionnel de radiologie et d'imagerie médicale (G4) avec le Conseil national de l'Ordre des médecins ont édité en février 2020 une charte de téléradiologie regroupant neuf recommandations générales. Enfin, le G4 a également rédigé un référentiel du métier et des compétences du médecin radiologue en janvier 2023. Il renforce la place de la téléradiologie dans l'organisation régionale des soins et la disponibilité, préférentiellement physique, du médecin radiologue.

L'ASN vient d'achever en 2024 une étude qu'elle a conduite avec le CEPN, afin notamment d'établir un état des lieux des pratiques en matière de téléradiologie en France, en menant une enquête auprès des utilisateurs de téléradiologie d'une part, et auprès des téléradiologues d'autre part. Les conclusions seront publiées en 2025.

2.5.1.2 Le radiodiagnostic dentaire

La radiographie intra-orale
Fixés le plus souvent sur un bras articulé, les générateurs de radiographie de type intra-oral (le détecteur radiologique est dans la bouche) permettent la prise de clichés planaires localisés des dents. Ils fonctionnent avec des tensions et intensités

12. *Une indication désigne un signe clinique, une maladie ou une situation affectant un patient, qui justifie l'intérêt d'un traitement médical ou d'un examen médical.*

faibles et un temps de pose très bref, de l'ordre de quelques centièmes de seconde. Cette technique est le plus souvent associée à un système de traitement et d'archivage numérique de l'image radiographique.

La radiographie panoramique dentaire
La radiographie panoramique dentaire (orthopantomographie) donne, sur une même image, l'intégralité des deux maxillaires par rotation du tube radiogène autour de la tête du patient durant quelques secondes.

La tomographie volumique à faisceau conique
Dans le domaine de la radiologie dentaire, la tomographie volumique à faisceau conique (3D) dite « CBCT » se développe très rapidement dans tous les domaines, en raison de la qualité exceptionnelle des images délivrées (résolution spatiale de l'ordre de 100 microns – µm). En contrepartie de performances diagnostiques supérieures, ces appareils délivrent des doses significativement plus élevées qu'en radiologie dentaire conventionnelle. Leur utilisation doit se faire dans le respect des recommandations de la HAS de 2009, dont les conclusions indiquent de ne le proposer que dans certaines indications cliniques bien sélectionnées et rappellent que, dans tous ces cas, les principes fondamentaux de justification et d'optimisation doivent être respectés.

Dans ce contexte, l'ASN a saisi le GTRPP pour constituer un GT afin de recueillir son avis sur :
• les recommandations de l'IRSN portant sur les NRD en chirurgie dentaire ;
• les informations à fournir par les constructeurs et fournisseurs d'appareils ;
• le besoin d'actualisation du Guide des indications et des procédures des examens radiologiques en odontostomatologie, et notamment pour le domaine de la pédiatrie ;
• les moyens d'optimisation des doses délivrées accessibles aux chirurgiens-dentistes ;
• les besoins de formation initiale et continue des professionnels participant à la délivrance de la dose.

Le rapport de l'IRSN et les recommandations du GPRP ont mis en évidence une méconnaissance des machines par les chirurgiens-dentistes et un manque de maîtrise des réglages et des principales fonctionnalités proposés par les appareils malgré la formation obligatoire à cette technique. Ce constat conduit l'ASN à programmer en 2025 une campagne d'inspection auprès des chirurgiens-dentistes disposant de CBCT et à mettre à leur disposition une grille d'autoévaluation afin de les sensibiliser à l'optimisation des doses en CBCT dentaire.

2.5.2 Les règles techniques d'aménagement des installations de radiodiagnostic médical et dentaire

Les installations de radiologie

Une installation de radiologie comprend le plus souvent un générateur (bloc haute tension, tube radiogène) associé à un socle assurant le déplacement du tube (le statif), un poste de commande et une table ou un fauteuil d'examen.

Les installations mobiles, mais utilisées couramment dans un même local, telles que les générateurs de rayons X utilisés dans les blocs opératoires, sont considérées comme des installations fixes.

Les installations radiologiques doivent être aménagées conformément aux dispositions de la décision n° 2017-DC-0591 de l'ASN du 13 juin 2017. Cette décision s'applique à toutes les installations de radiologie médicale, y compris la scanographie et la radiologie dentaire. Sont exclus, cependant, les générateurs de rayons X servant uniquement à la radiographie au lit du patient excluant toute utilisation en mode scopie. Un rapport technique démontrant la conformité de l'installation aux exigences de la décision de l'ASN doit être établi par le RAN.

Les appareils électriques portables générateurs de rayons X

L'ASN et la Commission radioprotection dentaire ont publié une note d'information en mai 2016 rappelant les règles liées à la détention et à l'utilisation d'appareils électriques portables générateurs de rayons X : *« L'exécution d'examens radiologiques en dehors d'une salle aménagée à cet effet doit demeurer l'exception et être justifiée par des nécessités médicales impératives, limitées aux examens peropératoires ou pour des malades intransportables. La pratique de la radiologie en routine dans un cabinet dentaire pourvu d'une installation conforme ne saurait être conduite à l'aide d'appareils mobiles ou portatifs. »*

Cette position est confortée par celle prise par l'Association européenne des autorités compétentes en radioprotection (HERCA), pour qui l'utilisation de tels appareils devrait être réservée aux patients non valides, au secteur médico-légal et aux militaires sur le terrain (*Position statement on use of handheld portable dental X-ray equipment* – HERCA, juin 2014).

L'ASN note l'émergence d'une offre de radiologie mobile pour répondre à des besoins de santé particuliers (prise en charge des accidents vasculaires cérébraux (AVC), population vieillissante, etc.) ou des besoins des territoires confrontés à des déserts médicaux sans disposer à ce jour d'une visibilité sur l'évolution de cette tendance. Ainsi, des camions circulent pour offrir des soins dentaires (« buccobus ») dans les campagnes, pour venir en appui à des urgences surchargées (camions équipés de DM permettant de répondre à des urgences en Alsace) ou encore apporter des soins auprès de patients difficilement transportables (acquisition de nouveaux appareils portatifs dentaires pour des résidents d'Ehpad, patients autistes, etc.). Une expérimentation est en cours dans le cadre du projet ASPHALT regroupant le SAMU de Paris et neuf hôpitaux parisiens, avec des scanners embarqués dans des véhicules d'urgence pour la prise en charge des AVC.

2.5.3 L'état de la radioprotection : focus sur le scanner

En France, l'exposition à des fins médicales représente la première source des expositions artificielles de la population aux rayonnements ionisants, principalement du fait des examens scanographiques (*voir chapitre 1*). Les examens d'imagerie ont prouvé leur apport, tant pour le diagnostic que pour le traitement.

L'enjeu est toutefois d'éviter les examens qui ne sont pas vraiment nécessaires ou sans réel bénéfice pour les patients, ou dont le résultat est susceptible d'être obtenu par d'autres techniques disponibles non irradiantes. Afin de maîtriser l'augmentation des doses observées au cours des dernières années, deux plans successifs de maîtrise des doses (*voir chapitre 1*) ont été élaborés ces dernières années. Prise dans ce cadre, la décision n° 2019-DC-660 de l'ASN du 15 janvier 2019 relative à l'assurance de la qualité en imagerie médicale concourt à la maîtrise des doses en exigeant la mise en œuvre opérationnelle des principes de justification et d'optimisation. L'ASN conduit chaque année une vingtaine d'inspections en scanographie, avec une approche graduée, en ciblant les services d'urgence (le plus souvent partagés avec le service de radiologie) et les scanners pédiatriques en raison de la radiosensibilité particulière des enfants. De nombreux ESR en scanner se produisent dans les services d'urgence et sont liés à une mauvaise communication ou organisation entre les professionnels des urgences et de la radiologie. Les contrôles menés par l'ASN portent notamment sur la vérification d'une bonne application des exigences définies par la décision n° 2019-DC-660 de l'ASN du 15 janvier 2019 précitée, en particulier la justification des examens et l'optimisation des actes.

En 2024, 24 inspections ont été menées par l'ASN dans des services détenant des scanners. La moitié des inspections a révélé des insuffisances de formation des personnels à la radioprotection des travailleurs, mais également à la formation à la radioprotection des patients. Ces inspections mettent en relief les difficultés des services à mettre en œuvre l'habilitation au poste de travail en lien avec l'usage du scanner. La procédure d'habilitation est souvent initiée pour les paramédicaux avec des grilles en cours de déploiement, mais souvent inachevée pour les personnels médicaux.

Des efforts doivent être poursuivis sur la mise en œuvre du principe d'optimisation des actes scanographiques. Les modalités de recueil et l'analyse des doses au regard des NRD ne sont pas systématiquement formalisées dans le système de gestion de la qualité pour les actes les plus courants et les plus exposants afin de définir des niveaux de références locaux, ni pour les actes destinés aux personnes sensibles (femme enceinte et activité pédiatrique).

Il est constaté une tendance au déclassement de certains personnels (MERM, radiologues, radiologues libéraux, brancardiers) intervenant au scanner et susceptibles d'accéder aux zones délimitées. Les inspections réalisées en scanographie révèlent des absences de délivrance d'autorisation d'accès aux zones délimitées aux travailleurs non classés, ainsi qu'une mise en place perfectible de la surveillance radiologique les concernant.

Le recours à la téléradiologie continue à prendre de l'ampleur et l'ASN rendra public en 2025 les résultats d'une étude qu'elle a lancée sur ce sujet afin d'identifier les enjeux de radioprotection. Les inspections de centres ont mis en évidence des difficultés de désignation de médecin coordonnateur radiologue dans des établissements ne disposant plus de radiologues salariés. Des efforts doivent être poursuivis dans la rédaction, la validation et la mise sous assurance qualité des protocoles de réalisation des examens de téléradiologie.

L'ASN relève en outre que 31 ESR sur les 253 ESR déclarés en scanographie (environ 13,8 %) surviennent dans un contexte de téléradiologie et sont liés à des problèmes de communication entre les professionnels sur site et à distance.

2.5.4 Les événements déclarés en radiodiagnostic médical et dentaire

En 2024, 365 ESR ont été déclarés dans le domaine du diagnostic médical et dentaire (+13 % par rapport à 2023) :
- 112 en radiologie conventionnelle, dont 26 chez des femmes ignorant leur grossesse ;
- 253 en scanographie, dont 87 chez des femmes ignorant leur grossesse ;
- Aucun ESR en radiologie dentaire.

Les ESR concernent principalement des femmes ignorant leur grossesse (113 déclarations). Il est observé une légère baisse du nombre de ces déclarations depuis 2021 (de 147 ESR en 2021 à 113 en 2024), date à laquelle un bulletin spécifique « La sécurité du patient » a été réalisé et diffusé afin d'améliorer les organisations pour réduire ce nombre d'événements. L'analyse des ESR déclarés met en évidence que la recherche de grossesse lors de la prise de rendez-vous, l'accueil et l'installation de la patiente restent encore perfectibles. Le dosage des β-HCG n'est pas systématiquement réalisé, et parfois mal interprété ou non consulté. Les autotests urinaires sont au final peu utilisés. Les autres causes d'ESR sont liées à des défaillances dans le processus de prise en charge des patients (erreur d'identitovigilance, de protocoles d'exploration de la zone anatomique, de planification des examens).

Parmi les ESR déclarés en 2024, l'un d'entre eux a été particulièrement marquant au regard de l'importance de la cohorte de patients concernés au plan national dans plusieurs services de pédiatrie ou de néonatalogie (*voir encadré page suivante*).

SYNTHÈSE

En scanographie, le contrôle de l'ASN porte essentiellement sur le respect de la mise en œuvre des exigences de la décision n° 2019-DC-660 de l'ASN du 15 janvier 2019 s'agissant notamment de la formalisation du principe de justification et d'optimisation. Les services doivent encore s'approprier les démarches d'assurance de la qualité et les outils associés (formalisation du processus de justification et d'optimisation, habilitation au poste de travail, retour d'expérience des événements indésirables, etc.). En outre, des efforts doivent être poursuivis dans la formalisation des procédures par type d'acte prenant en compte les personnes à risques, ainsi que pour les actes réalisés à distance dans le cadre de la téléradiologie. L'analyse des doses au regard des niveaux de référence diagnostique existants et des actes ne faisant pas l'objet de NRD est perfectible.

L'ASN note une progression constante de la téléradiologie avec des contraintes techniques et organisationnelles liées à des enjeux de communication et de concertation sous-estimés par les établissements (interface des logiciels, problèmes de communication) qui sont susceptibles de contribuer à la survenue d'ESR dès lors que cette prestation n'est pas suffisamment maîtrisée.

L'ASNR rendra publics en 2025 les résultats d'une étude qu'elle a lancée sur ce sujet afin d'identifier les enjeux de radioprotection.

2.6 Les irradiateurs de produits issus du corps humain

2.6.1 Description

L'irradiation de produits issus du corps humain est pratiquée notamment pour prévenir des réactions post-transfusionnelles chez les patients recevant une transfusion sanguine. L'irradiation délivre à la poche de sang une dose d'environ 20 à 25 Gy.

Depuis 2009, les irradiateurs à sources ont été progressivement remplacés par des générateurs électriques de rayons X, soumis à déclaration auprès de l'ASN depuis 2015. En 2023, le parc d'irradiateurs comprend 135 appareils équipés de générateurs électriques de rayons X.

2.6.2 Les règles techniques applicables aux installations

Un irradiateur de produits sanguins doit être installé dans un local dédié dont l'aménagement permet d'assurer la protection physique (incendie, inondation, effraction, etc.). L'accès à l'appareil, dont le pupitre de commande doit pouvoir être verrouillé, est limité aux seules personnes habilitées à l'utiliser.

L'aménagement des locaux accueillant des irradiateurs équipés de générateurs électriques de rayons X doit être conforme aux dispositions de la décision n° 2017-DC-0591 de l'ASN du 13 juin 2017.

2.7 Les événements significatifs de radioprotection

En 2024, le nombre d'ESR déclarés à l'ASN (827) dans le domaine médical est en hausse de plus de 20 % comparativement à 2023 (655) (*voir graphique 13 page 246*). Cette progression significative est portée principalement par le nombre de déclarations en médecine nucléaire. L'ASN rappelle l'importance des démarches de déclaration des ESR pour définir un retour d'expérience commun et faire progresser la radioprotection.

Le graphique 14 permet d'illustrer l'évolution du nombre d'ESR par catégorie d'activité depuis 2010. Les graphiques 15 et 16 illustrent la répartition du nombre des ESR en 2024 par domaine d'exposition (impact sur l'environnement, exposition de la population, exposition des patients, exposition des professionnels) et par catégorie d'activité médicale au regard de la moyenne du nombre d'ESR au cours des dix années précédentes.

Modification inopinée des réglages d'exposition d'un appareil de radiologie mobile

Dans le cadre d'une étude dosimétrique des radiographies au lit des nourrissons hospitalisés au centre hospitalier universitaire (CHU) de Bordeaux, l'équipe de physique médicale a détecté des expositions supérieures à celles attendues pour ce type d'examens et a procédé en novembre 2023 à une déclaration d'ESR auprès de l'ASN conformément à la réglementation en vigueur. Cet ESR a fait l'objet d'un avis d'incident publié sur le site de l'ASN en janvier 2024. L'analyse rétrospective de ces doses, enregistrées par le DACS, a montré qu'une cohorte de près de 250 enfants a été concernée entre 2022 et 2023. Ces expositions, de l'ordre de quelques dizaines de microsieverts, n'induisent ni conséquence clinique, ni suivi particulier.

Elles s'expliquent par la combinaison d'une spécificité de conception de l'équipement de radiologie mobile (FDR Nano – Fujifilm) et d'une méconnaissance des étapes de mise à l'arrêt et de remise en route de ce dispositif médical. Ainsi, des constantes de radiographies pulmonaires adultes définies par le fabricant (85 kilovolt – kV et 1.575 milliampère-seconde – mAs) sont sélectionnées automatiquement par défaut alors que les utilisateurs pensaient utiliser des constantes de radiographie pédiatrique. En effet, si les conditions d'exposition sont définies tandis que l'interrupteur de mise sous tension du tube est en position hors tension, elles ne sont pas transmises et lors de la mise sous tension du tube, les valeurs retenues sont les valeurs par défaut. Si la vérification de la correspondance des paramètres d'exposition entre la console « image » et le « contrôleur de rayons » n'est pas effectuée, la radiographie est faite avec les paramètres par défaut définis par le fabricant. La dose reçue lors de cette radiographie n'est donc pas adaptée.

Après le CHU de Bordeaux, plus d'une dizaine d'autres centres hospitaliers ont déclaré à l'ASN être dans la même situation avec une cohorte d'enfants dont les doses reçues n'étaient pas adaptées. Ces événements sériels ont conduit l'ASN à élaborer une fiche « Retour d'expérience » dans le cadre de son GT sur le retour d'expérience en imagerie. Elle vise à attirer l'attention des centres sur le fonctionnement particulier de cet appareil, sur les effets possibles en cas de non-respect des instructions et à préconiser des pistes d'actions possibles en attendant une action corrective du fabricant. Cette fiche a été envoyée à plus de 200 structures de santé et a été publiée sur le site de l'ASN, le 22 avril 2024.

Par ailleurs, l'ANSM a enjoint le fabricant de modifier l'interface homme-machine de l'appareil pour empêcher l'utilisation par défaut des paramètres d'exposition. Les modifications ont été apportées à l'autonome 2024 et la mise en place d'une nouvelle version logicielle corrigeant ce problème est actuellement en cours sur l'ensemble du parc français.

Le graphique 15 (*voir page suivante*) permet de faire ressortir la proportion stable du nombre d'ESR affectant les professionnels ou l'environnement et la hausse du nombre d'ESR concernant les patients. Le nombre d'ESR déclaré croit depuis 2010 en radiologie conventionnelle, en scanographie et plus fortement encore en médecine nucléaire où il dépasse le nombre d'ESR en scanographie. C'est la première année depuis l'instauration de l'obligation de déclaration des ESR que ce nombre en médecine nucléaire est le plus important au regard des ESR déclarés dans les autres activités. Le nombre d'ESR déclaré en 2024 en radiothérapie externe reste stable par rapport à 2023 et s'inscrit néanmoins dans une tendance à la baisse. Il est en revanche stable pour les pratiques interventionnelles avec une trentaine d'ESR en 2024.

De nombreux événements significatifs ont, selon leur déclarant, pour origine un facteur humain. L'analyse des causes n'investigue pas systématiquement les autres causes possibles et notamment organisationnelles Ainsi, la formation, les procédures et les systèmes de travail, et la manière dont ils influencent les performances du personnel en matière de prise de décision et d'exécution des mesures clés de radioprotection, ne sont pas suffisamment questionnés.

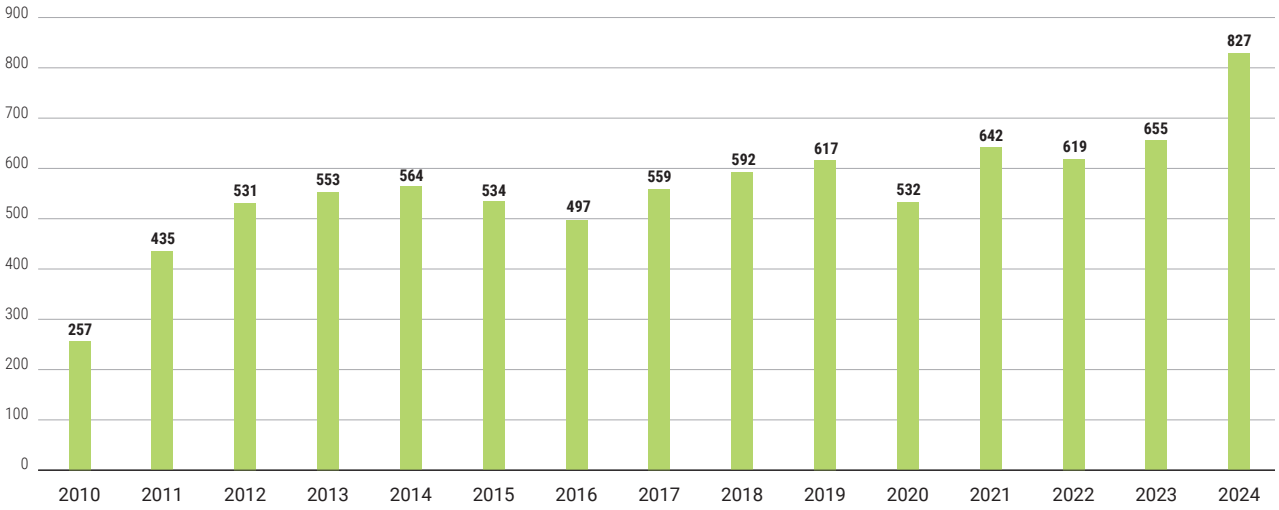
L'ASN constate également que la pertinence et l'efficacité des actions correctives définies à l'issue de la déclaration d'un ESR pour éviter qu'il ne se reproduise ne sont pas suffisamment évaluées. La mise en place de sessions de formation et d'information, de rappels de consignes ainsi que d'ajouts de points de contrôle constituent des actions fréquemment mentionnées dans les comptes-rendus de retour d'expérience que les centres transmettent à l'ASN. Pour autant, dans certains de ces centres, des ESR similaires sont de nouveau signalés, montrant que ces actions n'ont pas été suffisamment efficaces pour prévenir la récurrence des incidents. L'ASN souligne ainsi l'importance de la prise en compte du retour d'expérience des incidents antérieurs, qu'ils soient internes ou externes, et de l'évaluation de l'efficacité des mesures correctives prises. L'ASN rappelle que les enquêtes doivent être menées selon une approche systémique, qui comprend l'examen des FOH en jeu comme les formations, les procédures, les méthodes de travail, et la manière dont ils influencent les performances du personnel en matière de prise de décision et d'exécution des principales mesures de radioprotection. Cette approche de la gestion des incidents devrait conduire à la mise en œuvre d'actions correctives plus efficaces pour empêcher la reproduction d'événements significatifs similaires à l'avenir.

En 2024, l'ASN a communiqué aux professionnels de santé deux enseignements tirés de l'analyse des ESR qui présentent un intérêt du point de vue de la radioprotection des patients. Elle a réuni son GT « retour d'expérience imagerie » pour élaborer deux fiches de retour d'expérience dans les spécialités ci-dessous :

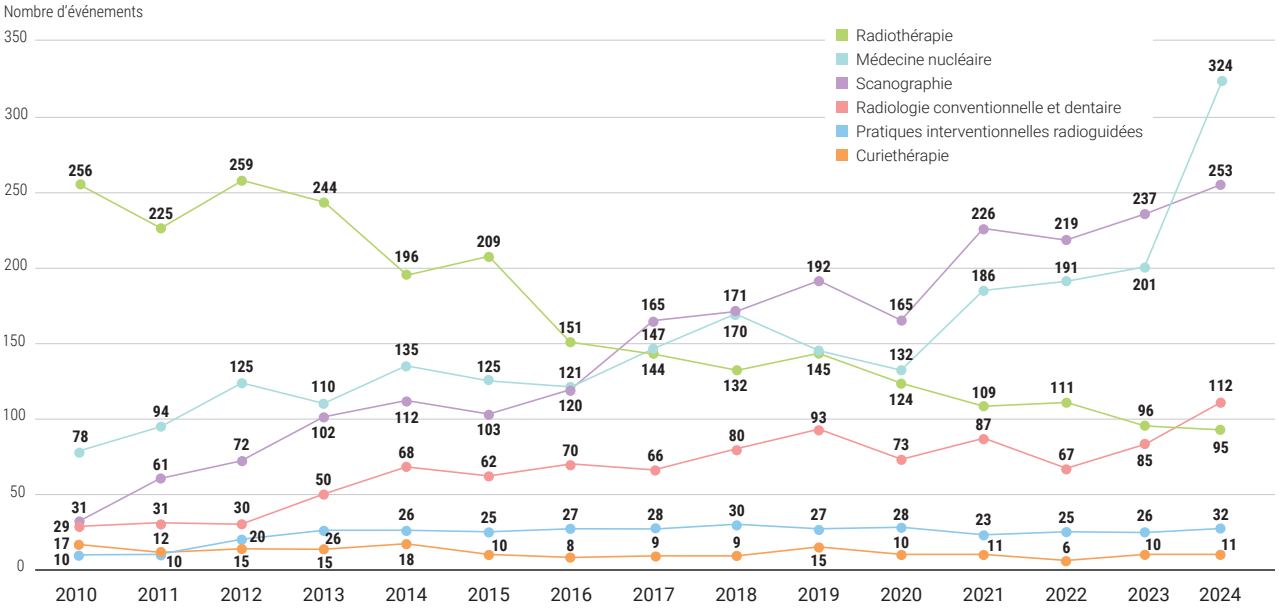
- l'une en radiologie conventionnelle : fiche « Retour d'expérience » sur la modification inopinée des réglages d'exposition d'un appareil de radiologie mobile (*voir encadré ci-contre*) ;
- l'autre en médecine nucléaire de thérapie : fiche « Retour d'expérience » concernant les complications extra-hépatiques suite à l'emploi de microsphères d'90Y pour traiter un cancer du foie (*voir point 2.3.3.4*).

Par ailleurs, l'ASN a travaillé dans le cadre du GT retour d'expérience en radiothérapie à l'élaboration de deux fiches « retour d'expérience » sur la sécurisation des traitements en radiothérapie : la première porte sur l'identitovigilance et la seconde sur la prévention des erreurs de latéralité. Ces deux fiches seront publiées début 2025.

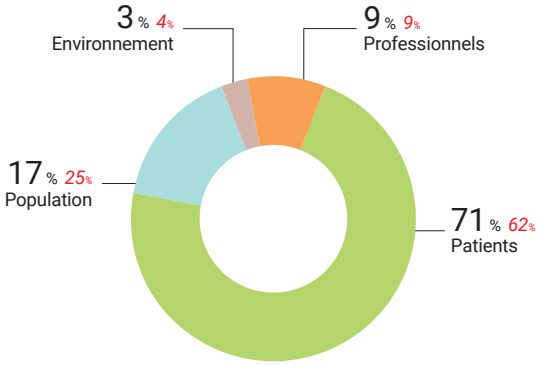
GRAPHIQUE 13 Évolution du nombre de déclarations annuelles d'ESR de 2010 à 2024



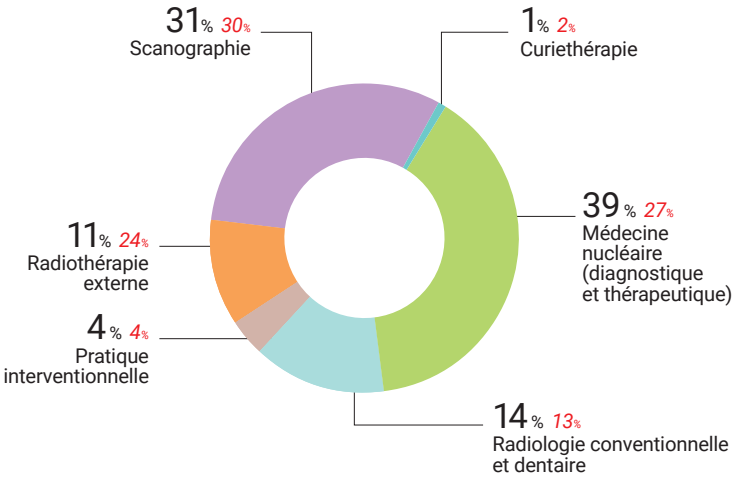
GRAPHIQUE 14 Nombre d'ESR par catégorie d'activité au cours de la période 2010-2024



GRAPHIQUE 15 Répartition (en %) des ESR par domaine d'exposition en 2024



GRAPHIQUE 16 Répartition (en %) des ESR par catégorie d'activité concernée en 2024



En rouge : moyenne du nombre d'ESR déclarés au cours des 10 années précédentes.

3 — Synthèse et perspectives

L'ASN considère, sur la base des inspections conduites en 2024 et d'une analyse faite sur la période permettant de couvrir l'ensemble du parc des installations à enjeux, que l'état de la radioprotection dans le domaine médical se maintient à un niveau satisfaisant, relativement comparable d'une année sur l'autre, avec toutefois des fragilités persistantes.

Elle relève que les démarches d'expérimentation des audits cliniques qui ont été lancées fin 2023, uniquement en radiothérapie et radiologie sous le pilotage du ministère chargé de la santé, se déploient de manière satisfaisante, mais nécessitent d'être poursuivies avant d'être généralisées. Elle encourage leur extension aux activités les plus à risque, prioritairement la radiochirurgie, ainsi que la médecine nucléaire à visée thérapeutique et appelle les CNP, d'ores et déjà, à se mobiliser pour construire les grilles d'audit. En outre, elle encourage également les services de radiothérapie à s'inscrire dans des démarches d'évaluation des nouvelles pratiques à l'instar de celle mise en place pour la radiothérapie adaptative.

Elle encourage par ailleurs les CNP à prendre en compte les besoins d'évolution des guides de formation à la radioprotection qu'ils ont élaborés, en se fondant sur les résultats de l'évaluation du nouveau dispositif de formation à la radioprotection des patients que l'ASN a publiée en 2024.

L'ASN attire l'attention sur le fait que les signaux identifiés en 2023, rappelés ci-après, conduisent à dégrader la culture de radioprotection. Ils sont identifiés comme facteur contributif dans la survenue d'ESR et relevés en inspection comme des éléments explicatifs d'une moins bonne conformité réglementaire :
• un constat généralisé de ressources amoindries avec des tensions dans les effectifs de MERM, praticiens médicaux, physiciens médicaux avec le développement de l'intérim et des glissements de tâches ;
• le recours, en imagerie, à des prestations insuffisamment maîtrisées pour assister les PCR et les physiciens médicaux des établissements, susceptible de conduire à une perte de compétence en radioprotection et à un manque de flexibilité pour mettre en œuvre les exigences réglementaires de radioprotection (formation, vérifications, etc.) ;
• une progression constante de la téléradiologie avec des contraintes techniques et organisationnelles liées à ce mode d'organisation sous-estimées par les établissements (problème de communication, interface des logiciels) ; l'ASNR publiera en 2025 les enseignements issus d'une étude qu'elle a conduite sur ce sujet ;
• la complexification des organisations, avec des mutualisations de moyens et le risque de dilution des responsabilités, dans un contexte de réformes des autorisations de soins et de rachats de centres.

Aussi, l'ASN maintient sa demande de vigilance auprès des décideurs sur la nécessité d'évaluer l'impact de ces évolutions sur les organisations et le travail des intervenants et de définir précisément les rôles et responsabilités de l'ensemble des acteurs afin que les exigences de radioprotection soient respectées.

En radiothérapie, si les fondamentaux de la sécurité sont en place, les services de radiothérapie peinent à dynamiser les démarches de retour d'expérience, avec des réunions de comités de retour d'expérience moins nombreuses, des analyses d'ESR insuffisamment approfondies et des difficultés persistantes pour évaluer la robustesse des actions correctives. La répétition d'erreurs de cibles (en particulier erreur de latéralité, délinéation ou de positionnement), la multiplication des traitements simultanés de plusieurs localisations ainsi que des ré-irradiations, dans un contexte où de plus en plus de patients bénéficieront de plusieurs radiothérapies au cours de leur vie, soulignent la nécessité, d'une part, d'évaluer régulièrement les barrières mises en place en tirant davantage partie du retour d'expérience dressé au niveau national ; d'autre part, d'actualiser les analyses de risque *a priori* sur la base du retour d'expérience local et national. Ces études sont encore incomplètement déployées en amont des changements techniques et organisationnels.

En curiethérapie, les inspections confirment une bonne prise en compte des règles de radioprotection. Les enjeux liés au maintien des ressources et compétences nécessaires à cette activité demeurent pour les années à venir. Les nouvelles exigences relatives à la protection des sources de haute activité contre la malveillance continuent de se déployer progressivement, en particulier s'agissant de la mise en place d'une politique de protection, des mesures permettant d'empêcher l'accès non autorisé à ces sources et de l'identification et la maîtrise des informations sensibles. La situation s'améliore progressivement sans encore pouvoir être considérée comme conforme.

En médecine nucléaire, les inspections témoignent d'une prise en compte satisfaisante de la radioprotection des patients s'agissant de la mise en œuvre du principe d'optimisation avec le recueil et l'analyse des NRD, tout en soulignant que le déploiement des SMQ doit encore progresser. Les ESR révèlent que les processus d'administration doivent être régulièrement évalués afin d'assurer la maîtrise du circuit du médicament, en particulier ceux pouvant conduire à des erreurs concernant plusieurs patients (utilisation de l'activimètre). L'ASN attire l'attention des RAN sur le risque d'extravasation avec du lutétium-177 qui peut conduire à des expositions significatives au site d'injection et travaille actuellement, en collaboration avec les professionnels, à l'élaboration d'un retour d'expérience des ESR déclarés. Elle a, par ailleurs, mis à disposition une fiche « Retour d'expérience » concernant des complications intervenues lors d'un traitement d'un cancer hépatique par radioembolisation utilisant l'yttrium-90. En outre, une attention particulière doit être portée à la gestion des effluents (fonctionnement des alarmes des cuves de décroissance) et des déchets générés par les patients, liés à l'émergence de nouveaux radiopharmaceutiques. Enfin, malgré des progrès concernant la formation des professionnels, une situation moins satisfaisante est observée en 2024 s'agissant de la radioprotection des travailleurs et du contrôle des équipements et des sources (analyse de la dosimétrie, vérifications, coordination des mesures de préventions lors de coactivité).

Dans le domaine des PIR et plus particulièrement au bloc opératoire, des non-conformités règlementaires persistent, au fil des années, s'agissant des règles techniques d'aménagement des installations, des exigences de formation à la radioprotection (formations travailleur et patient) et de la coordination des mesures de prévention lors des coactivités. L'ASN constate que les centres recourent de plus en plus aux OCR et que cette sous-traitance, dès lors qu'elle est insuffisamment maîtrisée, conduit à une dilution des responsabilités des RAN et à une moindre appropriation, voire une dégradation de la radioprotection. Par ailleurs, les inspections menées auprès des praticiens libéraux en tant qu'employeurs révèlent une méconnaissance des obligations réglementaires de radioprotection du code du travail vis-à-vis d'eux-mêmes et pour leurs salariés. Enfin, l'ASN a constaté que plusieurs centres médicaux n'avaient pas fait enregistrer leurs équipements radiogènes et a décidé d'engager une démarche de sanction à l'encontre d'un établissement hospitalier.

L'ASNR poursuivra en 2025 ses inspections dans les secteurs prioritaires que sont la radiothérapie, la radiochirurgie, la médecine nucléaire, les PIR et la scanographie. En radiothérapie, après avoir mené une réflexion en associant l'ensemble des parties prenantes, l'ASNR actualisera ses orientations d'inspection et lancera son nouveau programme

d'inspection quadriennal en 2025. En médecine nucléaire, elle adaptera la fréquence des contrôles pour mieux prendre en compte les enjeux de radioprotection notamment pour les services menant des essais cliniques. En radiothérapie et en médecine nucléaire, sur la base des enseignements issus des ESR déclarés ces dernières années, elle poursuivra des inspections spécifiques respectivement sur la maîtrise du processus d'étalonnage des accélérateurs et la vérification de non-contamination. S'agissant des PIR, l'ASNR poursuivra des inspections ciblées auprès des praticiens libéraux ayant la qualité d'employeur. Enfin, ayant constaté, à l'occasion de travaux menés pour faire évoluer la décision n° 2019-DC-0667 de l'ASN sur les niveaux de référence diagnostique, des insuffisances dans la maîtrise de l'utilisation de CBCT par les chirurgiens-dentistes ainsi que dans le déploiement de la démarche d'optimisation, elle lancera une campagne d'inspections dans ce domaine. Dans ce cadre, elle mettra à disposition des RAN une grille permettant aux chirurgiens-dentistes de s'autoévaluer.

Au plan réglementaire, l'ASNR révisera en 2025 la décision n° 2019-DC-0667 de l'ASN du 18 avril 2019 fixant les valeurs de NRD pour mettre à jour les valeurs relatives aux actes de mammographie et CBCT. Elle poursuivra les travaux préparatoires à la révision de la décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008 fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides. Par ailleurs, l'ASNR publiera en 2025 les enseignements de l'étude qu'elle a conduite sur la téléradiologie.

Enfin, le déploiement des nouvelles techniques et pratiques en thérapie (radiothérapie, RIV) demeure un sujet de vigilance. L'ASNR poursuivra ses travaux en lien avec les différents acteurs institutionnels du domaine de la santé, les sociétés savantes et en s'appuyant sur ses groupes d'experts, en particulier le Canpri, s'agissant notamment de la thérapie flash et du groupe projet mis en place pour définir les modalités d'évaluation de la radiothérapie adaptative qui se déploiera à partir de 2025. En médecine nucléaire thérapeutique les enjeux de radioprotection pour le patient et son entourage, les travailleurs, la gestion des effluents et des déchets sont une priorité dans un contexte d'émergence de nouveaux radiopharmaceutiques, de projections de croissance du nombre de patients éligibles à ces nouveaux traitements avec des infrastructures limitées et des modalités de prise en charge en ambulatoire. L'ASNR rendra un avis début 2025 sur la base des travaux de l'IRSN, du GPRP et des enseignements issus du projet SimpleRad mené par la Commission européenne.

08

Les sources de rayonnements ionisants et les utilisations industrielles, vétérinaires et en recherche de ces sources

Sommaire

1 Les utilisations industrielles, de recherche et vétérinaires des sources de rayonnements ionisants p. 253

1.1 Les utilisations des sources radioactives scellées
- 1.1.1 Le contrôle de paramètres physiques
- 1.1.2 L'activation neutronique
- 1.1.3 Les autres applications courantes

1.2 Les utilisations des sources radioactives non scellées

1.3 Les utilisations des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants
- 1.3.1 Les principales applications industrielles
- 1.3.2 Le radiodiagnostic vétérinaire
- 1.3.3 Les autres utilisations d'appareils électriques émettant des rayonnements ionisants

2 L'encadrement législatif et réglementaire des activités industrielles, de recherche et vétérinaires p. 259

2.1 Les autorités réglementant les sources de rayonnements ionisants

2.2 Les activités non justifiées ou interdites
- 2.2.1 L'application de l'interdiction d'addition intentionnelle de radionucléides dans les biens de consommation ou de construction
- 2.2.2 L'application du principe de justification pour les activités existantes

2.3 Les évolutions réglementaires
- 2.3.1 Le renforcement de la réglementation des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants
- 2.3.2 La protection des sources de rayonnements ionisants contre les actes de malveillance

2.4 Les autorisations, enregistrements et déclarations des sources de rayonnements ionisants utilisées à des fins industrielles, de recherche ou vétérinaires
- 2.4.1 La prise en compte des principes de radioprotection dans la réglementation des activités non médicales
- 2.4.2 Les régimes d'autorisation, d'enregistrement et de déclaration
- 2.4.3 Les statistiques de l'année 2024

3 L'appréciation sur l'état de la radioprotection dans les utilisations à enjeux des domaines industriel, de recherche et vétérinaire p. 267

3.1 La radiographie industrielle
- 3.1.1 Les différentes méthodes utilisées
- 3.1.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

3.2 Les irradiateurs industriels
- 3.2.1 Les équipements utilisés
- 3.2.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

3.3 Les accélérateurs de particules
- 3.3.1 Les équipements utilisés
- 3.3.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

3.4 Les activités de recherche mettant en œuvre des sources radioactives non scellées
- 3.4.1 Les équipements utilisés
- 3.4.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

4 Les fabricants et distributeurs de sources radioactives et leur contrôle par l'ASN p. 276

4.1 Les enjeux

4.2 Les cyclotrons

4.3 Les autres fournisseurs de sources

5 Conclusion et perspectives p. 280


GIERTH HF300
full bridge inverter system
HIGH FREQUENCY DIAGNOSTIC X-RAY UNIT
X-RAY
ERROR
STAND BY
WARM UP
SID
cm

Le secteur industriel et la recherche utilisent depuis longtemps des sources de rayonnements ionisants dans une grande variété d'applications et de lieux d'utilisation. L'enjeu de la réglementation relative à la radioprotection est de contrôler que la protection des travailleurs, du public et de l'environnement est correctement assurée. Cette protection passe notamment par la maîtrise de la gestion des sources, souvent mobiles et utilisées sur les chantiers, et par le suivi de leurs conditions de détention, d'utilisation et d'élimination, depuis leur fabrication jusqu'à leur fin de vie. Elle passe également par la responsabilisation et le contrôle d'acteurs centraux : les fabricants et les fournisseurs des sources.

Les rayonnements utilisés proviennent soit de radionucléides – essentiellement artificiels – en sources scellées ou non, soit d'appareils électriques générant des rayonnements ionisants. Les applications présentées dans ce chapitre concernent la fabrication et la distribution de toutes les sources, les utilisations industrielles, de recherche et vétérinaires (les activités médicales sont présentées dans le chapitre 7) et les activités ne relevant pas du régime des installations nucléaires de base – INB (celles-ci sont présentées dans les chapitres 10, 11 et 12).

La mise à jour en cours du cadre réglementaire des activités nucléaires, inscrit dans le code de la santé publique, conduit à un renforcement du principe de justification, à la prise en compte des radionucléides naturels, à la mise en œuvre d'une approche plus graduée au niveau des régimes administratifs et à la mise en place de mesures de protection des sources contre les actes de malveillance. Dès janvier 2019, le contrôle des activités industrielles, de recherche et vétérinaires a été modifié de manière substantielle, par l'extension du régime déclaratif à certaines activités nucléaires mettant en œuvre des sources radioactives. La poursuite d'une meilleure adaptation des régimes administratifs aux enjeux de radioprotection présentés par les différentes activités nucléaires exercées s'est concrétisée en 2021 par l'entrée en vigueur effective au 1er juillet du nouveau régime d'autorisation simplifiée, appelé « enregistrement ».

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) poursuit, depuis 2022, les travaux de révision des formulaires précisant le contenu des dossiers de demande d'autorisation à présenter par les exploitants, afin d'achever la refonte globale du dispositif encadrant ces activités nucléaires.

1 — Les utilisations industrielles, de recherche et vétérinaires des sources de rayonnements ionisants

1.1 Les utilisations des sources radioactives scellées

Les sources radioactives scellées sont définies comme les sources dont la structure (scellement) ou le conditionnement empêche, en utilisant normale, toute dispersion de substances radioactives dans le milieu ambiant et donc tout risque de contamination de ce dernier. Leurs principales utilisations sont présentées ci-après.

1.1.1 Le contrôle de paramètres physiques

Le principe de fonctionnement des appareils de contrôle de paramètres physiques est l'atténuation du signal émis : la différence entre le signal émis et le signal reçu permet d'évaluer l'information recherchée.

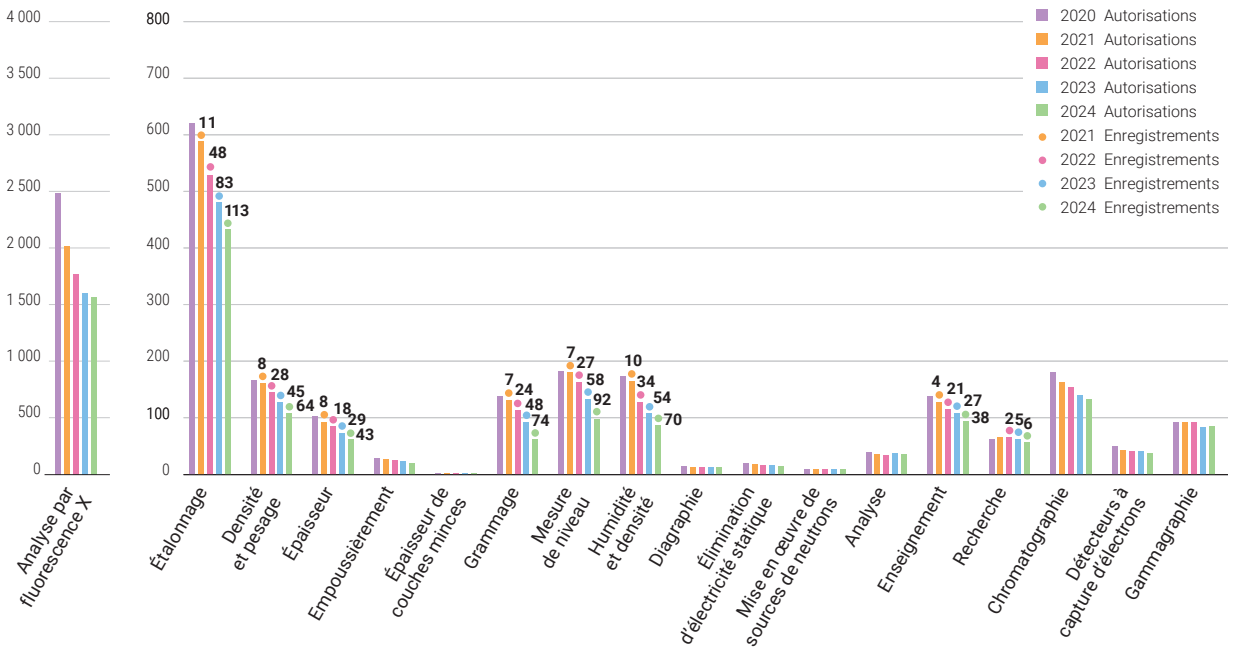
Les radioéléments les plus couramment employés sont le carbone-14, le cobalt-60, le krypton-85, le césium-137, le prométhéum-147 et l'américium-241. Les activités des sources sont comprises entre quelques kilobecquerels (kBq) et quelques gigabecquerels (GBq).

Les sources sont utilisées à des fins de :
• mesure d'empoussièrement de l'atmosphère : l'air est filtré en permanence sur un ruban défilant à vitesse contrôlée, interposé entre la source et le détecteur. L'intensité du rayonnement reçu par le détecteur est fonction du taux d'empoussièrement du filtre, ce qui permet de déterminer ce taux. Les sources utilisées le plus fréquemment sont des sources de carbone-14 (d'une activité de 3,5 mégabecquerels – MBq) ou de prométhéum-147 (d'une activité de 9 MBq). Ces mesures sont réalisées pour assurer une surveillance

UTILISATION DES SOURCES RADIOACTIVES SCELLÉES PAR FINALITÉS

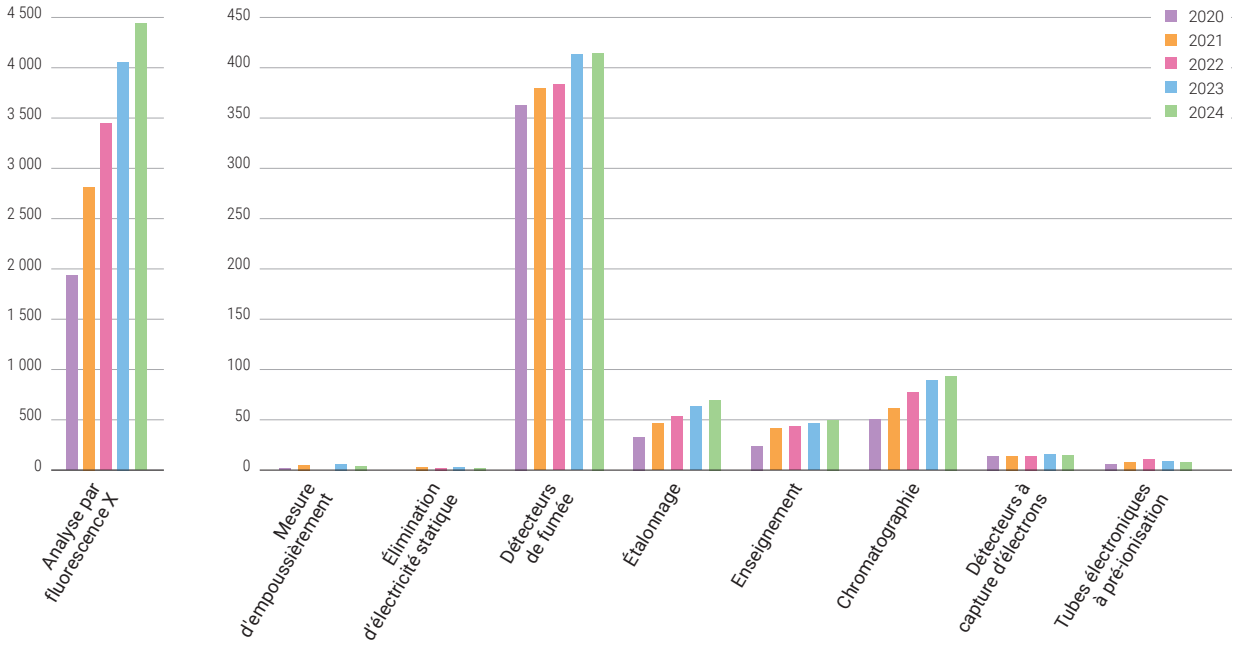
GRAPHIQUE 1A **Répartition des autorisations ou des enregistrements des sources radioactives scellées**

Nombre d'établissements autorisés ou enregistrés



GRAPHIQUE 1B **Répartition des déclarations des sources radioactives scellées**

Nombre d'établissements disposant d'un récépissé de déclaration



de la qualité de l'air, par le contrôle de la teneur en poussières des rejets d'usines ;
• mesure de grammage de papier : un faisceau de rayonnement bêta traverse le papier et est reçu sur un détecteur situé en vis-à-vis. L'atténuation du signal sur ce détecteur permet de connaître la densité du papier, et donc son grammage. Les sources utilisées sont, en général, constituées de krypton-85, ou de prométhéum-147, avec des activités ne dépassant pas 3 GBq ;
• mesure de niveau de liquide : un faisceau de rayonnement gamma traverse le conteneur dans lequel se trouve un liquide. Il est reçu sur un détecteur situé en vis-à-vis. L'atténuation du signal mesurée sur ce détecteur permet de connaître le niveau de remplissage du conteneur et de déclencher automatiquement certaines opérations (arrêt/poursuite du remplissage, alarme, etc.). Les radionucléides utilisés dépendent des caractéristiques du contenant et du contenu. On utilise en général, selon le cas, des sources d'américium-241 (d'une activité de 1,7 GBq) ou de césium-137 – baryum-137m (d'une activité de 37 MBq) ;

• mesure de densité et de pesage : le principe est le même que pour les deux précédentes mesures. Les sources utilisées sont, en général, en américium-241 (d'une activité de 2 GBq), en césium-137 – baryum-137m (d'une activité de 100 MBq) ou en cobalt-60 (d'une activité de 30 GBq) ; mesure de densité et d'humidité des sols (gammadensimétrie), en particulier dans l'agriculture et les travaux publics. Ces appareils fonctionnent avec une source de césium-137 et un couple de sources d'américium-béryllium ;
• diagraphie permettant d'étudier les propriétés géologiques des sous-sols par introduction d'une sonde de mesure comportant une source de cobalt-60, de césium-137, d'américium-241 ou de californium-252. Certaines sources utilisées sont des sources scellées de haute activité.

1.1.2 L'activation neutronique

L'activation neutronique consiste à irradier un échantillon par un flux de neutrons pour en activer les atomes, ce qui rend cet échantillon radioactif. Le nombre et l'énergie des photons gamma émis par l'échantillon en réponse aux neutrons reçus sont analysés. Les informations recueillies permettent de déduire la concentration des atomes dans la matière analysée.

Cette technologie est utilisée en archéologie pour caractériser des objets anciens, en géochimie pour la prospection minière et dans l'industrie (étude de la composition des semi-conducteurs, analyse des crus cimentiers).

Compte tenu de l'activation de la matière analysée, elle nécessite une vigilance particulière sur la nature des objets analysés. En effet, les articles R. 1333-2 et R. 1333-3 du code de la santé publique interdisent l'utilisation, pour la fabrication des biens de consommation et des produits de construction, des matériaux et des déchets provenant d'une activité nucléaire, lorsque ceux-ci sont contaminés ou susceptibles de l'être par des radionucléides, y compris par activation. Des dérogations sont cependant susceptibles d'être accordées dans un nombre de cas très limité (*voir point 2.2.1*).

1.1.3 Les autres applications courantes

Des sources radioactives scellées peuvent être également mises en œuvre pour :
• la gammagraphie, qui est une technique de contrôle non destructif (*voir point 3.3*) ;
• l'irradiation industrielle, notamment utilisée en stérilisation (*voir point 3.2*) ;
• l'élimination de l'électricité statique ;
• l'étalonnage d'appareils de mesure de la radioactivité (métrologie des rayonnements) ;
• l'enseignement, lors de travaux pratiques sur les phénomènes de radioactivité ;
• la détection par capture d'électrons. Cette technique met en œuvre des sources de nickel-63 dans des chromatographes en phase gazeuse et permet la détection et le dosage de différents éléments chimiques ;
• la spectrométrie de mobilité ionique utilisée dans des appareils, souvent portatifs, permettant la détection d'explosifs, de drogues ou de produits toxiques ;
• la détection par fluorescence X. Cette technique trouve son utilisation en particulier dans la détection du plomb dans les peintures. Les appareils portatifs aujourd'hui utilisés contiennent des sources de cadmium-109 (d'une période de 464 jours) ou de cobalt-57 (d'une période de 270 jours). L'activité de ces sources peut aller de 400 MBq à 1 500 MBq. Cette technique, qui utilise un nombre important de sources radioactives sur le territoire national (près de 4 000 sources), découle d'un dispositif législatif de prévention du saturnisme infantile, qui impose un contrôle de la concentration en plomb dans les peintures dans les immeubles à usage d'habitation construits avant le 1er janvier 1949, lors de toute vente, de tout nouveau contrat de location ou des travaux affectant substantiellement les revêtements dans des parties communes.

Les graphiques 1A et 1B (*voir page précédente*) précisent le nombre d'établissements autorisés, enregistrés ou déclarés mettant en œuvre des sources radioactives scellées dans les applications recensées. Ils illustrent la diversité de ces applications et leur évolution au cours des cinq dernières années.

Il convient de noter :
• qu'un même établissement peut exercer plusieurs de ces activités et, dans ce cas, il apparaît pour chacune de ses activités dans le graphique 1 (A et B) et dans les diagrammes suivants ;
• que la répartition pour une même finalité d'utilisation entre les régimes d'autorisation, d'enregistrement et de déclaration (sources radioactives et appareils électriques émettant des rayonnements ionisants) n'est à ce stade pas stabilisée, car les changements d'actes administratifs concernant les activités nucléaires soumises à déclaration depuis le 1er janvier 2019 vont s'étaler jusqu'au 1er juillet 2026 (*voir point 2.4.2*) pour celles soumises à enregistrement depuis le 1er juillet 2021.

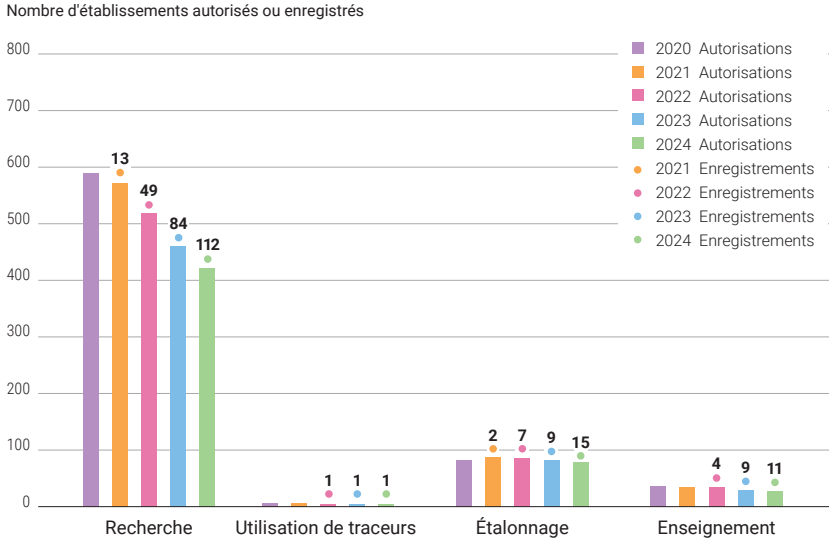
1.2 Les utilisations des sources radioactives non scellées

Les principaux radionucléides utilisés sous forme de sources non scellées dans les applications non médicales sont le phosphore-32 ou 33, le carbone-14, le soufre-35, le chrome-51, l'iode-125 et le tritium. Ils sont notamment employés dans le secteur de la recherche et dans les établissements pharmaceutiques. Ils sont un outil puissant d'investigation en biologie cellulaire et moléculaire. L'utilisation de traceurs radioactifs incorporés à des molécules est très courante en recherche biologique. Quelques utilisations sont relevées dans le milieu industriel, comme traceurs ou à des fins d'étalonnage ou d'enseignement. Les sources non scellées servent de traceurs pour des mesures d'usure, de recherche de fuites, de frottements, de construction de modèles hydrodynamiques, ainsi qu'en hydrologie.

Le nombre d'établissements autorisés à utiliser des sources non scellées au 31 décembre 2024 était de 532 (auxquels s'ajoutent 139 établissements disposant d'un enregistrement).

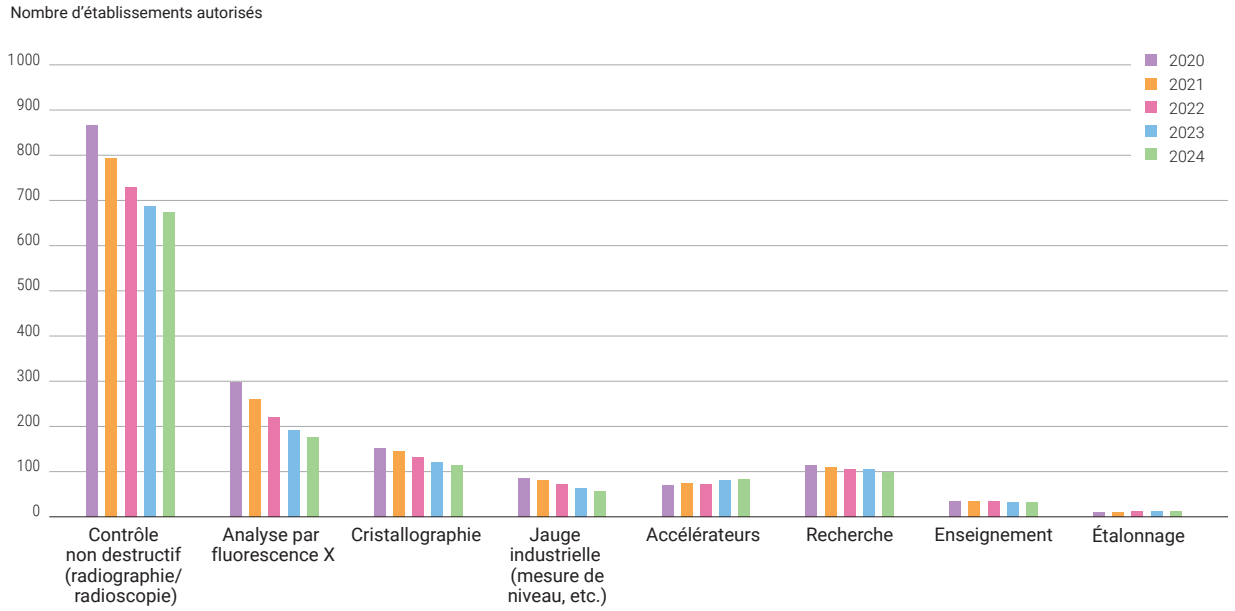
Le graphique 2 (*voir ci-contre*) précise le nombre d'établissements autorisés (ou enregistrés) à mettre en œuvre des sources radioactives non scellées, en fonction des différentes applications recensées, ces cinq dernières années.

GRAPHIQUE 2 **Utilisation des sources radioactives non scellées par finalités**

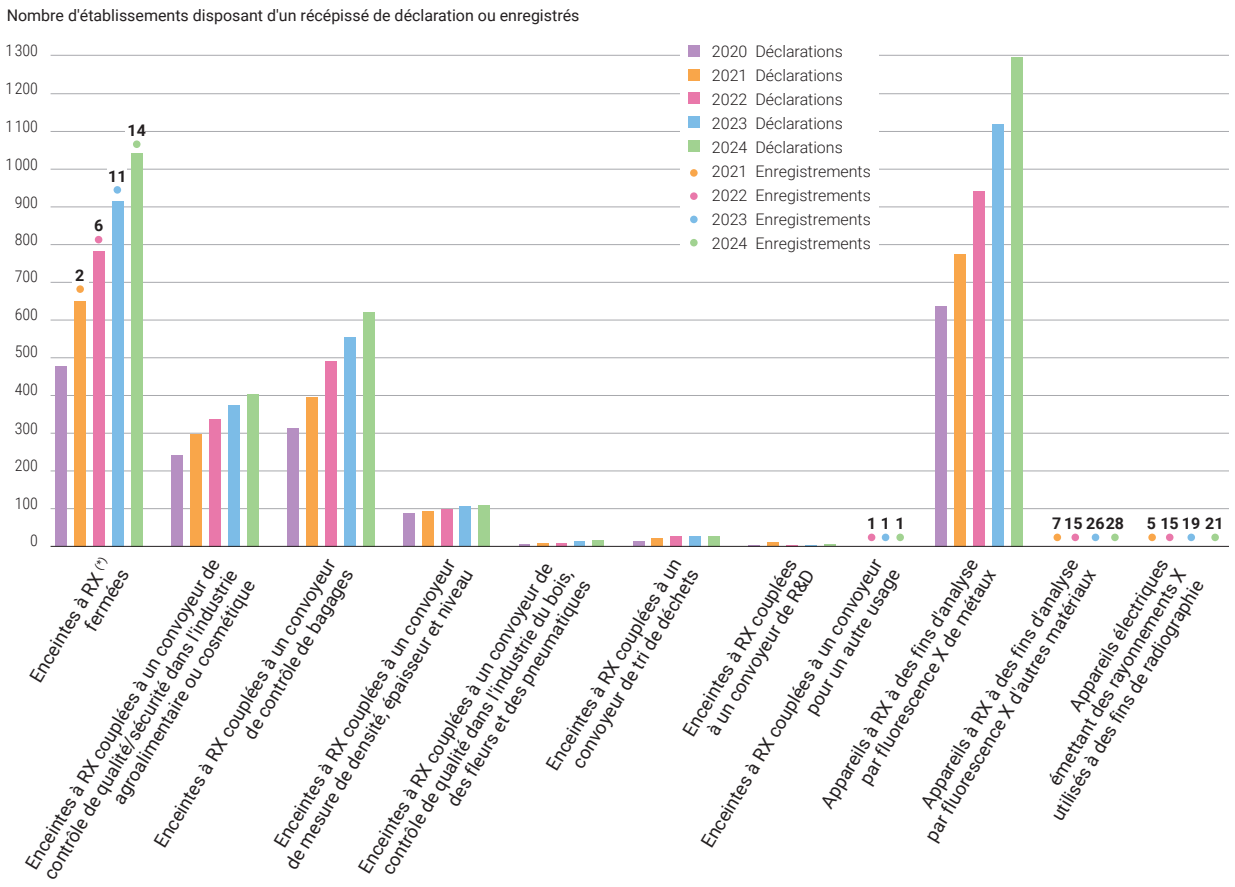


UTILISATION D'APPAREILS ÉLECTRIQUES ÉMETTANT DES RAYONNEMENTS IONISANTS PAR FINALITÉ D'UTILISATION (HORS SECTEUR VÉTÉRINAIRE)

GRAPHIQUE 3A Répartition des autorisations des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants



GRAPHIQUE 3B Répartition des déclarations ou des enregistrements des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants



* RX = rayons X.

1.3 Les utilisations des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants

1.3.1 Les principales applications industrielles

Dans l'industrie, les appareils électriques émettant des rayonnements ionisants sont utilisés principalement dans le domaine du contrôle non destructif, où ils se substituent à des dispositifs qui contiennent des sources radioactives.

Les graphiques 3A et 3B (*voir page précédente*) précisent le nombre d'établissements autorisés, enregistrés ou déclarés mettant en œuvre des appareils électriques générant des rayonnements ionisants dans les applications recensées. Ils illustrent la diversité de ces applications et leur évolution durant les cinq dernières années. Cette évolution est étroitement liée aux modifications réglementaires, qui ont progressivement mis en place un nouveau régime de déclarations ou d'autorisations et plus récemment d'enregistrement (*voir point 2.4.2*), pour l'utilisation de ces appareils. À ce jour, la régularisation de la situation des professionnels concernés est très largement engagée dans de nombreux secteurs d'activité.

Les appareils électriques émettant des rayonnements ionisants sont principalement des générateurs de rayons X. Ils sont utilisés dans l'industrie pour des analyses structurales non destructives (techniques d'analyse comme la tomographie, la diffractométrie appelée aussi radio-cristallométrie, etc.), les vérifications de la qualité des cordons de soudure ou le contrôle de la fatigue des matériaux (notamment en aéronautique).

Ces appareils, fonctionnant sur le principe d'atténuation des rayons X, sont également utilisés comme jauges industrielles (mesure de remplissage de fûts, mesure d'épaisseur, etc.) pour le contrôle de conteneurs de marchandises ou de bagages, et également pour la détection de corps étrangers dans les produits alimentaires.

L'augmentation des types d'appareils disponibles sur le marché s'explique notamment par le fait qu'ils se substituent, lorsque c'est possible, aux appareils contenant des sources radioactives. Les avantages procurés par cette technologie en matière de radioprotection sont notamment liés à l'absence totale de rayonnements ionisants lorsque le matériel n'est pas utilisé. Leur utilisation, en revanche, conduit à des niveaux d'exposition des travailleurs qui sont tout à fait comparables à ceux dus à l'utilisation d'appareils à source radioactive.

Le contrôle de bagages

Que ce soit pour une vérification systématique des bagages ou pour déterminer le contenu de colis suspects, les rayonnements ionisants sont utilisés en permanence lors des contrôles de sécurité. Les plus petits et les plus répandus de ces appareils sont installés aux postes d'inspection et de filtrage des aéroports, dans les musées, à l'entrée de certains bâtiments, etc.

Les appareils dont la section du tunnel est plus importante sont utilisés pour le contrôle des bagages de grande taille et le contrôle de bagages en soute dans les aéroports, mais également lors des contrôles du fret aérien. Cette gamme d'appareils est complétée par des tomographes, qui permettent d'obtenir une série d'images en coupe de l'objet examiné.

La limitation de la zone d'irradiation à l'intérieur de ces appareils est matérialisée parfois par des portes, mais le plus souvent seulement par un ou plusieurs rideaux plombés.

Les scanners corporels à rayons X

Cette application est présentée à titre indicatif, puisque l'utilisation de scanners à rayons X sur les personnes pour des contrôles de sécurité n'est actuellement pas pratiquée en France (en application de l'article L. 1333-18 du code de la santé publique). Certaines expérimentations ont été menées en France avec des technologies d'imagerie non ionisantes (ondes millimétriques).

Le contrôle de produits de consommation

Depuis quelques années, l'utilisation d'appareils permettant la détection de corps étrangers dans certains produits de consommation se développe, comme la recherche d'éléments indésirables dans les produits alimentaires ou les produits cosmétiques.

L'analyse par diffraction X

Les laboratoires de recherche s'équipent de plus en plus souvent de ce type de petits appareils, qui sont autoprotégés. Des dispositifs expérimentaux utilisés en vue d'analyse par diffraction X peuvent cependant être composés de pièces provenant de divers fournisseurs (goniomètre, porte-échantillon, tube, détecteur, générateur haute tension, pupitre, etc.) et assemblées par l'expérimentateur lui-même.

L'analyse par fluorescence X

Les appareils portables à fluorescence X sont destinés à l'analyse de métaux et d'alliages.

La mesure de paramètres

Les appareils, fonctionnant sur le principe d'atténuation des rayons X, sont utilisés comme jauges industrielles pour réaliser des mesures de niveau de bouteilles, de fûts, des détections de fuites, des mesures d'épaisseur, des mesures de densité, etc.

Le traitement par irradiation

Plus généralement utilisés pour réaliser des irradiations, les appareils autoprotégés existent en plusieurs modèles, qui peuvent parfois différer uniquement par la taille de l'enceinte autoprotégée, les caractéristiques du générateur de rayons X restant les mêmes.

La radiographie à des fins de vérification de la qualité des cordons de soudure ou du contrôle de la fatigue des matériaux est détaillée au point 3.1.1.

1.3.2 Le radiodiagnostic vétérinaire

En 2024, la profession comptait 21 494 praticiens vétérinaires, environ 20 000 employés non vétérinaires et 6 641 établissements. Ces établissements appartiennent de plus en plus à de grands groupes, parfois constitués d'un réseau regroupant plusieurs centaines de structures, permettant ainsi la mutualisation de ressources entre établissements. Cette dynamique va de pair avec la tendance qu'ont les vétérinaires à ne plus vouloir forcément posséder leur propre structure. Cependant, des structures d'exercice libéral détenues par des vétérinaires existent toujours, parfois avec des statuts juridiques particuliers permettant par exemple à plusieurs vétérinaires exerçant chacun de manière individuelle de se regrouper. Les vétérinaires utilisent des appareils de radiodiagnostic dans un cadre similaire à celui des appareils utilisés en médecine humaine. Les activités de radiodiagnostic vétérinaire portent essentiellement sur les animaux de compagnie :

- environ 5 000 structures vétérinaires françaises seraient équipées d'au moins un appareil ;
- environ 140 scanners sont utilisés pour des applications vétérinaires ;
- d'autres pratiques issues du milieu médical sont également mises en œuvre dans des centres spécialisés : la scintigraphie, la curiethérapie, ainsi que la radiothérapie externe ou encore la radiologie interventionnelle.

Les soins pratiqués sur les animaux de grande taille (majoritairement les chevaux) requièrent l'utilisation d'appareils plus puissants dans des locaux spécialement aménagés (radiographie du bassin, par exemple) et l'utilisation de générateurs de rayons X portables utilisés dans des locaux, dédiés ou non, ainsi qu'à l'extérieur.

Afin d'établir une meilleure adaptation du niveau des exigences réglementaires, l'ASN a introduit un régime de déclaration en 2009 pour les activités dites « canines » présentant de plus faibles enjeux de radioprotection (*voir point 2.4.2*). Cette simplification a conduit à la régularisation de la situation administrative d'un nombre croissant de structures vétérinaires (*voir graphique 4 page suivante*).

Pour poursuivre cette adaptation du niveau d'exigences réglementaires aux enjeux de radioprotection, l'ensemble des activités mettant en œuvre des appareils électriques émettant des rayonnements X utilisés à des fins de radiodiagnostic vétérinaire,

à l'exception des activités canines qui restent éligibles au régime de la déclaration, relève depuis juillet 2021 du régime d'enregistrement (*voir point 2.4.2*). Ainsi, seules quelques pratiques à forts enjeux (curiethérapie, radiothérapie externe, médecine nucléaire ou radiologie interventionnelle), issues du milieu médical, restent soumises à autorisation.

Les appareils utilisés dans le secteur vétérinaire proviennent parfois du secteur médical. Cependant, la profession s'équipe de plus en plus d'appareils neufs développés spécifiquement pour ses besoins.

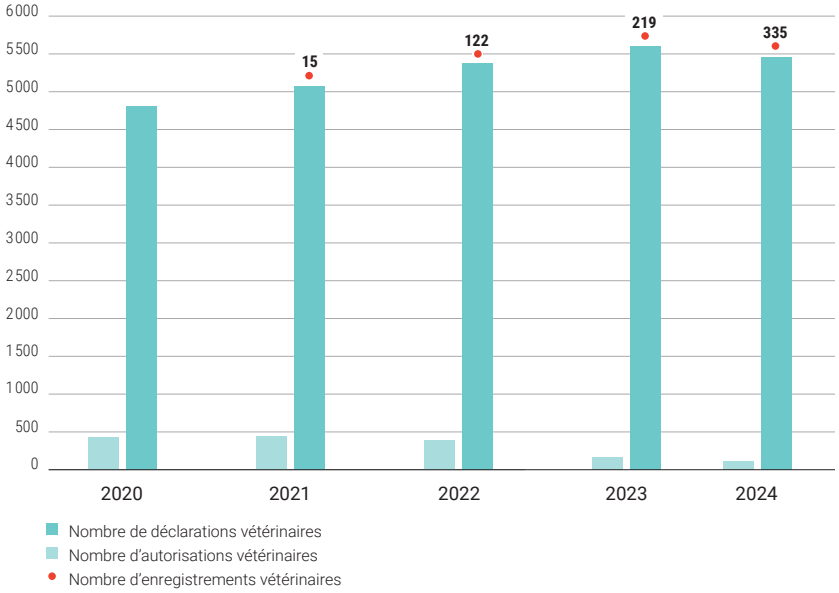
Depuis maintenant plusieurs années, la situation administrative des structures vétérinaires est en constante amélioration. Fin 2024, l'ASN dénombre près de 6 000 déclarations, enregistrements ou autorisations, encadrant donc la quasi-totalité des structures vétérinaires identifiées comme mettant en œuvre des rayonnements ionisants sur le territoire.

Parmi les activités vétérinaires, celles réalisées sur les grands animaux (majoritairement des chevaux) et à l'extérieur des établissements vétérinaires spécialisés (dites « en conditions de chantier ») sont jugées comme celles comportant le plus d'enjeux de radioprotection, notamment pour les personnes extérieures à la structure vétérinaire qui participent à ces interventions (propriétaires et lads).

Lors de ses différentes actions de contrôle (réalisées au fil de l'eau ou à l'occasion de campagnes thématiques) sur l'ensemble des activités vétérinaires impliquant les rayonnements ionisants, l'ASN a pu constater le résultat des efforts menés par les instances vétérinaires depuis plusieurs années pour se conformer à la réglementation et a relevé de bonnes pratiques de terrain dans les structures vétérinaires inspectées, notamment :
• le suivi de l'exposition des travailleurs par dosimétrie à lecture différée ;
• l'utilisation quasi systématique d'équipements de protection individuelle ;
• une démarche d'optimisation des opérations associées dans presque toutes les structures mettant en œuvre des rayonnements ionisants à des fins diagnostiques sur les grands animaux.

Cependant, la profession doit rester vigilante à la bonne prise en compte des points suivants :
• les vérifications initiales et périodiques des équipements de travail et des locaux de radiologie ;

GRAPHIQUE 4 **Utilisation d'appareils électriques générant des rayonnements ionisants pour les activités vétérinaires**



• le zonage radiologique, en particulier lorsque la mise en place d'une zone d'opération est nécessaire ;
• la radioprotection des personnes extérieures aux établissements vétérinaires susceptibles de participer aux actes de diagnostic ;
• la formalisation et la traçabilité des documents justifiant que les exigences réglementaires liées à la radioprotection sont convenablement respectées.

Il existe également de rares cas de structures vétérinaires présentant une organisation de la radioprotection très insatisfaisante. Ces lacunes peuvent amener l'ASN à prendre, lorsque la pédagogie ne suffit plus, des mesures plus contraignantes, voire coercitives.

L'ASN a également pu constater depuis quelques années un recours massif à des organismes compétents en radioprotection (OCR) externes aux établissements vétérinaires pour occuper la fonction de conseiller en radioprotection (CRP) dans ces structures. Cette externalisation est possible, mais ne doit pas déresponsabiliser le vétérinaire qui reste le premier responsable du niveau de radioprotection dans son établissement.

La forte implication de la profession à l'échelle nationale pour harmoniser les pratiques, sensibiliser et former des élèves vétérinaires, élaborer des « documents cadres » et des guides est un élément jugé très positif par l'ASN, qui échange régulièrement avec les instances nationales de la profession (et plus particulièrement la Commission de radioprotection vétérinaire).

Ces échanges permettent en particulier à l'ASN de définir sa doctrine en prenant en compte les spécificités du milieu vétérinaire. Par exemple, ils ont conduit l'ASN à mettre en œuvre en 2024 une simplification administrative pour les vétérinaires exerçant à titre non-salarié (collaborateur libéral, remplaçant libéral ou vétérinaire consultant) qui utilisent les appareils de diagnostic mis à disposition par un établissement vétérinaire. Cet allègement, proportionné aux enjeux de radioprotection, n'est donc pas valable pour les activités soumises au régime de l'autorisation et qui présentent des risques importants.

1.3.3 Les autres utilisations d'appareils électriques émettant des rayonnements ionisants

Cette dernière catégorie d'appareils couvre l'ensemble des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants autres que ceux précités et qui ne sont pas concernés par les critères d'exemption d'autorisation, d'enregistrement ou de déclaration fixés à l'article R. 1333-106 du code de la santé publique.

Elle comprend notamment les appareils générant des rayonnements ionisants mais qui ne sont pas utilisés pour cette propriété : les implanteurs d'ions, les appareils à soudure à faisceau d'électrons, les klystrons, certains lasers, certains dispositifs électriques comme des tests de fusible haute tension.

Enfin, certaines applications utilisent des accélérateurs de particules (*voir point 3.3.1*).

2 — L'encadrement législatif et réglementaire des activités industrielles, de recherche et vétérinaires

2.1 Les autorités réglementant les sources de rayonnements ionisants

L'ASN est l'autorité qui accorde les autorisations, délivre les décisions d'enregistrement et reçoit les déclarations, suivant le régime applicable à l'activité nucléaire concernée.

Toutefois, afin de simplifier les démarches administratives des exploitants d'installations déjà autorisées dans le cadre d'un autre régime, le code de la santé publique prévoit des dispositions spécifiques. Cela concerne notamment :

- les sources radioactives détenues, fabriquées ou utilisées dans les installations autorisées au titre du code minier (article L. 162-1) ou, pour les sources radioactives non scellées, détenues, fabriquées ou utilisées dans les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) relevant des articles L. 511-1 à L. 517-2 du code de l'environnement, celles qui bénéficient d'un régime d'autorisation. Le préfet est chargé de prévoir, dans les autorisations qu'il délivre, des prescriptions relatives à la radioprotection des activités nucléaires exercées sur le site ;
- les installations et activités intéressant la défense nationale, pour lesquelles l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND) est chargée de la réglementation des aspects relatifs à la radioprotection ;
- les installations autorisées au titre du régime juridique des INB. L'ASN réglemente les sources radioactives et appareils électriques émettant des rayonnements ionisants nécessaires au fonctionnement de ces installations dans le cadre de ce régime. La détention et l'utilisation des autres sources détenues dans le périmètre de l'INB restent soumises à autorisation, au titre de l'article R. 1333-118 du code de la santé publique.

Ces dispositions ne dispensent pas le bénéficiaire du respect des prescriptions du code de la santé publique, et en particulier de celles relatives à l'acquisition et à la cession des sources ; elles ne s'appliquent pas aux activités de distribution, importation et exportation de sources radioactives, qui restent soumises à une autorisation de l'ASN au titre du code de la santé publique.

Seuls les établissements détenant des substances radioactives sous forme non scellée en quantité supérieure à 1 tonne (t) ou gérant des déchets radioactifs en quantité supérieure à 10 mètres cubes (m^3) pour l'une ou l'autre de ces activités sont soumis au régime des installations classées (hors secteur médical et accélérateurs de particules). Les éventuelles sources radioactives sous forme scellée également détenues ou utilisées par ces établissements sont, quant à elles, réglementées par l'ASN au titre du code de la santé publique.

Les matières nucléaires font l'objet d'une réglementation spécifique prévue aux articles L. 1333-1 et suivants du code de la défense. L'application de cette réglementation est contrôlée par le ministre des Armées pour les matières nucléaires destinées aux besoins de la défense et par le ministre chargé de l'énergie pour les matières destinées à tout autre usage.

2.2 Les activités non justifiées ou interdites

2.2.1 L'application de l'interdiction d'addition intentionnelle de radionucléides dans les biens de consommation ou de construction

Le code de la santé publique indique notamment *« qu'est interdit tout ajout de radionucléides [...] dans les biens de consommation et les produits de construction »* (article R. 1333-2). Ainsi, le commerce d'accessoires contenant des sources de tritium tels que les montres, porte-clés, équipements de chasse (dispositifs de visée) ou de navigation (compas de relèvement) ou des équipements pour la pêche en rivière (détecteurs de touches) est proscrit. L'article R. 1333-4 du même code prévoit que des dérogations à ces interdictions peuvent, si elles sont justifiées par les avantages qu'elles procurent, être accordées par arrêté du ministre chargé de la santé et, selon le cas, du ministre chargé de la consommation ou du ministre chargé de la construction, après avis de l'ASN et du Haut Conseil de la santé publique (HCSP). L'ASN estime que ce dispositif de dérogation réglementaire doit rester très limité.

Il a été mis en œuvre pour la première fois en 2011 dans le cadre d'une demande de dérogation pour l'utilisation d'un appareil d'analyse neutronique dans plusieurs cimenteries du groupe Lafarge-Holcim, dérogation renouvelée depuis lors. En 2022, une dérogation pour le recours à l'analyse neutronique a également été accordée pour l'une des cimenteries du groupe Ciments Calcia. Cet analyseur neutronique repose sur une technologie différente de celle mise en œuvre dans les cimenteries du groupe Lafarge-Holcim, à savoir l'utilisation d'un accélérateur contrairement à l'utilisation d'une source radioactive scellée. En 2023, l'avis de l'ASN a été sollicité sur les demandes de dérogation relatives à une autre cimenterie du groupe Ciments Calcia et à trois cimenteries du groupe Eqiom. Ces demandes, qui reposent sur l'utilisation d'un accélérateur de particules, sont en cours d'instruction et ont fait l'objet de demandes de compléments en 2024.

Il a également été appliqué en 2014 dans le cas des ampoules contenant de très petites quantités de substances radioactives (krypton-85 ou thorium-232) et utilisées principalement pour des applications nécessitant de très hautes intensités lumineuses, comme l'éclairage des lieux publics ou des environnements professionnels, ou encore pour certains véhicules (arrêté du 12 décembre 2014 des ministres chargés de la santé et de la construction, avis n° 2014-AV-0211 de l'ASN du 18 septembre 2014). La dérogation a été renouvelée en 2019 (arrêté du 25 mai 2020 des ministres chargés respectivement de la transition énergétique, des solidarités et de la santé et de l'économie et des finances, avis n° 2019-AV-0340 de l'ASN du 26 septembre 2019).

En 2019, une dérogation pour l'utilisation d'appareils d'analyse neutronique a par ailleurs été accordée pour le Tunnel Euralpin Lyon-Turin (arrêté des ministres chargés respectivement de la santé et de la transition énergétique du 19 août 2019, avis n° 2019-AV-0326 de l'ASN du 21 mai 2019).

A contrario, un refus de dérogation a été prononcé pour l'addition de radionucléides (tritium) dans certaines montres (arrêté du 12 décembre 2014, avis n° 2014-AV-0210 de l'ASN du 18 septembre 2014).

La liste des biens de consommation et des produits de construction concernés par une demande de dérogation en cours ou pour lesquels une dérogation est accordée est publiée sur le site Internet du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN).

2.2.2 L'application du principe de justification pour les activités existantes

La justification des activités existantes doit être périodiquement réévaluée en fonction des connaissances et de l'évolution des techniques, en application du principe décrit au point 2.4.1. Lorsque les activités ne sont plus justifiées au regard du bénéfice apporté ou de l'existence d'autres technologies non ionisantes apportant un bénéfice comparable, elles doivent être retirées du marché. Suivant le contexte technique et économique, notamment lorsqu'une substitution de technologie est nécessaire, une période transitoire pour le retrait définitif du marché peut s'avérer nécessaire.

Les détecteurs de fumée contenant des sources radioactives

Des appareils contenant des sources radioactives étaient utilisés depuis plusieurs décennies pour détecter la fumée dans les bâtiments, dans le cadre de la politique de lutte contre les incendies.

Plusieurs types de radionucléides ont été employés (américium-241, plutonium-238 et radium-226). L'activité des sources utilisées ne dépasse pas 37 kBq pour les plus récentes d'entre elles et la structure de l'appareil empêche, en utilisation normale, toute propagation de substances radioactives dans l'environnement.

De nouvelles technologies non ionisantes ont progressivement été développées pour ce type de détection. Des appareils optiques fournissent désormais une qualité de détection comparable, qui permet de répondre aux exigences réglementaires et normatives de détection d'incendie. L'ASN considère donc que les appareils de détection de fumée utilisant des sources radioactives ne sont plus justifiés et que les détecteurs ioniques de fumée doivent être remplacés.

Le dispositif réglementaire encadrant ce retrait a été mis en place par l'arrêté du 18 novembre 2011 et les deux décisions de l'ASN n° 2011-DC-0252 et n° 2011-DC-0253 du 21 décembre 2011.

Ce dispositif réglementaire visait à :
• planifier sur dix ans les opérations de retrait de quelque 7 millions de détecteurs ioniques de fumée répartis sur environ 300 000 sites ;
• encadrer les opérations de maintenance ou de retrait, qui nécessitent le respect de certaines précautions en matière de radioprotection des travailleurs ;
• prévenir tout démontage incontrôlé et organiser les opérations de reprise afin d'éviter le choix d'une mauvaise filière d'élimination, voire l'abandon des détecteurs ;
• effectuer un suivi du parc de détecteurs.

Dans ce cadre, l'ASN a délivré, au 31 décembre 2024, 415 récépissés de déclaration et 7 autorisations nationales (délivrées à des groupes industriels disposant au total de 74 agences) pour les activités de dépose des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation. Parmi ces sociétés, quatre sont autorisées à effectuer des opérations de démantèlement de détecteurs de fumée à chambre d'ionisation, concrétisant ainsi une filière d'élimination pour les détecteurs existants.

Afin de disposer d'un suivi du parc des détecteurs ioniques, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a mis en place, en 2015, en collaboration avec l'ASN, un système informatique permettant aux professionnels intervenant dans ce champ d'activité (mainteneurs, installateurs ou entreprises de dépose) de télétransmettre des rapports annuels d'activité. Les informations transmises restent toutefois insuffisamment exhaustives pour permettre de dresser un bilan fiable.

Bien que les opérations de retrait aient progressé au cours de ces dernières années, tous les détecteurs ioniques n'ont pas été retirés à l'échéance fixée par l'arrêté du 18 novembre 2011, soit au 5 décembre 2021. On estimait en effet à près d'un million le nombre de détecteurs ioniques encore installés. Depuis 2021, on considère que près de 600 000 détecteurs ont été déposés. Face à ce constat, l'ASN a mené une réflexion, en lien avec les professionnels, sur l'encadrement réglementaire de la détention de tels détecteurs ainsi que sur les opérations de dépose et de démantèlement de ces détecteurs, afin de permettre l'achèvement de la migration de l'ensemble des dispositifs de détection incendie vers la technologie optique, tout en assurant l'élimination des détecteurs ioniques retirés et des sources radioactives qu'ils contiennent dans de bonnes conditions. L'ASN a également poursuivi les échanges avec d'autres acteurs concernés par la problématique du retrait de ces dispositifs, notamment le ministère chargé de la transition énergétique, afin d'étudier les diverses options réglementaires envisageables. Ces réflexions n'ont pas conduit à un nouveau dispositif réglementaire ; pour autant, cela ne remet pas en cause les opérations de dépose et de démantèlement encadrées par des déclarations, enregistrements ou autorisations délivrés par l'ASN, ce qui permet de poursuivre le retrait des détecteurs ioniques, qui reste l'objectif recherché. L'échéance de l'arrêté précité au 5 décembre 2021 a permis d'observer une hausse des opérations de dépose fin 2021. Depuis, les opérations de dépose se poursuivent et le reliquat diminue progressivement.

L'ASN continue d'entretenir des relations étroites avec l'association Qualdion, créée en 2011, qui labellise les établissements respectant la réglementation relative à la radioprotection et celle relative à la sécurité incendie. La liste des entreprises labellisées Qualdion est disponible sur Internet. Elle participe avec elle à des campagnes de communication auprès des détenteurs de détecteurs ioniques et des professionnels (salon Expoprotection, salon des maires, etc.).

Les parasurtenseurs

Les parasurtenseurs (parfois appelés parafoudres), à ne pas confondre avec les paratonnerres, sont de petits objets, très faiblement radioactifs, utilisés pour protéger les lignes téléphoniques des surtensions en cas de foudre. Il s'agit de dispositifs étanches, souvent en verre ou céramique, enfermant un petit volume d'air contenant des radionucléides pour pré-ioniser l'air et ainsi faciliter l'amorçage électrique. L'utilisation de ces objets a progressivement été abandonnée depuis la fin des années 1970, mais le nombre de parasurtenseurs à déposer, collecter et éliminer, reste très important (plusieurs millions d'unités). Ces appareils ne présentent pas, lorsqu'ils sont installés, de risques d'exposition pour les personnes. Un risque très faible d'exposition ou de contamination peut exister si ces objets sont manipulés sans précaution ou s'ils sont détériorés. L'ASN l'a rappelé à l'entreprise Orange (anciennement France Télécom), qui a engagé un processus expérimental de recensement, dépose, tri, entreposage et élimination des parasurtenseurs dans la région Auvergne-Rhône-Alpes et a proposé un plan national de dépose et d'élimination. Ce plan a été présenté à l'ASN et a conduit à la délivrance, en septembre 2015, d'une autorisation encadrant le retrait de l'ensemble des parafoudres contenant des radionucléides présents sur le réseau d'Orange sur le territoire national et leur entreposage dans des sites identifiés. Cette autorisation a été renouvelée en 2021. La recherche d'une filière d'élimination est en cours, en collaboration avec l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Ce plan de retrait mis en œuvre de manière progressive s'est achevé en 2024. La société Réseau de transport d'électricité (RTE) a également déposé une demande d'autorisation afin d'engager un plan de dépose national des parasurtenseurs présents sur son réseau. Une autorisation nationale encadrant ces opérations de retrait des parasurtenseurs et leur entreposage sur des sites définis a été délivrée à la société RTE fin 2022. À l'instar de la société Orange, la recherche d'une filière d'élimination fait l'objet d'un travail avec l'Andra.

Des caractérisations complémentaires vont débuter, visant notamment à déterminer la présence ou non de gaz occlus au sein des parasurtenseurs (gaz qui seraient susceptibles d'être présents depuis la fabrication de certains modèles) afin de déterminer par la suite, les modalités appropriées de traitement de ces dispositifs.

Les paratonnerres

Les paratonnerres radioactifs ont été fabriqués et installés en France entre 1932 et 1986. L'interdiction de la commercialisation des paratonnerres radioactifs a été prononcée en 1987. Le démontage des paratonnerres radioactifs déjà installés n'a pas été rendu obligatoire par cet arrêté. Aussi, hormis dans certaines ICPE (arrêté du 15 janvier 2008 qui fixait une date limite de retrait au 1er janvier 2012) et dans certaines installations relevant du ministère de la Défense (arrêté du 1er octobre 2007 qui fixait une date limite de retrait au 1er janvier 2014), il n'y a pas à ce jour d'obligation de dépose des paratonnerres radioactifs installés sur le territoire français.

L'ASN considère cependant nécessaire le retrait des paratonnerres radioactifs existants et leur prise en charge par l'Andra, compte tenu des risques qu'ils peuvent présenter, notamment en fonction de leur état physique. Elle sensibilise depuis plusieurs années les professionnels aux enjeux de radioprotection des travailleurs et du public. L'ASN a renforcé cette action en rappelant aux professionnels concernés leurs obligations, notamment celle de disposer d'une autorisation ou d'un enregistrement de l'ASN pour l'activité de dépose et d'entreposage des paratonnerres, en application des articles L. 1333-1 et 2,

L. 1333-8 et R. 1333-104 du code de la santé publique. Des actions de contrôle sur le terrain des sociétés impliquées dans la reprise de ces objets sont menées par l'ASN, et ont été renforcées par des inspections inopinées sur les chantiers de dépose.

Le nombre de paratonnerres radioactifs installés en France a été estimé dans les années 1990 à environ 40 000. Un peu plus de 12 000 ont déjà fait l'objet d'une dépose puis d'une reprise effectuée par l'Andra. Le rythme annuel de dépose est d'environ 200 paratonnerres radioactifs.

2.3 Les évolutions réglementaires

2.3.1 Le renforcement de la réglementation des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants

L'ASN considère que les fournisseurs d'appareils électriques émettant des rayonnements ionisants font l'objet d'un encadrement réglementaire encore insuffisant, alors que la mise sur le marché d'appareils revêt une importance première pour l'optimisation de l'exposition ultérieure des utilisateurs. Les travaux menés par l'ASN dans ce domaine, et pour l'instant orientés vers l'utilisation de ces appareils, notamment en enceintes, ont conduit à la publication de la décision n° 2017-DC-0591 du 13 juin 2017 fixant les règles techniques minimales de conception auxquelles doivent répondre les installations dans lesquelles sont utilisés des rayonnements X.

Cette décision est entrée en vigueur le 1er octobre 2017. Elle a remplacé la décision n° 2013-DC-0349 de l'ASN du 4 juin 2013 sans créer d'exigence supplémentaire pour les installations déjà conformes. Elle concerne des installations du domaine industriel et scientifique (recherche) comme la radiographie industrielle en casemate par rayonnements X ou la radiologie vétérinaire. Elle prend en compte le retour d'expérience et fixe les objectifs à atteindre en matière de radioprotection en retenant une approche graduée au regard des risques.

L'ASN estime que ces dispositions, exclusivement liées à la mise en œuvre des appareils, doivent être complétées par des dispositions relatives à leur conception même.

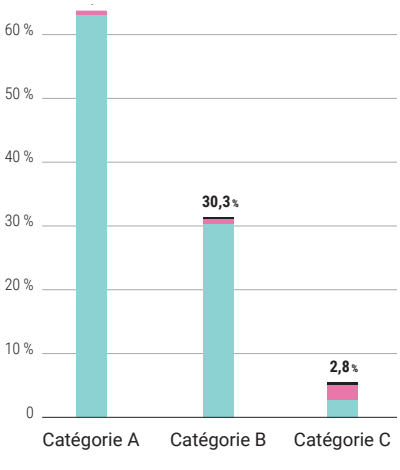
En effet, il n'existe pas, pour les appareils électriques utilisés à des fins non médicales, d'équivalent au marquage « CE » obligatoire pour les dispositifs médicaux, attestant de la conformité à plusieurs normes européennes qui couvrent divers aspects, dont la radioprotection. Par ailleurs, le retour d'expérience montre qu'un certain nombre d'appareils ne disposent toujours pas d'un certificat de conformité aux normes applicables en France. Ces normes sont obligatoires depuis de nombreuses années, mais certaines de leurs exigences sont devenues en partie obsolètes ou inapplicables du fait de l'absence de révisions récentes.

Sur la base des travaux réalisés en collaboration avec le Laboratoire central des industries électriques (LCIE), le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et l'IRSN, des premiers projets visant à définir les exigences minimales de radioprotection pour la conception de ces appareils ont été élaborés et une consultation technique informelle des parties prenantes (fournisseurs, fabricants français et étrangers, principaux utilisateurs) a été conduite dès 2015. L'analyse des différentes contributions a été menée, avec l'appui de l'IRSN et des différents acteurs de référence (CEA et LCIE). Les conclusions de ces travaux seront prises en compte afin d'adapter le cadre réglementaire et de soumettre à autorisation la distribution des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants, au même titre que celle des sources radioactives. Ainsi depuis 2021, l'ASN mène les travaux visant à caractériser les avantages et inconvénients et la faisabilité de diverses dispositions réglementaires permettant d'encadrer, sur la base de référentiels techniques adaptés (travaux notamment conduits avec l'IRSN), la conception des appareils de radiologie industrielle. Les discussions avec la Direction générale du travail (DGT) sur les différentes options possibles se poursuivent et mettent en évidence la nécessité de renforcer leur articulation avec le cadre européen existant.

2.3.2 La protection des sources de rayonnements ionisants contre les actes de malveillance

Si les mesures de sûreté et de radioprotection prévues par la réglementation permettent de garantir un certain niveau de protection des sources de rayonnements ionisants face au risque d'actes malveillants, elles ne peuvent être considérées comme suffisantes. Un renforcement du contrôle de la protection contre les actes de malveillance utilisant des sources radioactives scellées a donc été encouragé par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), qui a publié dans ce domaine un code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives, approuvé en 2003, complété en 2012 par deux guides d'application relatifs à la sécurité des sources radioactives et à celle des transports de matières radioactives. Dès 2004, la France confirmait à l'AIEA qu'elle travaillait à l'application des orientations énoncées dans ce code de conduite.

GRAPHIQUE 5 **Répartition des sources scellées de haute activité, selon leur catégorie et selon leur autorité de contrôle en matière de protection contre la malveillance**



Les sources de catégorie A du code de la santé publique sont les sources de catégorie 1 AIEA.

Les sources de catégorie B du code de la santé publique sont :
- les sources de catégorie 2 AIEA ;
- les sources de catégorie 3 AIEA contenues dans un dispositif mobile ou portable.

Les sources de catégorie C du code de la santé publique sont les sources de catégorie 3 AIEA non contenues dans un dispositif mobile ou portable.

Catégorisation des sources radioactives

Les sources radioactives ont été classées dès 2011 par l'AIEA, sur la base de scénarios d'exposition définis, en cinq catégories, de 1 à 5, en fonction de leur capacité à créer des effets néfastes précoces sur la santé humaine si elles ne sont pas gérées d'une manière sûre et sécurisée. Les sources de la catégorie 1 sont considérées comme extrêmement dangereuses et celles de la catégorie 5 comme très peu susceptibles d'être dangereuses. Les sources de catégorie 1 à 3 sont considérées, à des degrés divers, comme dangereuses pour les personnes.

Cette catégorisation se fonde uniquement sur la capacité des sources à créer des effets déterministes dans certains scénarios d'exposition et ne doit donc en aucun cas être considérée comme la justification d'une absence de danger pour une exposition à une source de catégorie 4 ou 5, une telle exposition pouvant être à l'origine d'effets stochastiques à plus long terme. Dans tous les cas, les principes de justification et d'optimisation (*voir point 2.4.1*) doivent donc être respectés. Ces travaux de l'AIEA ont été repris en annexe au code de la santé publique modifié par le décret n° 2018-434 portant diverses dispositions en matière nucléaire. Toutefois, les catégories 4 et 5 de l'AIEA ont été regroupées dans la catégorie D de ce code.

L'organisation retenue pour le contrôle de la protection contre les actes de malveillance

La maîtrise des risques en matière de radioprotection, de sûreté et de lutte contre la malveillance présente de nombreuses interfaces. En général, les homologues de l'ASN à l'étranger sont chargés de contrôler ces trois domaines (*voir tableau 2 du chapitre 2*).

En France, la protection contre les actes de malveillance des matières nucléaires, notamment celles mises en œuvre dans certaines installations dites «d'importance vitale», car concourant à des productions ou services indispensables à l'exercice du fonctionnement de la nation, est pilotée par un service placé sous l'autorité du Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du ministère chargé de l'énergie.

Aussi, depuis début 2016, les évolutions réglementaires adoptées ont conduit à une organisation du contrôle de la protection des sources de rayonnements ionisants contre les actes de malveillance qui tient compte de l'organisation préexistante, en confiant ce contrôle :

- au service du HFDS du ministère chargé de l'énergie dans les installations dont la sécurité relève déjà de son contrôle ;
- au ministre des Armées dans les emprises placées sous son autorité ;
- à l'ASN pour les autres activités nucléaires.

Le processus nécessaire à la mise en place de ce contrôle, engagé en 2008 par le Gouvernement avec le concours de l'ASN, a abouti à l'ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016 puis au décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire. Ces textes, qui ont modifié le code de la santé publique, répartissent les compétences de contrôle dans les diverses installations comme indiqué ci-dessus, et incluent la protection contre les actes de malveillance dans les enjeux dont doivent tenir compte les RAN et les services instructeurs des demandes d'autorisation.

Les sources et installations concernées

Le contrôle de la protection des sources contre les actes de malveillance porte sur l'ensemble des sources de rayonnements ionisants, c'est-à-dire l'ensemble des dispositifs susceptibles de provoquer une exposition. La majorité des dispositions réglementaires sont cependant prises pour renforcer la sécurité des sources présentant les plus forts enjeux radiologiques : il s'agit des sources radioactives scellées de catégorie A, B ou C, au sens de la catégorisation retenue par le code de la santé publique, directement issue de celle de l'AIEA. Les exigences de protection sont proportionnées à la dangerosité intrinsèque des sources. L'approche graduée veut donc que les obligations soient plus fortes pour les sources (ou lots de sources) de catégorie A que pour celles de catégorie C. Les sources scellées ne relevant pas des catégories A, B et C et dont l'activité est supérieure au seuil d'exemption et les autres sources de rayonnements ionisants, les générateurs de rayons X par exemple, sont classées en catégorie D.

On dénombre, chez les utilisateurs du secteur civil, un peu moins de 6 200 sources radioactives de catégorie A, B ou C présentant de réels enjeux en matière de sécurité, réparties dans 270 installations en France. Ces sources sont détenues essentiellement à des fins industrielles (irradiation, radiographie, mesures, etc.), ou médicales (télégammathérapie, curiethérapie notamment). Du fait de leurs déplacements fréquents sur chantier, l'utilisation des sources de radiographie industrielle présente des enjeux particuliers.

En raison de leur regroupement lors des périodes d'entreposage, des sources d'une catégorie peuvent, ensemble, relever d'une catégorie supérieure et donc faire l'objet de dispositions communes de protection renforcées.

La réglementation

Le décret modifiant la partie réglementaire du code de la santé publique pris en application de l'ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016 (décret n° 2018-434 portant diverses dispositions en matière

Transferts internationaux de sources radioactives : la procédure du consentement préalable

Garantir la maîtrise des sources radioactives scellées et les protéger contre un acte de malveillance pendant leur importation ou leur exportation reste une question cruciale. L'AIEA a publié un document intitulé Orientations pour l'importation et l'exportation de sources radioactives, visant à proposer à ses membres un cadre international cohérent. Ce cadre n'est pas prescriptif, mais a vocation à être pris en compte par les États membres de l'AIEA dans leur réglementation. Il vise à assurer un contrôle réglementaire le plus homogène possible tout au long du transfert de ces sources entre les pays d'origine et de destination.

Ces orientations sont complémentaires à celles du code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives de l'AIEA. À ce jour, 135 pays, dont la France, se sont engagés à reprendre ces principes dans leur réglementation.

Les orientations sur l'importation et l'exportation de sources radioactives ont vu le jour en 2005, deux ans après l'adoption du code de conduite. La version actuelle, mise à jour en 2012, se concentre principalement sur les sources radioactives de catégorie 1 et 2 (les plus dangereuses), largement utilisées dans les domaines médicaux et industriels. Assurer le maintien sous contrôle lors de l'importation ou de l'exportation de ces sources est impératif vu leur niveau élevé de radioactivité, posant ainsi un risque en cas d'exposition involontaire aux rayonnements ou d'utilisation illégale ou non autorisée.

Ces préconisations recommandent notamment l'obtention du consentement de l'État importateur (*consent* en anglais) avant que l'exportation de sources de catégorie 1 ne soit permise, et l'envoi par l'entreprise exportatrice d'une notification à l'État importateur sept jours avant la date prévue d'expédition (pour les sources de catégories 1 ou 2).

L'objectif est de pouvoir connaître les arrivées et les départs sur le territoire national des sources ou lots de sources de catégories 1 ou 2, afin d'avoir une réponse rapide en cas d'acte ou tentative d'acte de malveillance ou de situation de crise (accident, événement climatique, etc.).

La décision n°2015-DC-0521 de l'ASN du 8 septembre 2015 (*voir encadré page 264*) a fixé dans le droit français ces principes. Des formulaires ont été rédigés et des «points de contact», préconisés dans les orientations de l'AIEA, ont été désignés afin de fluidifier les échanges internationaux d'informations.

Les demandes de consentement impliquant la France proviennent principalement de trois pays : les États-Unis, le Canada et le Royaume-Uni. Le nombre de consentements à l'importation est d'un peu moins de dix par an, celui à l'exportation d'environ la moitié.

En 2024, l'ASN a participé au séminaire organisé par l'AIEA à Vienne rassemblant 219 participants issus de 120 pays, à l'occasion du vingtième anniversaire de l'adoption des orientations internationales pour l'importation et l'exportation des sources radioactives.

L'objectif était d'échanger sur les modalités réglementaires adoptées (sur la base des préconisations de l'AIEA) dans chacun des pays, de promouvoir les meilleures pratiques et d'évoquer les difficultés rencontrées lors des demandes de mouvements de sources radioactives entre pays.

La nécessité de continuer à améliorer la transparence et la communication entre les États membres de l'AIEA pour faciliter les processus de consentement lors de ces mouvements y a été soulignée.

L'ASN y a fait en particulier une présentation soulignant l'importance de la précision des informations échangées entre pays et fournies par les demandeurs.

Les discussions ont confirmé par ailleurs le besoin de formation du personnel impliqué et les difficultés régulièrement rencontrées lors de ces opérations. Par exemple, comment agir si le pays exportateur ne reconnaît pas les orientations de l'AIEA ou lorsque le pays importateur tarde à fournir les informations requises ? Ce type de questions a été au cœur des discussions, montrant la volonté commune de trouver des solutions permettant de fluidifier les échanges et de garantir des transferts internationaux de sources sûrs.

nucléaire) a été publié le 4 juin 2018. Il comporte plusieurs dispositions portant sur la protection des sources contre les actes de malveillance, notamment :
• la classification en catégorie A, B, C ou D des sources de rayonnements ionisants et lots de sources radioactives en fonction du niveau intrinsèque de risques que présentent ces sources ou lots de source. Les sources de catégorie A sont les plus dangereuses, et les sources de catégorie D les moins dangereuses (article R. 1333-14 du code de la santé publique) ;
• l'obligation de déclaration sans délai à différentes autorités administratives, notamment les forces de l'ordre territorialement compétentes, de tout acte de malveillance, tentative d'acte de malveillance ou perte portant sur une source de rayonnements ionisants ou lot de sources radioactives de catégorie A, B ou C (R. 1333-22) ;
• la transmission, sous pli séparé spécialement identifié, des informations sensibles, c'est-à-dire les éléments de nature à faciliter des actes de malveillance (R. 1333-130) ;
• la délivrance d'une autorisation nominative et écrite aux personnes ayant accès aux sources de rayonnements ionisants ou lots de sources radioactives de catégorie A, B ou C, procédant à leur convoyage ou accédant aux informations portant sur leur protection contre les actes de malveillance (R. 1333-148).

Par la suite, l'arrêté ministériel fixant les prescriptions organisationnelles et techniques pour protéger les sources de rayonnements ionisants (ou les lots de sources radioactives) contre les actes de malveillance a été signé le 29 novembre 2019 et publié au *Journal Officiel* le 11 décembre 2019. Ses dispositions ont connu une entrée en vigueur progressive jusqu'à la fin de l'année 2022. Elles sont aujourd'hui toutes applicables.

L'arrêté du 29 novembre 2019 modifié s'applique également aux transports de sources de catégorie A, B ou C unitaires ou en lots.

Les principales prescriptions de cet arrêté visent, en retenant une approche graduée basée sur les catégories A, B, C (et D pour deux articles), à la mise en place par l'exploitant de dispositifs matériels, ainsi que d'une politique et d'une organisation interne, permettant d'assurer la protection des sources contre les actes de malveillance. Ces dispositions techniques et organisationnelles sont destinées à :
• limiter ou retarder le vol par des mesures de contrôle d'accès, de renforcement des barrières physiques y compris au niveau des ouvertures (portes, fenêtres, etc.), d'alarme et de détection au franchissement ;
• protéger les informations sensibles (accès limité aux personnes dûment autorisées, promotion des bonnes pratiques informatiques) ;
• détecter au plus tôt un acte ou une tentative d'acte de malveillance (notamment un vol) ;
• intervenir ou alerter les pouvoirs publics en ayant au préalable préparé leur intervention ;
• sensibiliser, informer, former régulièrement le personnel à la question ;
• vérifier périodiquement l'efficacité des matériels et organiser des exercices.

Pour d'évidentes raisons de restriction d'accès à l'information, certaines dispositions de cet arrêté, détaillées dans ses annexes, n'ont pas été publiées au *Journal Officiel*. Dans son champ de compétence, l'ASN a donc transmis, par des courriers individualisés, les annexes pertinentes à l'ensemble des RAN concernés.

L'ASN a également accompagné la parution de l'arrêté par des interventions en régions entre 2020 et 2022 lors de manifestations professionnelles ou de réunions *ad hoc* avec des professionnels concernés.

Pour aider à la prise en charge de cet arrêté qui ouvrait un nouveau champ réglementaire que les RAN connaissaient peu, deux documents importants ont également été élaborés :
• un guide conjoint ASN/Service du Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité (SHFDS) afin d'avoir une compréhension commune aux professionnels et inspecteurs, des exigences de l'arrêté ;
• un guide de l'évaluation de la résistance à l'effraction des ouvrants : portes, volets, fenêtres, etc. De nos jours, des référentiels professionnels et des normes traitant de la protection contre la malveillance permettent de traiter techniquement cet aspect de façon satisfaisante. Toutefois, la majorité des installations concernées ont été construites à une époque où la question de la malveillance était peu prise en compte. Sur la base de travaux de l'IRSN qui dispose d'un bureau spécialisé dans la protection physique des installations, un guide attribuant un nombre de points aux vantaux, serrures et paumelles d'un ouvrant, permet de lui affecter une note globale et de conclure quant à sa conformité aux exigences des annexes de l'arrêté.

Les formulaires de demande d'autorisation d'exercer une activité nucléaire ont par ailleurs été adaptés et pour les sources ou lots de catégorie A, B ou C deux formulaires dédiés ont été créés.

Groupe de réflexion international sur les technologies alternatives

Les sources radioactives présentent, pour leurs utilisateurs comme pour le public et l'environnement, des risques de radioprotection et de sécurité qui doivent être pris en compte dès la phase de réflexion préalable à la mise en œuvre d'une activité nucléaire. Ainsi, en France, lorsque des technologies présentant des enjeux moindres qu'une activité nucléaire sont disponibles dans des conditions techniquement et économiquement acceptables, elles doivent être mises en œuvre en lieu et place de l'activité nucléaire initialement envisagée : c'est le principe de justification.

Sur cette base, la France, dès 2014, puis à l'occasion du Sommet mondial sur la sécurité nucléaire à Washington en avril 2016, a été à l'origine d'un engagement international désormais soutenu par 31 États et par Interpol. L'objet est de conforter la recherche et le développement de technologies n'utilisant pas de sources radioactives scellées de haute activité et de promouvoir leur mise en œuvre.

Dans ce cadre, depuis avril 2015, l'ASN est à l'origine, avec la *National Nuclear Security Administration* (NNSA – États-Unis), de la création d'un groupe de réflexion informel impliquant plusieurs États sur le thème de la substitution des sources radioactives de haute activité par des technologies alternatives. L'ambition de ce groupe, qui se réunit annuellement, est de favoriser la prise de conscience de l'intérêt de telles alternatives et de partager le retour d'expérience de chaque État en la matière.

En décembre 2018, lors de la Conférence internationale sur la sécurité nucléaire organisée par l'AIEA, plusieurs présentations et deux tables rondes ont abordé le sujet des technologies alternatives et rappelé la pertinence de ce groupe de réflexion.

La réunion de 2024 de ce groupe, tout comme celle de 2023, s'est tenue au format virtuel sur trois jours et a rassemblé 150 participants (experts représentant des gouvernements, des organisations internationales, des entreprises privées et des institutions de recherche).

Les discussions ont porté sur les applications innovantes des technologies alternatives en dehors de leurs usages dans le secteur médical, marquant ainsi une rupture avec les thèmes des années précédentes. Il a notamment été noté la réalisation de progrès significatifs dans le développement des techniques *e-beam* compactes qui consiste à exposer des produits à décontaminer à un faisceau d'électrons accélérés permettant de détruire certains micro-organismes. Cette technologie sans source radioactive présente de nombreuses applications, allant notamment de la stérilisation à la dépollution des eaux et des effluents en passant par la réduction de la charge microbienne des aliments.

Ces réunions régulières permettent de mettre en évidence tant des initiatives réussies de mise en œuvre de technologies alternatives, que des difficultés dans le développement ou la mise en œuvre de ces technologies, qui devront faire l'objet de travaux complémentaires.

Enfin, pour compléter l'information des professionnels, une plaquette destinée aux RAN ne disposant que de sources de catégorie D (pour lesquelles le nombre d'obligations réglementaires est limité) est également disponible sur *asn.fr*.

2.4 Les autorisations, enregistrements et déclarations des sources de rayonnements ionisants utilisées à des fins industrielles, de recherche ou vétérinaires

2.4.1 La prise en compte des principes de radioprotection dans la réglementation des activités non médicales

En matière de radioprotection, l'ASN veille à l'application des trois grands principes de la radioprotection inscrits dans le code de la santé publique (article L. 1333-2) : la justification, l'optimisation des expositions et la limitation des doses.

L'évaluation du bénéfice attendu d'une activité nucléaire et du détriment sanitaire associé peut conduire à interdire une activité pour laquelle le bénéfice apparaît insuffisant au regard du risque. Soit l'interdiction est prononcée de façon générique, soit l'autorisation requise au titre de la radioprotection n'est pas délivrée ou reconduite. Pour les activités existantes, les éléments de justification sont consignés par écrit par le responsable de l'activité nucléaire (RAN), mis à jour tous les cinq ans et en cas de modification notable des connaissances ou des techniques disponibles.

L'optimisation est une notion qui doit être appréciée en fonction du contexte technique et économique et elle nécessite une forte implication des professionnels. L'ASN considère en particulier que les fournisseurs d'appareils sont au cœur de la démarche d'optimisation (*voir point 4*). En effet, ils sont responsables de la mise sur le marché des appareils et doivent donc concevoir ceux-ci de façon à assurer une exposition minimale des futurs utilisateurs. L'ASN contrôle également l'application du principe d'optimisation dans le cadre de l'instruction des dossiers d'autorisation, des inspections qu'elle réalise et lors de l'analyse des différents événements significatifs qui lui sont déclarés.

2.4.2 Les régimes d'autorisation, d'enregistrement et de déclaration

Les demandes relatives à la détention et à l'utilisation de rayonnements ionisants sont instruites par les divisions territoriales de l'ASN, alors que celles relatives à la fabrication et à la distribution de sources ou d'appareils en contenant sont instruites à l'échelon central de l'ASN, par la Direction du transport et des sources (DTS). L'entrée en vigueur le 1er juillet 2018 du décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire a introduit un troisième régime administratif intermédiaire entre les régimes de la déclaration et de l'autorisation : il s'agit du régime de l'autorisation simplifiée, dit « régime d'enregistrement ».

L'ASN a préparé une nomenclature de répartition des différentes catégories d'activités nucléaires dans ces trois régimes, dont la mise en œuvre a commencé au 1er janvier 2019, avec l'entrée en vigueur de la décision permettant l'extension du régime déclaratif à de nouvelles activités nucléaires jusqu'alors soumises à autorisation et s'est poursuivie le 1er juillet 2021 par l'entrée en vigueur de la décision relative au régime d'enregistrement.

Le régime d'autorisation

Les activités du nucléaire de proximité du secteur industriel se distinguent par leur grande hétérogénéité et par le nombre important d'exploitants concernés. Le régime de l'autorisation est le régime destiné à encadrer les activités nucléaires présentant les enjeux de radioprotection les plus importants, pour lesquels l'ASN vérifie, lors de l'instruction du dossier de demande, que les risques ont bien été identifiés par le demandeur et que les barrières prévues, destinées à en limiter les effets, sont appropriées. Dans le cadre de cette démarche, des formulaires de demande d'autorisation adaptés à chaque activité sont disponibles sur *asn.fr*.

Ces documents sont conçus pour que les demandes d'autorisation soient formulées par le représentant d'une personne morale, même si la possibilité de demander une autorisation en tant que personne physique reste ouverte. Les formulaires précisent la liste des documents qui doivent être joints à la demande. L'ensemble des autres documents listés en annexe à la décision n° 2010-DC-0192 de l'ASN du 22 juillet 2010 doit être en possession du demandeur et conservé à la disposition des inspecteurs en cas de contrôle. À l'issue de l'instruction et sous réserve que les dispositions décrites par le demandeur soient satisfaisantes, une décision d'autorisation à durée limitée (généralement cinq ans) est délivrée pour l'exercice de l'activité nucléaire.

Dans le cadre du renforcement de la mise en place d'une approche graduée du contrôle des activités nucléaires relevant du code de la santé publique, l'ASN a poursuivi la révision de la décision précitée. Une première étape aboutira tout début 2025, avec la mise en ligne du nouveau formulaire de demande d'autorisation de détention et d'utilisation de sources radioactives scellées. Cette démarche vient parachever le travail débuté dès 2018, qui a déjà conduit à la révision du régime déclaratif et à la mise en place du régime d'enregistrement.

Le régime déclaratif

Dans le cadre de la refonte du classement des différentes activités nucléaires dans les trois régimes administratifs introduit par le décret du 4 juin 2018 susvisé, l'ASN a souhaité mettre en œuvre une approche plus graduée et proportionnée aux enjeux.

Ses premiers travaux ont porté sur le régime de déclaration. La déclaration est une procédure simple, qui ne nécessite aucune transmission de documents justificatifs. Elle est particulièrement adaptée aux activités nucléaires présentant les

Le suivi des sources radioactives

Le code de la santé publique prévoit, dans ses articles R. 1333-154, 156 et 157, l'enregistrement préalable par l'IRSN des mouvements de radionucléides sous forme de sources radioactives et, dans son article R. 1333-158, le suivi de ces radionucléides.

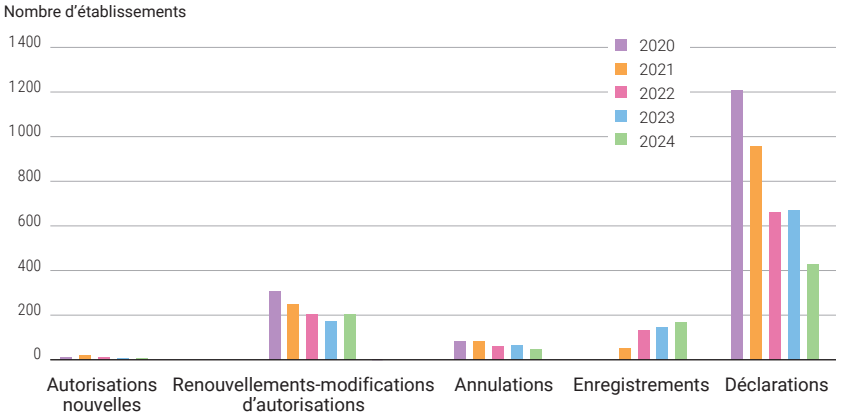
La décision n° 2015-DC-0521 de l'ASN du 8 septembre 2015 relative au suivi et aux modalités d'enregistrement des radionucléides sous forme de sources radioactives et de produits ou dispositifs en contenant précise les modalités d'enregistrement des mouvements et les règles de suivi de radionucléides sous forme de sources radioactives.

Cette décision, applicable depuis le 1er janvier 2016, a pris en compte le fonctionnement existant et l'a complété notamment sur les points suivants, en :

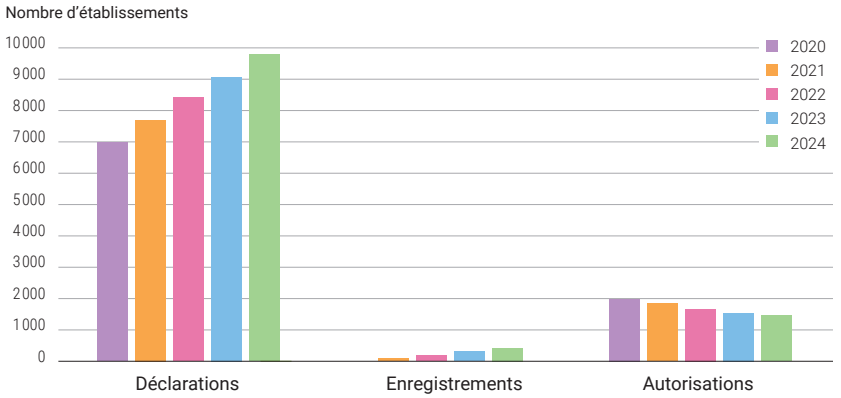
- graduant les actions de contrôle sur les sources en fonction de la dangerosité de celles-ci ;
- confirmant l'absence d'enregistrement pour les sources d'activité inférieure aux seuils d'exemption ;
- imposant des délais entre l'enregistrement des mouvements de sources et le mouvement lui-même ;
- imposant que chaque source soit accompagnée d'un document appelé « certificat de source » mentionnant toutes ses caractéristiques et qui doit être transmis à l'IRSN dans les deux mois suivant la réception de la source.

Depuis le 1er janvier 2025, les missions de l'ASN et de l'IRSN sont reprises par l'ASNR.

GRAPHIQUE 6 **Autorisations, enregistrements et déclarations « utilisateur » de sources radioactives délivrés chaque année**



GRAPHIQUE 7 **Autorisations, enregistrements et déclarations « utilisateur » de générateurs électriques de rayonnements ionisants en vigueur au cours des 5 dernières années**



risques les plus faibles pour les personnes et l'environnement.

Le responsable d'une activité du secteur industriel, de recherche ou vétérinaire, relevant du régime de déclaration a, depuis avril 2018, la possibilité d'effectuer cette démarche de manière dématérialisée sur le portail Téléservices de l'ASN.

Par la décision n° 2018-DC-0649 du 18 octobre 2018 modifiée, homologuée le 21 novembre 2018, l'ASN a étendu le champ des activités soumises à déclaration. L'extension au régime déclaratif a concerné à ce jour environ 8 000 dossiers jusqu'alors soumis au régime de l'autorisation.

Le nouveau régime d'enregistrement (autorisation simplifiée)

Le nouveau régime d'enregistrement est entré en vigueur le 1er juillet 2021, après homologation le 4 mars 2021 de la décision n° 2021-DC-0703 de l'ASN du 4 février 2021. Cette décision encadre les activités nucléaires des domaines de l'industrie, de la recherche et des applications vétérinaires, les activités nucléaires à finalité médicale relevant de ce régime étant encadrées par une autre décision (*voir chapitre 7*). Ce régime s'applique à certaines sources de rayonnements ionisants, qu'elles soient sous forme de sources radioactives scellées ou non scellées et d'appareils électriques émettant des rayonnements X, dont les risques et inconvénients générés par leur détention ou leur utilisation peuvent être prévenus par le respect des prescriptions générales spécifiques que la décision fixe. La décision définit donc, outre les activités nucléaires concernées, le contenu du dossier de demande relatif à l'autorisation simplifiée, ainsi que les conditions d'exercice (prescriptions générales spécifiques) de l'activité nucléaire que devront respecter les exploitants.

Son entrée en vigueur marque la deuxième étape, après celle de l'extension du régime déclaratif, de la mise en place effective de la réforme du contrôle du nucléaire de proximité visant à mieux concrétiser une approche graduée des risques. En effet, la décision implique des allègements notables des démarches administratives par rapport à celles imposées aux activités nucléaires soumises à autorisation : un dossier de demande dont le contenu est simplifié (tant en matière d'informations à renseigner que de pièces justificatives à fournir), des durées d'enregistrement de dix ans par défaut (voire, pour certaines activités nucléaires, par défaut illimitées), la possibilité de réaliser sa demande d'enregistrement sur le service de télé-enregistrement qui est disponible sur *asn.fr*, des délais d'instruction réduits à au plus six mois, l'absence de réponse à l'issue des six mois valant de fait enregistrement de l'activité nucléaire objet de la demande.

L'entrée en vigueur du régime d'enregistrement devrait concerner à terme entre 1 200 à 2 000 exploitants des domaines de l'industrie, de la recherche et des applications vétérinaires jusqu'alors soumis au régime de l'autorisation. Il ne sera en revanche possible de quantifier précisément ce nombre qu'à l'échéance d'une période de cinq ans (1er juillet 2026). En effet, conformément au principe des bénéfices acquis, les autorisations délivrées avant le 1er juillet 2021 tiendront lieu d'enregistrement jusqu'au terme de la décision d'autorisation, sous condition qu'il ne soit procédé dans l'intervalle à aucune modification de l'activité nucléaire exercée.

2.4.3 Les statistiques de l'année 2024

Les fournisseurs

Compte tenu du rôle fondamental des fournisseurs de sources radioactives, ou d'appareils en contenant, pour la radioprotection des futurs utilisateurs (*voir point 2.4.1*), l'ASN exerce un contrôle renforcé dans ce domaine. Au cours de l'année 2024, 126 demandes d'autorisation de distribution de sources radioactives ou de renouvellements d'autorisation ont été instruites par l'ASN et 35 inspections ont été réalisées (toutes sources de rayonnements ionisants confondues).

Les utilisateurs

Le cas des sources radioactives

En 2024, l'ASN a instruit et notifié 6 autorisations nouvelles, 202 renouvellements ou mises à jour, 46 annulations d'autorisation et délivré 166 décisions d'enregistrement. L'ASN a également délivré, en 2024, 426 récépissés de déclaration pour les sources radioactives scellées. Le graphique 6 (*voir ci-dessus*) présente les actes réglementaires délivrés par l'ASN pour les sources radioactives en 2024 et leur évolution sur les cinq dernières années. L'entrée en vigueur de la décision n° 2018-DC-0649 du 18 octobre 2018 modifiée (*voir point 2.4.2*) est la raison principale de la baisse importante du nombre d'autorisations délivrées, compte tenu de leur transfert vers d'autres régimes plus souples, et illustre la mise en application concrète de l'approche graduée du contrôle.

Cette baisse s'accentuera dans les exercices futurs, le nouveau régime d'enregistrement (*voir point 2.4.2*) applicable depuis le 1er juillet 2021 prenant progressivement de l'ampleur.

Retour sur les contrôles liés à la protection des sources de rayonnements ionisants contre les actes de malveillance

Depuis 2019, l'ASN contrôle la réglementation relative à la protection des sources contre la malveillance lors de ses inspections dans les établissements détenant des sources radioactives scellées de catégorie A, B ou C, unitaires ou en lots. Des indicateurs suivis au niveau national ont été mis en place.

Ce suivi s'est adapté à l'entrée en vigueur progressive des exigences de l'arrêté du 29 novembre 2019 modifié ; le nombre d'indicateurs a donc évolué en fonction de l'entrée en vigueur de ces différentes exigences.

Au total, le nombre de points de contrôle est au plus de 10, en fonction de l'activité : les dispositifs techniques sont plus nombreux pour les sources ou lots de catégorie A ou B que pour ceux de catégorie C.

De plus, certains points de contrôle portent sur les véhicules de transport que les RAN dans le secteur médical ne possèdent pas, préférant sous-traiter cette fonction transport à leurs fournisseurs de sources. Dans le secteur industriel, il arrive que le véhicule ne soit pas disponible le jour de l'inspection ou que le transport soit également sous-traité.

• Parmi l'ensemble des points de contrôle, quatre d'entre eux portent sur des questionnements issus d'obligations figurant dans les annexes non publiées de l'arrêté du 29 novembre 2019 modifié. S'agissant d'informations sensibles, ils ne peuvent donc faire l'objet d'une publication.

• Les évolutions indiquées dans le secteur médical doivent être considérées avec précaution puisque le nombre de contrôles dédiés à la malveillance y est relativement réduit.

• Les chiffres comparent les valeurs des années 2020 à 2023 à celles relevées en 2024. Les chiffres de 2019, anciens, ne sont plus pris en compte. Certains points de contrôle ont cependant été mis en place après 2020, car ils portent sur des dispositions qui ne sont entrées en application qu'en 2021 ou 2022. Les constats 2024 sont alors comparés à la moyenne des années 2021 à 2023 pour les indicateurs 3 et 4 et 2022 à 2023 pour les indicateurs 5 et 6.

1. Classification des sources ou lots de sources radioactives

En 2024, près de 90 % des contrôles réalisés dans les établissements industriels n'appellent pas de commentaire sur ce point. Ce bon résultat est sensiblement le même que le constat sur les quatre années précédentes, années qui ont connu une progression continue de conformité.

Pour les établissements médicaux contrôlés en 2024, la conformité est identique à celle des établissements industriels. Elle est également identique au résultat des années précédentes.

Cet indicateur est celui qui atteint le plus haut score de conformité et le nombre de sites qui n'a pas encore procédé à cette classification est donc très faible. Le fait pour certains sites de ne pas disposer de classification engendre nécessairement des non-conformités, car c'est elle qui permet de déployer les dispositifs techniques du plan de protection contre la malveillance à mettre en œuvre depuis le 1er juillet 2022.

2. Autorisations nominatives

Elles sont délivrées par le RAN afin de permettre l'accès aux sources, leur convoyage ou l'accès aux informations relatives aux moyens ou mesures les protégeant.

Dans les établissements industriels contrôlés en 2024, la moitié des autorisations délivrées n'appelle pas d'observation. C'est un résultat comparable aux valeurs relevées sur les quatre années précédentes.

Dans le médical, un niveau similaire a pu être constaté alors que ce point apparaît *a priori* plus difficile à respecter au regard du nombre d'agents concernés et de la nature même des établissements dont la fonction est d'accueillir du public.

Il est également à noter que le nombre de situations critiques (aucune autorisation délivrée) a encore été rencontré dans cinq établissements, tous du secteur industriel. En conclusion, le secteur industriel doit progresser pour respecter cette disposition.

3. Politique de protection contre la malveillance

Cet indicateur permet d'appréhender l'implication de la direction dans le changement nécessaire à l'acquisition d'une culture de sécurité par l'ensemble du personnel, y compris en matière de cybersécurité, ce qui est par nature un processus long. Une telle déclaration signée par la direction n'est pas suffisante en soi, mais doit permettre d'initier un processus d'acculturation pour sensibiliser tout le personnel à la question de la malveillance.

Dans le secteur industriel, plus des deux tiers des sites permettent de conclure à un respect de ce point. C'est une forte progression en comparaison des trois dernières années.

Dans le secteur médical, seul un établissement sur deux a été considéré comme respectant correctement cette disposition. Une légère amélioration est cependant notée.

4. Identification et maîtrise des informations sensibles

En 2024, un peu plus de la moitié des établissements industriels contrôlés disposait d'une procédure sur la question n'appelant pas de remarque et qui était correctement appliquée. Ce niveau s'est légèrement amélioré par rapport à celui constaté sur les trois dernières années. Toutefois, dans presque une inspection sur cinq en 2024, cette question n'est pas abordée dans l'entreprise.

Le secteur médical atteint un niveau de conformité similaire. C'est une amélioration par rapport au constat des quatre années précédentes et particulièrement par rapport à la situation relevée en 2023.

5. Principe des barrières

Ce point de contrôle porte sur l'identification des barrières à protéger par le responsable du site. Sans avoir fait ce choix, le RAN ne peut réaliser les éventuels renforcements nécessaires de façon efficace ; des délais et coûts supplémentaires sont alors possibles.

Un peu plus de la moitié des sites industriels contrôlés en 2024 est considérée posséder des « barrières » bien identifiées. C'est une valeur sensiblement similaire à ce qui a pu être observé sur les deux dernières années.

En revanche, dans le secteur médical, cet indicateur est médiocre avec environ une situation sur quatre en 2024 où les barrières sont bien identifiées. Ce résultat nettement inférieur à celui des deux années précédentes est celui qui connaît la plus forte dégradation de l'ensemble des indicateurs suivis.

6. Maintenance des dispositifs techniques de protection

Les dispositions adoptées contre la malveillance nécessitent l'installation de détecteurs rentrant dans une chaîne de composants permettant une surveillance du site. Ce matériel électronique réclame des visites de maintenance afin de prévenir les pannes. L'établissement et le respect d'un programme de vérification s'avèrent donc indispensables.

Dans le secteur industriel, un tel programme existait en 2024, mais n'était mis en œuvre que dans un peu plus de 40 % des entreprises contrôlées, niveau qui s'est amélioré d'une dizaine de points par rapport aux années 2022-2023. Dans un peu moins d'un tiers des situations, il n'existe cependant en 2024 aucun plan de maintenance.

Pour le secteur médical, un tiers des sites dispose d'un plan de maintenance correctement mis en œuvre, valeur comparable aux années précédentes. Toutefois 2024 a permis de confirmer le fait que cette question n'était pas du tout prise en compte dans un peu moins de la moitié des cas, niveau identique aux deux années précédentes.

Alors que la fonction maintenance est classique dans l'industrie ainsi que pour les appareils utilisés en curiethérapie, ces faibles niveaux indiquent que le suivi des dispositifs de protection est moins rigoureux que celui mis en œuvre pour « l'outil de travail ». Cet indicateur (avec le précédent pour le secteur médical) est celui qui présente la plus grande marge de progrès à réaliser.

Une fois l'autorisation, l'enregistrement ou le récépissé de déclaration obtenu, le titulaire peut s'approvisionner en sources. Dans ce but, il reçoit de l'IRSN des formulaires de demande de fournitures permettant à l'Institut de vérifier – dans le cadre de ses missions de tenue à jour de l'inventaire des sources de rayonnements ionisants – que les commandes se font conformément à l'autorisation, à l'enregistrement ou au récépissé de déclaration délivré à l'utilisateur et à l'autorisation de son fournisseur. Si tel est bien le cas, le mouvement est alors enregistré par l'IRSN, qui avise les intéressés que la livraison peut être réalisée. En cas de difficulté, le mouvement n'est pas validé et l'IRSN saisit l'ASN (*voir encadré page 264*). À compter du 1er janvier 2025, à la suite de la fusion de l'ASN et de l'IRSN, l'ensemble du processus sera géré au sein de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), sans pour autant remettre en cause les différentes étapes de vérification et de validation.

Le cas des générateurs électriques de rayonnements ionisants

L'ASN est chargée, depuis 2002, du contrôle de ces appareils pour lesquels de nombreuses régularisations administratives sont nécessaires.

Elle a accordé, en 2024, 23 autorisations nouvelles, 115 renouvellements ou mises à jour d'autorisation et délivré 135 décisions d'enregistrement pour l'utilisation d'appareils électriques émettant des rayonnements X. L'ASN a également délivré 716 récépissés de déclaration pour des générateurs électriques de rayonnements ionisants. Comme pour les sources radioactives, la diminution importante du nombre d'autorisations délivrées et, à l'inverse, l'augmentation des récépissés de déclaration et la délivrance des premières décisions d'enregistrement sont la conséquence directe de l'entrée en vigueur des décisions n° 2018-DC-0649 du 18 octobre 2018 modifiée et n° 2021-DC-0703 du 4 février 2021 précitées.

Au total, 1 456 autorisations, 430 enregistrements et 9 785 récépissés de déclaration sont en vigueur pour des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants fin 2024. Le graphique 7 (*voir page 265*) illustre l'évolution de ces dernières années.

3 — L'appréciation sur l'état de la radioprotection dans les utilisations à enjeux des domaines industriel, de recherche et vétérinaire

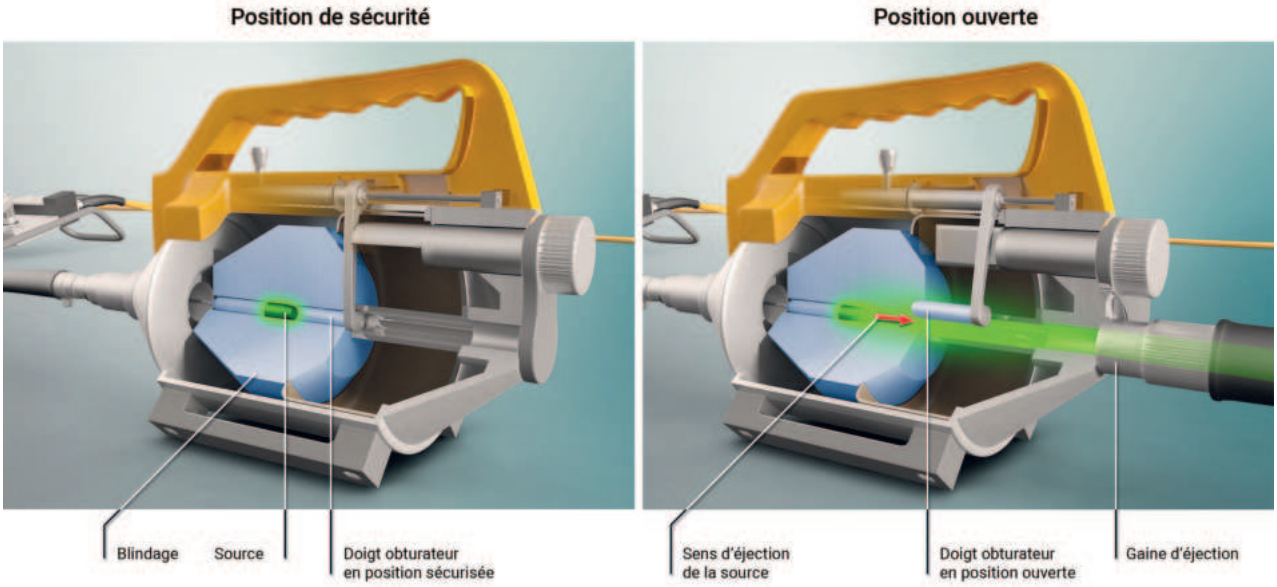
3.1 La radiographie industrielle

La radiographie industrielle est une méthode de contrôle non destructif qui consiste à obtenir une image de la densité de matière d'un objet traversé par un rayonnement électromagnétique X ou gamma (gammagraphie). L'image est obtenue grâce à un détecteur qui peut être un film argentique, un écran photostimulable à mémoire réutilisable ou un ensemble de détecteurs numériques.

La radiographie industrielle permet notamment d'apprécier les défauts d'homogénéité dans les matériaux, par exemple les cordons de soudure, ou de contrôler leur fatigue. Elle est fréquemment employée lors d'opérations de fabrication ou de maintenance, dans différents secteurs industriels, tels que la chaudronnerie, la pétrochimie, les centrales nucléaires, les travaux publics, l'aéronautique ou l'armement.

La radiographie peut être menée dans une installation (qui assure alors la protection physique des opérateurs par des dispositifs de radioprotection et de sécurité) ou en conditions de chantier (où une zone d'opération doit alors être matérialisée).

Schéma de principe de fonctionnement d'un gammagraphe



La gammagraphie au sélénium-75

L'emploi de sélénium-75 en gammagraphie est autorisé en France depuis 2006. Mis en œuvre dans les mêmes appareils que ceux fonctionnant à l'iridium-192, l'emploi de sélénium-75 présente des avantages notables en matière de radioprotection. En effet, les débits d'équivalent de dose sont d'environ 55 millisieverts par heure et par térabecquerel (mSv/h/TBq) à 1 mètre de la source en sélénium-75, contre 130 mSv/h/TBq pour l'iridium-192. Son utilisation est possible en remplacement de l'iridium-192 dans de nombreux domaines industriels, notamment en pétrochimie ou en chaudronnerie et permet de réduire considérablement les périmètres de sécurité mis en place et de faciliter les interventions en cas d'incident. En France, environ 11 % des appareils portables sont équipés avec une source de sélénium-75.
Le déploiement du sélénium-75 a stagné ces dernières années et est même en recul depuis 2023 (20 % en 2022 et 15 % en 2023). En particulier, le contexte géopolitique de ces dernières années (sanctions contre la Russie en raison de la guerre en Ukraine) a nécessité une réorganisation de la filière mondiale d'approvisionnement de sources de gammagraphie, s'accompagnant notamment de retards de livraison. Néanmoins, de nouvelles voies d'approvisionnement ont été mises en place ces dernières années par le fournisseur de ces sources, et d'autres sont explorées, afin de réduire les délais d'approvisionnement et de retrouver le niveau de 2022.

L'ASN encourage donc toujours l'utilisation du sélénium-75 quand elle est possible.

Gammagraphie : des accidents graves à l'étranger

En France, les accidents en gammagraphie restent limités en nombre et en conséquences depuis mars 1979, où un accident avait conduit à l'amputation de la jambe d'un ouvrier qui avait ramassé et mis dans sa poche une source d'iridium-192 de 518 GBq. Cet événement avait entraîné un renforcement de la réglementation en vigueur à l'époque. Ceci ne doit pas être perçu comme un acquis. L'ASN exerce une veille sur les accidents survenus à l'étranger qui ont parfois eu des effets graves. Dans les dernières années (en 2024, aucun accident n'a été reporté à ce jour), parmi les exemples dont l'ASN a eu connaissance et qui confirment les risques auxquels des actions inappropriées peuvent exposer les opérateurs :

- en 2023 en Corée du Sud, un radiologue a été exposé (116 millisieverts – mSv – pour le corps entier, 1 957 mSv à la main) en manipulant un gammagraphe dont la source d'irridium-192 n'était plus solidaire du câble de télécommande. En l'absence d'équipements de radioprotection suffisants, le radiologue ne s'est pas aperçu de la situation jusqu'à la fin de son travail et au développement des radios qui se sont révélées surexposées ;
- en 2023, en Allemagne, un radiologue a été exposé à une dose de 71,5 mSv après être entré dans une installation alors que l'appareil électrique émettant des rayonnements ionisants mis en œuvre à l'intérieur était encore en fonctionnement. Les causes de l'événement sont toujours en cours d'investigation.

  Un autre radiologue a été exposé (230 mSv pour le corps entier, 546 mSv au cristallin) en plaçant sa tête pendant deux minutes dans un faisceau de rayonnements X pour aligner la pièce radiographiée, et ce en dépit des mesures de radioprotection en place (rubalise, signalisation lumineuse clignotante et avertissement sonore du dosimètre opérationnel) ;
- en 2023, aux États-Unis, un radiologue en formation a été exposé plusieurs fois, lors d'un chantier, à une source d'iridium-192 en effectuant diverses opérations (remplacement du film, déplacement de la gaine d'éjection) alors que la source était toujours positionnée dans l'embout d'irradiation en raison du décrochement du porte-source. Au cours de cet incident, plusieurs barrières de radioprotection n'ont pas été respectées, notamment par l'absence de supervision du radiologue en formation (en particulier lors de la phase de connexion du porte-source), l'absence de port de dosimètre, d'utilisation de radiamètre et de réalisation des vérifications du bon retour de la source dans le projecteur (contrôle du voyant, mesures, etc.). Le radiologue en formation ne s'est aperçu du problème que lors de la déconnexion de la gaine d'éjection du projecteur. La reconstitution dosimétrique (en l'absence du port d'un dosimètre) a estimé la dose efficace reçue à 75 mSv et à 258 mSv en dose aux extrémités ;
- en 2022, aux États-Unis, une équipe de trois opérateurs d'une société de contrôle non destructif procédait à des tirs de gammagraphie. Un des opérateurs se trouvait à proximité de la source de cobalt-60 lorsqu'elle a été éjectée par son collègue qui n'avait pas de visuel direct. Étant donné l'environnement très sonore du chantier, l'opérateur n'a pas entendu l'alarme de ses appareils de mesure et a été exposé pendant environ une minute à une dose de 55 mSv ;
- en 2022, en Belgique, un radiologue a été exposé (14 mSv corps entier, dose extrémité non précisée) à une source de sélénium-75 pendant un bref instant (60 à 90 secondes) lorsqu'il a voulu déconnecter le collimateur de l'appareil alors que la source y était encore présente. L'alarme de son dosimètre opérationnel n'a pas fonctionné car celui-ci n'avait plus de pile ; de plus, l'opérateur n'était pas muni de son radiamètre. C'est l'alarme du dosimètre opérationnel de son assistant qui s'est déclenchée lorsque celui-ci s'est approché de la source, qui a permis d'identifier l'incident ;
- en 2022, en Hongrie, un opérateur a été exposé lors de la manipulation du collimateur et de la gaine d'éjection, à environ 134 mSv, la source de sélénium-75 n'étant pas rentrée en position de sécurité dans le projecteur ;
- en 2021, aux États-Unis, un employé d'une société de contrôle non destructif a été exposé à une dose de 70 mSv (corps entier) alors qu'il procédait à des tirs de gammagraphie au sein d'une installation dédiée. Les procédures en vigueur au moment de cet accident permettaient la présence de l'opérateur à l'intérieur de l'installation, même lorsque la source était en position d'irradiation. L'employé d'une autre société de contrôle non destructif a été exposé à une dose de 93 mSv (corps entier) en manipulant un projecteur de gammagraphie défaillant dont la source n'était pas en position de sécurité. Ces deux événements ont été classés au niveau 2 de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (International Nuclear and Radiological Event Scale– INES) ;
- en 2021, en Serbie, une source d'iridium-192 s'est décrochée du câble de télécommande lors d'un contrôle non destructif réalisé en extérieur. Les deux opérateurs n'ont pas vérifié le bon retour de la source en position de sécurité à la fin du contrôle et ne se sont aperçus de son absence qu'à leur retour dans leur société. La source a été retrouvée le lendemain après intervention d'un laboratoire spécialisé. Les deux opérateurs ont été exposés à des doses de 451 mSv et de 960 mSv ;
- en 2021, en Espagne, deux employés d'une société de contrôle non destructif ont été exposés en accédant à un bunker de gammagraphie, alors que la source d'iridium-192 n'était pas en position de sécurité (source bloquée). Le dosimètre à lecture différée du premier employé a indiqué une dose d'environ 70 mSv, et d'environ 3 sieverts (Sv) pour le second. L'événement a été classé au niveau 2 de l'échelle INES.

Les données antérieures sont consultables dans les éditions précédentes de ce rapport annuel, lesquelles sont disponibles sur *asn.fr*, rubriques « Information », « Publications », « Rapports de l'ASN ».

3.1.1 Les différentes méthodes utilisées

La gammagraphie

Les appareils de gammagraphie contiennent le plus souvent des sources radioactives scellées de haute activité, principalement de l'iridium-192, du cobalt-60 ou du sélénium-75, dont l'activité peut atteindre une vingtaine de térabecquerels. Un appareil de gammagraphie est le plus souvent un appareil mobile pouvant être déplacé d'un chantier à l'autre.

Il se compose principalement de :
- un projecteur de source, servant de conteneur de stockage et assurant une protection radiologique quand la source n'est pas utilisée ;
- une gaine d'éjection, destinée à permettre le déplacement de la source et à la guider jusqu'à l'objet à radiographier ;
- une télécommande, permettant la manipulation à distance par l'opérateur.

Lors de l'éjection de la source hors du projecteur, les débits de dose peuvent atteindre plusieurs grays par heure à 1 mètre de la source, en fonction du radionucléide et de son activité.

Du fait de l'activité des sources et du déplacement de la source hors du conteneur de stockage pendant l'utilisation de l'appareil, la gammagraphie peut présenter des risques importants pour les opérateurs en cas de mauvaise manipulation, de non-respect des règles de radioprotection ou d'incidents de fonctionnement. Par ailleurs, elle est fréquemment menée en conditions de chantier dans des circonstances difficiles (travail de nuit, lieu de travail exposé aux intempéries ou exigu, etc.). À ce titre, il s'agit donc d'une activité à fort enjeu de radioprotection, qui figure parmi les priorités de contrôle de l'ASN.

La radiographie industrielle par rayonnements X

Les appareils de radiographie industrielle par rayonnements X sont très variés, allant d'appareils fixes (intégrés dans une installation de taille très variable) à des appareils mobiles qui peuvent être utilisés aussi bien en conditions de chantier qu'en installation. En application du principe d'optimisation, ils doivent se substituer aux appareils de gammagraphie, lorsque les conditions de mise en œuvre le permettent, car leur utilisation permet d'éviter la mise en œuvre d'une source radioactive.

En dehors du contrôle non destructif, ces appareils peuvent aussi être utilisés pour des emplois plus spécifiques, et donc plus rares, tels que la réalisation de radiographies en vue de la restauration d'instruments de musique ou de tableaux, l'étude de momies en archéologie ou l'analyse de fossiles.

3.1.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

Les activités de radiographie industrielle représentent de forts enjeux et constituent depuis plusieurs années une priorité d'inspection pour l'ASN.

En 2024, l'ASN a mené 149 inspections sur ce thème, de retour dans la moyenne de ces dernières années après une légère diminution lors de l'exercice 2023. Parmi ces inspections, 61 ont été réalisées de manière inopinée lors de chantiers qui se déroulent de nuit, le cas échéant.

Le système de télédéclaration des plannings de chantier pour les entreprises

La perte de contrôle de la source en gammagraphie

La perte de contrôle de la source («blocage de source») est l'une des principales causes d'accidents dans le domaine de la gammagraphie. Elle peut conduire à de fortes expositions des travailleurs se trouvant à proximité, voire du public en cas de travaux en zone urbaine. Cette perte de contrôle se rencontre principalement dans deux situations :
- la source radioactive reste bloquée dans la gaine d'éjection. L'origine du blocage est souvent liée à la présence de corps étrangers dans la gaine ou à une dégradation de celle-ci ;
- l'obturation à l'avant du projecteur n'est pas complète, en raison soit de la présence de corps étrangers dans le canal empêchant la rentrée complète de la source, soit de la rupture du doigt obturateur.

En France, les gammagraphes répondent à des prescriptions techniques plus strictes que les standards internationaux. Toutefois, les défaillances de matériel ne peuvent pas être écartées, notamment en cas de mauvais entretien des appareils. Ces dernières années, de mauvaises manipulations ont parfois également été observées à la suite d'incidents de «blocage de sources».

Perte de contrôle d'une source de gammagraphie à Colmar (68) avec des conséquences à l'extérieur du site

Le 10 avril 2024, lors d'une opération de radiographie industrielle en fin de journée d'une entreprise prestataire dans l'établissement de son donneur d'ordre situé à Colmar (Haut-Rhin), le contrôle de la source de gammagraphie d'iridium-192 a été perdu lors du premier tir. Le débit d'équivalent de dose ambiant important en résultant a conduit à l'intervention de la préfecture pour coordonner l'action des services mobilisés (pompiers, forces de l'ordre, sécurité civile, ASN, etc.) et à la mise en place d'une zone d'exclusion empiétant sur l'extérieur du site du donneur d'ordre et entraînant, de fait, l'évacuation des entreprises et des habitations riveraines (une décision extrêmement rare, les événements de perte de contrôle de source de gammagraphie n'ayant généralement aucun impact pour le public).

Le lendemain, une intervention du fabricant de l'appareil de gammagraphie, des pompiers et de la sécurité civile a conduit à la réduction du débit d'équivalent de dose environnant, ce qui a permis de réduire considérablement la zone d'exclusion (en-deçà des limites du site du donneur d'ordre) et de lever l'ordre d'évacuation. Lors d'une intervention ultérieure, le fabricant a pu récupérer le contrôle de la source de gammagraphie et l'évacuer.

L'inspection réactive de l'ASN a mis en évidence une insuffisance de préparation et de coordination entre l'entreprise prestataire et le donneur d'ordre lors de la définition des conditions de réalisation des tirs radiographiques, qui a été décisive dans la chaîne d'événements ayant conduit à la mise en place d'une zone d'exclusion débordant sur la voie publique.

Tout d'abord, la démarche d'optimisation n'a pas été assez poussée au regard de l'environnement dense du site (premier tir sans collimateur de rayonnements ionisants qui aurait pu être remplacé par plusieurs tirs avec collimateur, d'autant plus que la délimitation de la zone d'opération de ce tir sortait largement des limites du site du donneur d'ordre). Dans les faits, la zone d'opération qui a été effectivement mise en place n'était, d'une part, pas celle prévue pour le tir sans collimateur mais celle – plus réduite – pour les tirs suivants (prévus avec collimateur), et d'autre part, il n'a été procédé à aucune vérification du débit d'équivalent de dose en ses limites.

Enfin, comme cela est relevé de manière régulière dans les inspections menées sur chantiers par l'ASN, le plan de prévention était incomplet, notamment au regard de la spécificité de l'intervention, avec des moyens matériels à disposition des opérateurs insuffisants, que ce soit pour la mise en œuvre des tirs ou pour la gestion d'une situation d'urgence (indisponibilité de matelas de plomb notamment).

Pour plus d'informations sur l'événement, consulter la note d'information et son complément, publiés par l'ASN sur son site internet.

prestataires en radiographie industrielle, mis en place par l'ASN en 2014, permet de faciliter l'organisation de ces contrôles. L'ASN constate que la quasi-totalité des entreprises concernées l'utilise couramment pour déclarer leurs chantiers. Cependant, la fiabilité des informations transmises est encore hétérogène. Les points d'amélioration portent notamment sur :

- la mise à jour des plannings lorsque ceux-ci sont modifiés ou annulés ;
- l'exactitude des informations de localisation du chantier (à ne pas confondre avec l'adresse de l'entreprise donneuse d'ordre) ;
- l'exhaustivité de déclaration des chantiers ;
- l'identification de l'appareil utilisé lors du chantier (appareil de gammagraphie ou à rayonnements X).

L'ASN constate que les entreprises ont, dans leur grande majorité, maintenu la rigueur nécessaire pour respecter les obligations réglementaires relatives à la désignation d'un CRP (moins de 5 % d'écarts relevés), au suivi dosimétrique des travailleurs et à la délimitation radiologique de leurs installations (environ 15 % d'écarts relevés pour ces deux sujets, en légère augmentation par rapport à 2023). Par ailleurs, les inspecteurs ont constaté que la fréquence réglementaire de la maintenance des appareils de gammagraphie est généralement respectée, même si les écarts relevés sont en légère augmentation (6 % d'écarts relevés pour les projecteurs, 12 % d'écarts constatés pour les accessoires). De même, les opérateurs contrôlés par l'ASN disposaient presque tous, lorsque cela était nécessaire, du certificat

La détection de plomb dans les peintures : une activité nucléaire à faible enjeu mais appelée à plus de vigilance au titre de la malveillance

Les appareils à fluorescence X portables utilisés pour l'analyse des composants d'un échantillon relèvent de deux technologies différentes : les appareils à source scellée et les appareils électriques.

Les appareils électriques sont principalement utilisés dans les activités de récupération et de recyclage des matériaux métalliques alors que ceux permettant la détection du plomb dans les peintures, utilisés lors des diagnostics techniques obligatoires à l'occasion des ventes immobilières, relèvent de la technologie des appareils à source scellée, la seule reconnue à ce jour par les autorités sanitaires pour garantir une réponse fiable quant à la présence de plomb.

Deux radionucléides sont utilisés : le cobalt-57 et le cadmium-109. Les sources relèvent de la catégorie D pour laquelle l'AIEA considère qu'elle est « *peu susceptible d'être dangereuse pour les personnes* » et « *qu'il est très improbable que la source provoque des lésions permanentes. Cependant, si cette quantité de matière radioactive non protégée n'est pas gérée de manière sûre ou sécurisée, elle peut provoquer des blessures temporaires chez la personne qui l'a manipulée ou qui a été en contact avec elle d'une quelconque autre manière pendant plusieurs heures, ou à proximité d'elle pendant plusieurs semaines.* »

Le nombre d'établissements exerçant en France une activité de détection de plomb dans les peintures est d'environ 4 500. Certains sites possédant plusieurs appareils, ceci conduit donc à la circulation régulière de plusieurs milliers d'appareils. Aussi, même si les risques en matière de radioprotection restent limités (les activités nucléaires sont soumises au régime de la déclaration, *voir point 2.4.2*), le nombre important d'appareils en déplacement tous les jours nécessite de prendre quelques précautions. Les conséquences d'un acte malveillant à l'aide de ce type de sources seraient délicates à gérer tant pour l'entreprise que pour les autorités, notamment en matière de répercussions médiatiques et des inquiétudes qu'elles engendreraient pour la population.
En outre, l'examen détaillé des événements significatifs de radioprotection (ESR) déclarés à l'ASN montre le vol ou la disparition d'une quinzaine de détecteurs de plomb dans les peintures par an.
Environ les deux tiers de ces situations se produisent alors que l'appareil est laissé dans un véhicule sur la voie publique, sans surveillance, parfois sur un week-end entier.

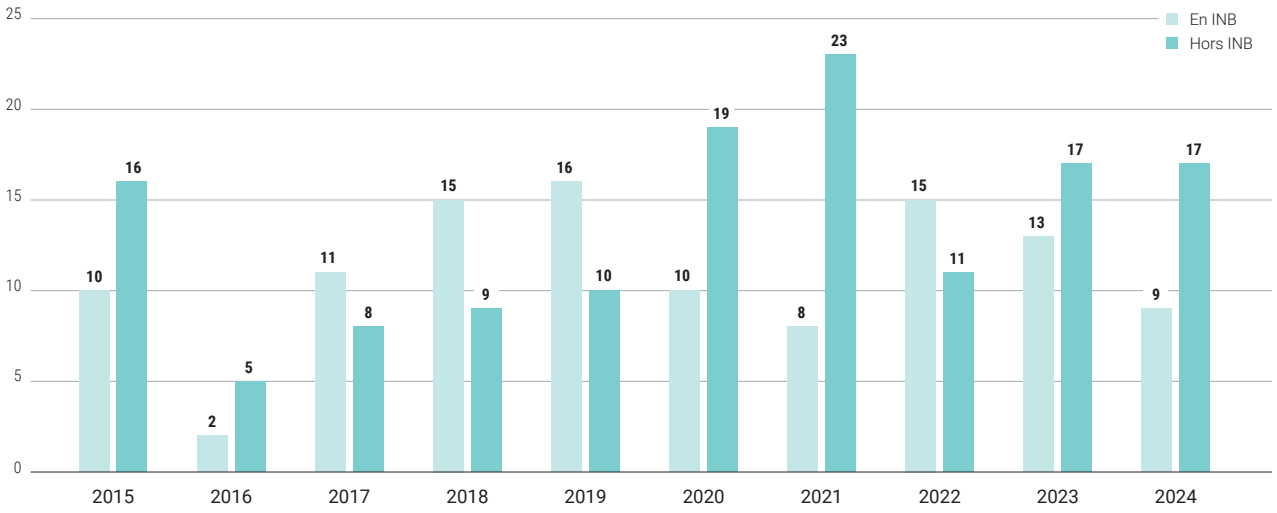
Détecteurs de plomb dans les peintures déclarés à l'ASN comme volés ou perdus

2021	2022	2023	2024
19	18	14	11

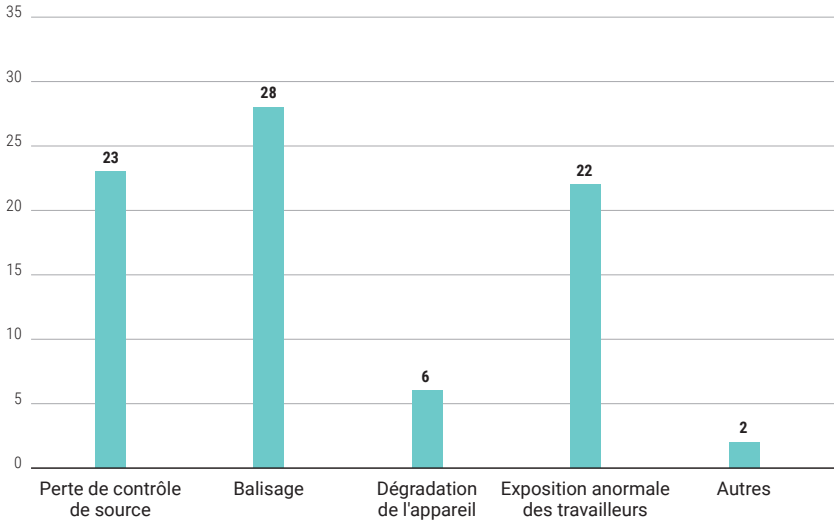
Aussi en réponse à ces signaux faibles, l'ASN a décidé d'adresser un courrier de rappel de la réglementation et des bonnes pratiques aux deux syndicats professionnels de diagnostiqueurs immobiliers en leur demandant de relayer auprès de leurs adhérents les règles élémentaires de sécurité.

Enfin, l'examen des événements précités a également permis d'identifier un utilisateur disposant de plusieurs agences ayant connu de manière récurrente plusieurs vols au cours de ces dernières années.
Une demande explicite de révision de ses procédures internes lui a été adressée : le suivi des mouvements des appareils, les conditions de détention dans un véhicule (renforcement de la protection des appareils, remise en agence hors des heures ouvrées), ainsi que la formation et la sensibilisation du personnel ont ainsi notamment pu être améliorés.

GRAPHIQUE 8 Évolution du nombre d'événements déclarés à l'ASN en radiographie industrielle



GRAPHIQUE 9 **Principaux facteurs de déclaration à l'ASN des événements significatifs en radiographie industrielle sur la période 2022-2024**



d'aptitude à manipuler les appareils de radiologie industrielle (CAMARI) prévu par l'article R. 4451-61 du code du travail (seul 1 écart constaté, concernant une utilisation en conditions de chantier).

Précisons qu'à compter du 1er janvier 2026, conformément aux nouveaux articles R. 4451-62 et R. 4451-63 du code du travail, la mise en œuvre, dans une zone d'opération, d'un appareil de radiologie industrielle contenant une ou plusieurs sources scellées de haute activité nécessitera au moins deux salariés de l'entreprise détentrice disposant du CAMARI (*voir point 5*).

Les inspecteurs ont également relevé que les efforts déployés par les entreprises pour assurer la formation des travailleurs classés nouvellement arrivés avaient été maintenus. Ainsi, en 2024, cette information a été correctement dispensée auprès des nouveaux arrivants, dans 93 % des établissements concernés inspectés.

Par ailleurs, si une seule inspection a révélé un écart concernant le respect de l'autorisation délivrée par l'ASN en matière de radionucléide ou d'activité maximale détenus, les entreprises doivent toutefois être plus rigoureuses afin d'assurer la concordance de leur inventaire des sources radioactives scellées détenues avec l'inventaire national tenu par l'IRSN (12 % d'écarts constatés).

Enfin, un effort conséquent est toujours à mener par les entreprises pour définir un programme exhaustif des vérifications exigées par le code du travail et le mettre correctement en œuvre, mais aussi pour corriger les non-conformités relevées à l'occasion de ces vérifications et assurer la traçabilité des corrections apportées (écarts relevés dans près d'une inspection sur deux).

Malgré une légère amélioration en 2023 et en 2024, l'ASN juge toujours préoccupants les écarts observés en matière de signalisation de la zone d'opération lors des chantiers (observés lors de quasiment une inspection sur cinq). L'ASN souligne que le manque de préparation et de coopération, en amont des chantiers, entre les donneurs d'ordre et les entreprises de radiographie est une des causes de ces écarts. Ainsi, dans près de la moitié des inspections, des écarts concernant le plan de prévention ont été constatés (notamment absence de plan, plan non connu des opérateurs ou plan non disponible sur le lieu du chantier, contenu insuffisant).

L'ASN rappelle que le balisage doit être posé avant le début du chantier, donc, en tout état de cause, avant d'avoir installé le matériel de radiographie, qu'il doit être continu et que des signaux lumineux en nombre suffisant sont indispensables. Pour s'assurer que la valeur réglementaire de dose efficace intégrée sur une heure soit respectée en limite de balisage, il est essentiel que les opérateurs disposent des outils nécessaires pour vérifier que le débit d'équivalent de dose à l'extérieur de la zone d'opération est celui attendu (écarts constatés dans une inspection sur quatre en 2024), notamment en réalisant, avec un instrument de radioprotection fonctionnel et ayant fait l'objet d'une vérification de son étalonnage (écarts constatés dans une inspection sur dix en 2024), une ou plusieurs mesures et en enregistrant les résultats obtenus. Le balisage de la zone d'opération constitue en effet la principale barrière de sécurité en conditions de chantier, en particulier pour prévenir les expositions incidentelles. L'ASN reste donc très vigilante sur ce point, qui fait l'objet d'un contrôle systématique lors des inspections réalisées sur les chantiers. Des sanctions pénales ont par ailleurs déjà été proposées en cas de manquements graves.

La récurrence des écarts observés depuis plusieurs années sur la mise en place et la signalisation de la zone d'opération a amené l'ASN à adresser, en 2021, un courrier circulaire à l'ensemble de la profession lui demandant notamment de renforcer sa vigilance sur ce point. L'ASN rappelle également que, dans le cas de la gammagraphie, l'approche du projecteur avec un appareil de mesure, afin de s'assurer que la source radioactive est bien en position de sécurité dans celui-ci, est indispensable. Il est encore trop souvent constaté (dans près d'une inspection sur trois en 2024) que ce contrôle n'est pas réalisé ou qu'il n'est pas fait jusqu'au nez du projecteur (raccord entre le projecteur et la gaine d'éjection), ce qui pourrait entraîner des expositions importantes des opérateurs en cas de défaillance matérielle.

Par ailleurs, l'ASN constate que la qualité des dossiers techniques qu'elle est amenée à instruire, dans le cadre de la préparation ou des suites d'inspections et lors des demandes d'autorisation qui lui sont adressées, est hétérogène. Les entreprises doivent notamment être plus vigilantes sur les rapports établissant la conformité de leurs installations aux référentiels techniques appropriés. L'ASN relève encore trop souvent des erreurs, notamment lorsque la réalisation de ces rapports a été sous-traitée, erreurs conduisant parfois à des non-conformités, même si peu d'écarts sont constatés lors des inspections concernant les éléments du système de sécurité, de signalisation et d'alarme.

L'ASN juge les risques d'incidents et les doses reçues par les travailleurs globalement bien maîtrisés par les entreprises, lorsque cette activité est réalisée dans une installation conforme à la réglementation applicable.

La France offre un bon maillage d'installations fixes de radiographie industrielle, malgré certaines disparités régionales. En effet, il y a en 2024 :
- 97 installations de gammagraphie autorisées (39 installations de gammagraphie et 58 installations mixtes, c'est-à-dire pouvant accueillir soit des gammagraphes, soit des appareils électriques émettant des rayonnements X ou des accélérateurs de particules) ;
- 511 installations de radiographie par rayonnements X autorisées (447 installations mettant en œuvre des appareils électriques, 58 installations mixtes et 6 installations mettant en œuvre des accélérateurs de particules).

Ce maillage permet ainsi à 83 % des professionnels de proposer des prestations de radiographie industrielle en installation (55 % pour la gammagraphie).

Malgré la disponibilité des installations, l'ASN constate encore trop souvent que des pièces radiographiées au cours de chantiers pourraient être aisément déplacées dans une installation. Outre l'optimisation des doses pour les travailleurs, le risque d'indisponibilité (qui se compte en jours)

du lieu du chantier, du fait de la mise en place d'une zone d'exclusion, en cas d'incident empêchant le retour de la source radioactive d'un gammagraphe en position de sécurité, serait alors éliminé.

L'ASN estime que les donneurs d'ordre ont un rôle primordial à jouer pour faire progresser la radioprotection dans le domaine de la radiographie industrielle, en privilégiant les prestations de radiographie industrielle dans une installation, voire en ayant recours à des technologies alternatives. En effet, pour l'application des principes de justification et d'optimisation, les réflexions engagées sur le long terme par les professionnels du contrôle non destructif ont abouti à l'élaboration de guides ayant pour but de promouvoir l'utilisation de méthodes de substitution à la radiographie industrielle. Les travaux se poursuivent au sein des instances professionnelles, en particulier par l'évolution des codes de construction et de maintenance des équipements industriels, afin de privilégier l'utilisation de méthodes de contrôle non ionisantes.

La sensibilisation de l'ensemble des acteurs constitue donc une priorité d'action. Les démarches régionales visant à établir des chartes de bonnes pratiques en radiographie industrielle, mises en œuvre depuis plusieurs années sous l'impulsion de l'ASN et de l'inspection du travail, notamment dans les territoires correspondant aux (anciennes) régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Normandie, Auvergne-Rhône-Alpes, Nord-Pas-de-Calais, Bretagne et Pays de la Loire, permettent des échanges réguliers entre les différents acteurs. Les divisions de l'ASN et les autres administrations régionales concernées organisent également régulièrement des colloques de sensibilisation et d'échanges au niveau régional, pour lesquels les acteurs de cette branche professionnelle manifestent un réel intérêt.

Enfin, en 2024 comme ces dernières années, aucune surexposition d'un opérateur de radiographie industrielle n'a été déclarée à l'ASN, même si plusieurs événements significatifs liés à la perte de contrôle de la source (« blocage de source ») lors de l'utilisation d'un gammagraphe ont eu lieu. Comme l'an passé, aucune action ou manipulation inappropriée ou interdite n'a été entreprise par les opérateurs, évitant ainsi d'engendrer une exposition inutile ou de compliquer les interventions ultérieures nécessaires pour un retour à une situation normale.

L'ASN rappelle néanmoins l'obligation, pour tous les utilisateurs de gammagraphes, de respecter la conduite à tenir face à une situation de « blocage de source » hors du projecteur, laquelle consiste dans la phase d'urgence, à cesser immédiatement toute manipulation du projecteur ou de ses accessoires, à mettre en place rapidement un périmètre de sécurité pour éviter toute nouvelle exposition aux rayonnements ionisants et à prendre contact pour assistance avec le fournisseur de l'appareil. En cas de manquements graves, des sanctions pénales ont déjà été proposées et continueront de l'être.

Les entreprises doivent en outre fournir un effort conséquent pour que leurs opérateurs aient à disposition les consignes de sécurité à appliquer et les moyens nécessaires si un « blocage de source » ou toute autre anomalie se produisait (écart relevé dans une inspection sur quatre en 2024).

De plus, en cas d'intervention en conditions de chantier, les entreprises prestataires et leurs donneurs d'ordre doivent s'assurer, lors de la phase de préparation, qu'un tel incident ne générerait pas de conséquences importantes au-dehors du lieu du chantier, comme ce fut le cas lors de l'événement s'étant produit à Colmar (*voir encadré page 269*).

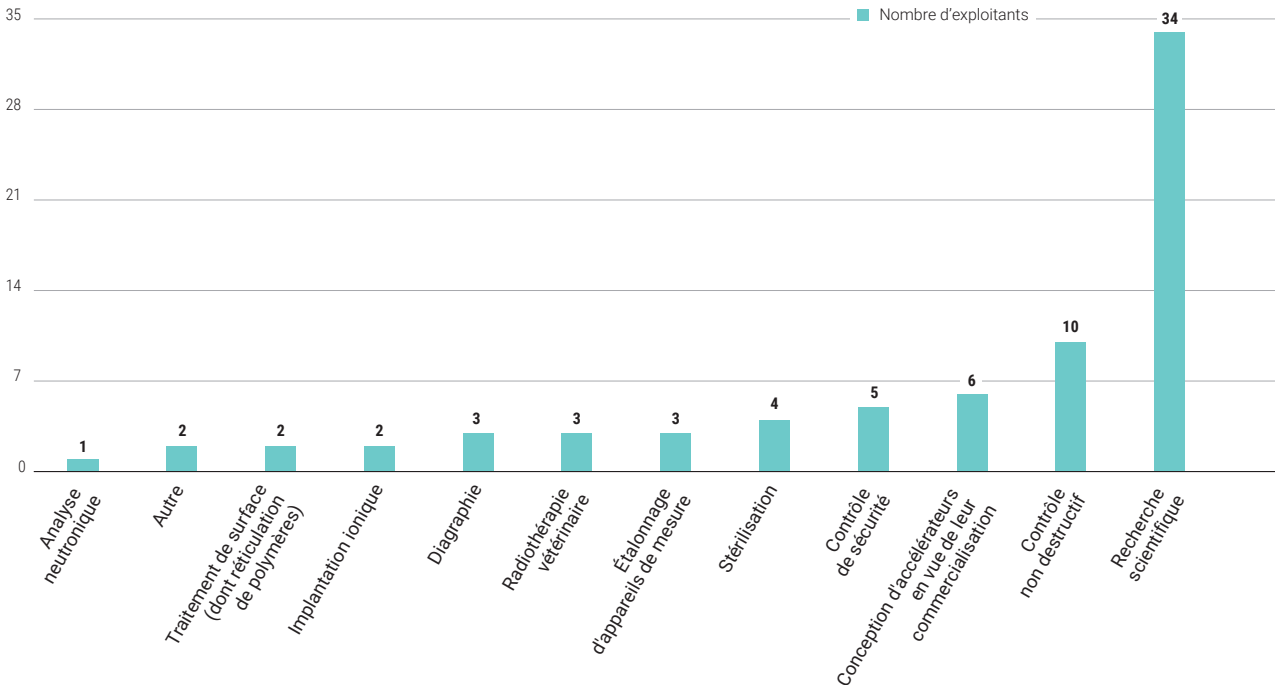
L'ASN reste particulièrement vigilante à la gestion des événements de « blocage de source ». La nécessité de prévoir une organisation d'urgence permettant de gérer le cas échéant un tel événement a d'ailleurs déjà été rappelée dans le courrier circulaire envoyé aux professionnels par l'ASN dès 2021.

3.2 Les irradiateurs industriels

3.2.1 Les équipements utilisés

L'irradiation industrielle est utilisée pour la stérilisation de dispositifs médicaux,

GRAPHIQUE 10 Répartition des accélérateurs de particules par finalité d'utilisation en 2024



de produits pharmaceutiques ou cosmétiques et la conservation de produits alimentaires. Elle est également utilisée afin de modifier volontairement les propriétés de matériaux, par exemple pour le durcissement des polymères.

Ces techniques d'irradiation de produits de consommation peuvent être autorisées car, à l'issue de leur traitement, ces produits ne présentent aucune radioactivité artificielle résiduelle (les produits sont stérilisés en passant dans un rayonnement sans être eux-mêmes « activés » à l'issue du traitement).

Les irradiateurs industriels utilisent souvent des sources de cobalt-60 dont l'activité peut être très importante et dépasser 250 000 térabecquerels (TBq). Certaines de ces installations sont classées INB (*voir chapitre 13*). Dans de nombreux secteurs, l'utilisation de sources scellées de haute activité pour l'irradiation de produits est progressivement remplacée par l'utilisation d'appareils électriques émettant des rayons X (*voir point 1.3.1*).

3.2.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

Hors INB, l'ASN a effectué, de 2022 à 2024, 10 inspections (dont cinq en 2024) dans ce secteur, sur les 21 établissements actuellement autorisés.

Il ressort de ces contrôles que l'organisation de la radioprotection est satisfaisante, notamment pour ce qui concerne la désignation d'un CRP (aucun écart relevé), le zonage mis en place chez les exploitants inspectés (aucun écart relevé), l'information des nouveaux arrivants (un seul écart relevé), le respect des autorisations délivrées par l'ASN en matière de radionucléide ou d'activité maximale détenue (un seul écart relevé), la concordance des inventaires des sources radioactives scellées détenues tenus par les exploitants avec l'inventaire national tenu par l'IRSN (un seul écart relevé) et la réalisation des vérifications (deux écarts relevés).

Le risque est bien maîtrisé, notamment grâce à des installations qui sont globalement correctement vérifiées, entretenues et maintenues conformes aux dispositions prévues dans les dossiers déposés lors des demandes d'autorisation. Toutefois, l'ASN a fait le constat, lors d'environ une inspection sur trois, que certains dispositifs de sécurité mériteraient d'être ajoutés ou leur vérification améliorée.

Par ailleurs, lors d'environ une inspection sur trois, l'ASN a constaté que l'opérateur a pénétré à l'intérieur de l'installation d'irradiation sans appareil de mesure de la radioactivité, alors même que la vérification du niveau de l'ambiance radiologique permet de s'assurer que la source radioactive scellée est bien retournée en position de sécurité dans sa protection biologique, évitant ainsi toute exposition accidentelle.

La disponibilité et le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité, ainsi que les mesures de prévention à prendre par les opérateurs resteront des points particuliers d'attention pour les prochaines inspections de l'ASN dans ce secteur.

3.3 Les accélérateurs de particules

3.3.1 Les équipements utilisés

Un accélérateur de particules est défini comme étant un appareillage ou une installation dans lequel des particules chargées électriquement sont soumises à une accélération, émettant des rayonnements ionisants d'une énergie supérieure à 1 mégaélectronvolt (MeV).

Ces installations, lorsqu'elles répondent aux caractéristiques visées à l'article R. 593-3 du code de l'environnement relatif à la nomenclature des INB, sont répertoriées en tant qu'INB.

Certaines applications nécessitent le recours à des faisceaux de photons ou d'électrons produits par des accélérateurs de particules. Le parc d'accélérateurs de particules, qu'ils se présentent sous forme linéaire (linacs) ou circulaire (synchrotrons), comprend en France 75 installations autorisées[1] (hors cyclotrons – voir point 4.2 – et hors INB), détenant presque 150 accélérateurs de particules[2], qui peuvent être utilisés dans des domaines très divers, tels que :

- la recherche, pouvant nécessiter parfois le couplage de plusieurs machines (accélérateur, implanteur, etc.) ;
- la radiographie (accélérateur fixe ou mobile) ;
- la radioscopie de camions et de conteneurs lors des contrôles douaniers (accélérateurs fixes ou mobiles) ;
- la modification des propriétés des matériaux ;
- la stérilisation ;
- la conservation de produits alimentaires ;
- autres.

Les synchrotrons

De la même famille d'accélérateurs circulaires de particules que les cyclotrons (*voir point 4.2*), le synchrotron, de taille beaucoup plus importante, permet d'atteindre des énergies de plusieurs gigaélectronvolts à l'aide d'accélérateurs successifs. En raison de la faible masse des particules (généralement des électrons), l'accélération occasionnée par la courbure de leur trajectoire dans un anneau de stockage produit une onde électromagnétique lorsque les vitesses atteintes deviennent relativistes : le rayonnement synchrotron. Ce rayonnement est collecté à différents endroits, appelés les « lignes de lumière », et est utilisé pour mener des expériences scientifiques.

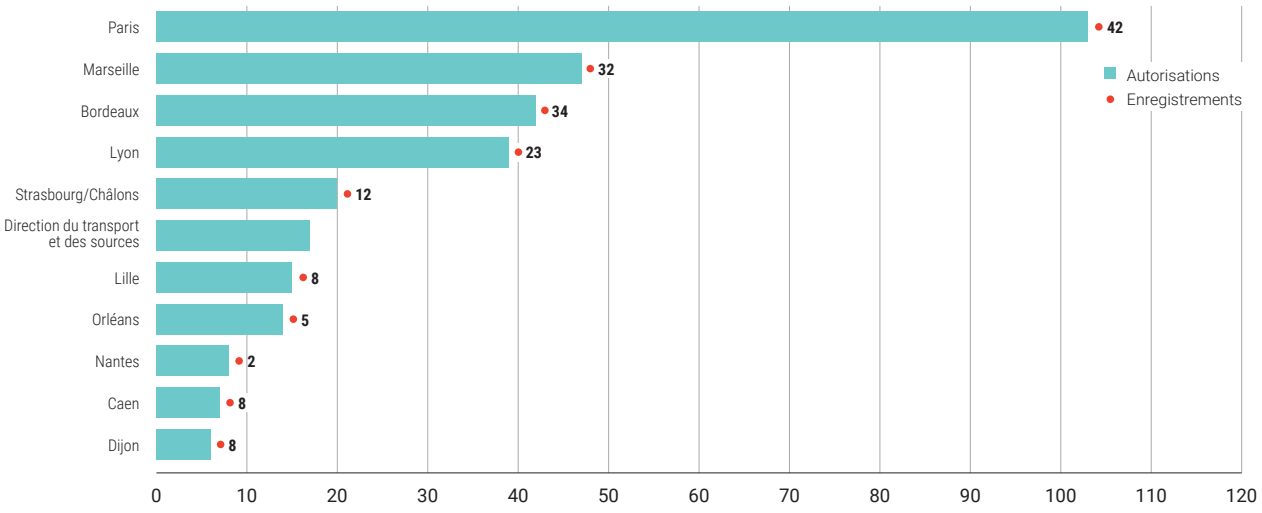
Les activités de recherche

L'utilisation de rayonnements ionisants dans les activités de recherche s'étend dans les différents domaines que sont la recherche médicale, la biologie moléculaire, l'agroalimentaire, la caractérisation de matériaux, etc. Elle s'exerce en majorité par l'emploi de sources non scellées (iode-125, phosphore-32, phosphore-33, soufre-35, tritium, carbone-14, etc.). Des sources scellées (barium-133, nickel-63, césium-137, cobalt-60, etc.) sont également utilisées dans des chromatographes en phase gazeuse ou des compteurs à scintillation ou, avec des sources de plus fortes activités, dans des irradiateurs. Des générateurs électriques émettant des rayons X servent à des analyses de spectre par fluorescence X ou par diffraction X. Par ailleurs, on note l'existence de scanners pour petits animaux (recherche en cancérologie) dans des laboratoires de recherche et de facultés de médecine. Les accélérateurs de particules, quant à eux, sont utilisés pour des recherches sur la matière ou pour la fabrication des radionucléides.

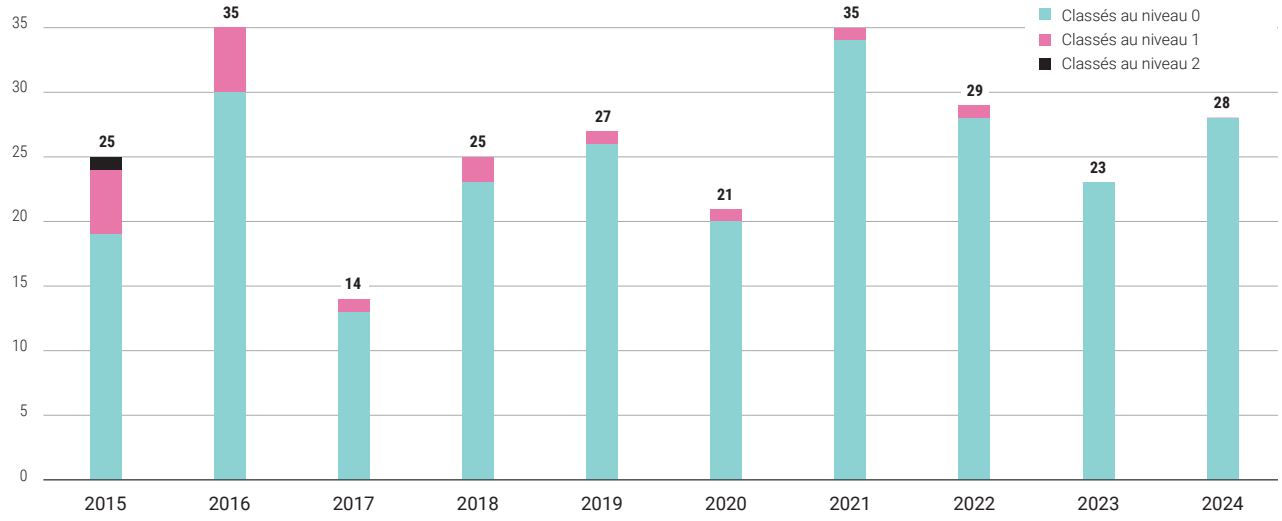
1. Auxquelles s'ajoutent sept autorisations d'utilisation d'un accélérateur, soit exclusivement en conditions de chantier, soit pour une utilisation partagée d'un équipement dont la détention est réglementée par l'autorisation de l'autre partie.

2. Le nombre d'appareils a augmenté par rapport aux exercices précédents, notamment du fait d'une partition plus précise d'installations imposantes en plusieurs sous-ensembles représentant chacun un accélérateur (par exemple pour les synchrotrons).

GRAPHIQUE 11 **Répartition sur le territoire national, selon l'entité ASN compétente, des établissements autorisés ou enregistrés mettant en œuvre des sources de rayonnements ionisants dans le domaine de la recherche en 2024**



GRAPHIQUE 12 **Évolution du nombre d'événements déclarés à l'ASN dans le secteur de la recherche de 2015 à 2024**



Dans le domaine de la recherche, on peut citer deux installations de production de rayonnement synchrotron en France : l'ESRF (*European Synchrotron Radiation Facility*) de Grenoble et le synchrotron Soleil (Source optimisée de lumière d'énergie intermédiaire de Lure) à Gif-sur-Yvette.

Par ailleurs, on voit apparaître de plus en plus d'accélérateurs de particules utilisés à des fins de recherche et fonctionnant sur le principe d'interactions laser-plasma : ces dispositifs permettent de générer des faisceaux de particules très énergétiques (jusqu'à quelques centaines de mégaélectronvolts pour certaines installations) et sur des temps très courts pouvant descendre jusqu'à la femto seconde (10^{-15} seconde).

Depuis quelques années, des accélérateurs de particules sont utilisés en France pour la lutte contre la fraude et les grands trafics internationaux. Cette technologie, jugée efficace par les opérateurs, doit cependant être mise en œuvre sous certaines conditions afin de respecter les règles de radioprotection applicables aux travailleurs et au public, en particulier :

- l'interdiction d'activation des produits de construction, des biens de consommation et des denrées alimentaires prévue par l'article R. 1333-2 du code de la santé publique, en veillant à ce que l'énergie maximale des particules émises par les accélérateurs mise en œuvre exclut tout risque d'activation des matières contrôlées ;
- l'interdiction générale d'usage des rayonnements ionisants sur le corps humain à d'autres fins que médicales ;
- la mise en place de procédures permettant de s'assurer que les contrôles opérés sur les marchandises ou les véhicules de transport ne conduisent pas à une exposition accidentelle de travailleurs ou de personnes. La recherche de clandestins dans les véhicules de transport au moyen de technologies ionisantes est ainsi interdite en France. Lors de contrôles de type douanier par technologie scanner sur les camions, par exemple, les chauffeurs doivent être tenus éloignés du camion et d'autres contrôles doivent être mis en place avant l'irradiation pour détecter l'éventuelle présence de migrants clandestins, afin d'éviter une exposition non justifiée de personnes pendant le contrôle.

3.3.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

L'utilisation d'accélérateurs de particules présente des enjeux importants pour la radioprotection des travailleurs ; ces

installations font l'objet d'une attention particulière de l'ASN et sont donc régulièrement inspectées.

Entre 2022 et 2024, 45 établissements différents équipés de ces appareils (dont 16 en 2024) ont été contrôlés par l'ASN.

L'état de la radioprotection dans les établissements utilisant ces équipements est jugé globalement satisfaisant par l'ASN. En effet, les principales exigences permettant de mener cette activité dans de bonnes conditions de radioprotection (organisation de la radioprotection, information et formation, vérifications techniques, zonage radiologique et conception des locaux dans lesquels sont utilisés ces appareils) sont convenablement mises en œuvre par la grande majorité des exploitants concernés.

Cependant, ces inspections ont également permis d'identifier des axes d'amélioration sur lesquels l'ASN restera vigilante :
• le respect de la fréquence imposée par la réglementation pour les vérifications techniques des équipements de travail ainsi que le traitement formalisé des non-conformités qui peuvent être décelées à cette occasion ;
• la présence d'un dispositif de déverrouillage actionnable depuis l'intérieur des locaux dans lesquels sont utilisés des accélérateurs de particules ;
• le bon fonctionnement du signal sonore associé à la procédure de ronde, cette dernière permettant de s'assurer de l'absence de personnes dans le local avant de pouvoir autoriser l'émission de rayonnements ionisants ;
• la présence de serrures à clef prisonnière au pupitre de commande[3] sur l'ensemble des accès aux locaux dans lesquels sont utilisés des accélérateurs de particules. L'accès principal est toujours muni de ce type de serrure, mais ce n'est pas toujours systématique pour les accès secondaires qui sont utilisés plus ponctuellement ;
• la maîtrise des moyens techniques (mot de passe, clef dédiée, etc.) permettant de court-circuiter des systèmes de sécurité dans le cadre de procédures de maintenance et d'entretien très spécifiques. Ces moyens doivent faire l'objet d'une surveillance constante pour éviter leur usage en dehors de ces procédures particulières ;
• la disponibilité d'un nombre suffisant d'appareils de mesure de la radioactivité pour les opérateurs qui accèdent à ces locaux et le maintien de ces appareils en conditions opérationnelles.

Enfin, en ce qui concerne le retour d'expérience, deux ESR ont été déclarés en 2024 à l'ASN par des établissements utilisant des accélérateurs de particules à des fins de recherche scientifique : ces exploitants ont détecté *via* des mesures d'ambiance des niveaux d'exposition plus élevés que d'habitude et incompatibles avec les zones radiologiques mises en place dans leurs locaux, y compris dans des zones ne faisant pas l'objet d'une délimitation.

Dans le premier cas, l'événement est dû à un changement des conditions d'utilisation expérimentale de l'appareil sans que le CRP n'en ait été informé. Dans le second, il est consécutif à une opération de maintenance de l'accélérateur ayant entraîné un dysfonctionnement : l'anomalie a été détectée précocement dans le cadre du processus de maintenance. Ces deux événements, qui ont été maîtrisés du point de vue de la radioprotection, n'ont pas conduit à la surexposition de personnes.

Par ailleurs, comme tous les ans, des événements récurrents liés à l'utilisation d'accélérateurs de particules lors de contrôles sécuritaires ont été déclarés à l'ASN. Au cours de ces contrôles, les services des douanes prennent des précautions (la diffusion de messages d'information en plusieurs langues, par exemple) pour éviter l'irradiation non justifiée de personnes qui pourraient être dissimulées dans ces véhicules (*voir point 3.3.1*). Malgré ces dispositions, les services des douanes déclarent régulièrement à l'ASN des événements liés à l'exposition de personnes dissimulées dans les véhicules contrôlés. Cette exposition, non justifiée, demeure néanmoins très faible, avec des doses efficaces reçues de l'ordre de quelques microsieverts par personne.

3.4 Les activités de recherche mettant en œuvre des sources radioactives non scellées

3.4.1 Les équipements utilisés

Dans le secteur de la recherche, l'ASN dénombrait, au 31 décembre 2024, 318 autorisations et 174 enregistrements délivrés au titre du code de la santé publique, dont près de 90 % délivrés à des structures publiques ou mixtes (publiques/privées). Le nombre d'autorisations est en diminution constante et s'explique par la cessation d'utilisation de sources de rayonnements ionisants au profit de technologies alternatives qui n'utilisent plus de propriétés ionisantes, mais également par les changements de régime intervenus ces dernières années. En effet, depuis 2019, certaines activités nucléaires sont passées du régime d'autorisation au régime de déclaration (*voir point 2.4.2*) et, depuis juillet 2021, d'autres activités sont désormais soumises au régime d'enregistrement (*voir point 2.4.2*). Ce nouveau régime vise en particulier la détention/utilisation de sources non scellées, jusqu'alors uniquement régie par le régime d'autorisation.

Les bascules totales des laboratoires de recherche du régime d'autorisation vers celui de l'enregistrement vont se poursuivre au cours des prochaines années, notamment pour les laboratoires qui réduisent les quantités de radionucléides manipulés. Ces établissements et laboratoires utilisent majoritairement des sources non scellées pour la recherche médicale et biomédicale, la biologie moléculaire, l'agroalimentaire, les sciences de la matière et des matériaux, etc. Ils peuvent par ailleurs être des fournisseurs de sources non scellées. Ils utilisent aussi des sources scellées pour la réalisation de chromatographies en phase gazeuse, de comptages par scintillation ou dans des irradiateurs. Des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants sont aussi mis en œuvre pour des analyses de spectre par fluorescence X ou par diffraction X. Les accélérateurs de particules, quant à eux, sont utilisés pour des recherches sur la matière ou pour la fabrication de radionucléides.

3.4.2 L'évaluation de l'état de la radioprotection

En 2024, l'ASN a procédé à 43 inspections dans ce secteur[4] (contre 52 inspections réalisées par an en moyenne sur la période 2022-2024). De manière générale, il en ressort que les actions engagées depuis plusieurs années ont permis des améliorations dans la mise en œuvre de la radioprotection au sein des laboratoires de recherche. Toutefois, cette démarche tend à s'essouffler quelque peu, des non-conformités récurrentes persistant d'une année à l'autre, comme par exemple pour la gestion des déchets.

Même si globalement le niveau de radioprotection reste satisfaisant dans les laboratoires de recherche, cela reste dépendant de l'implication des CRP et des moyens mis à leur disposition. Les enjeux de radioprotection de nombreux laboratoires de recherche sont plutôt faibles ou tendent à diminuer, ce qui se traduit par un basculement du régime de leur activité nucléaire de l'autorisation vers celui de l'enregistrement. Cette tendance se confirme d'une année à l'autre. Par ailleurs, les cessations d'activités nucléaires dans le domaine de la recherche se poursuivent, notamment en raison de l'abandon de techniques utilisant les rayonnements ionisants au bénéfice d'alternatives n'y recourant pas.

3. Une seule et même clef permet d'ouvrir les accès du local et de rendre opérationnel le pupitre de commande de l'accélérateur. De plus, ces clefs ne peuvent pas être retirées des serrures des portes d'accès si ces dernières sont ouvertes.

4. Parmi ces inspections, 16 concernaient exclusivement la mise en œuvre de sources radioactives scellées ou d'appareils électriques émettant des rayonnements ionisants.

L'ASN a, *a contrario,* identifié des axes de progrès persistants et qui continueront à rester des points de vigilance lors des prochaines inspections, notamment pour ce qui concerne la gestion et l'entreposage des sources et déchets/effluents, avec toujours des insuffisances dans la réalisation et l'enregistrement des contrôles avant leur élimination.

Les établissements ont toujours des difficultés à s'approprier la réglementation relative aux vérifications de radioprotection dont l'application pour des unités mixtes de recherche (UMR) peut s'avérer compliquée à mettre en œuvre.

L'ASN estime donc que les conditions d'entreposage et d'élimination des sources radioactives scellées en fin de vie, des déchets et effluents radioactifs restent toujours les principales difficultés rencontrées par les unités de recherche. Cette situation est particulièrement prégnante dans les universités, les ressources financières limitées des laboratoires publics pouvant constituer des obstacles pour ce qui concerne notamment la reprise des déchets et des sources périmées.

C'est ainsi que l'ASN reste attentive à la situation de certaines universités, avec un suivi renforcé, voire des actions de coercition, notamment pour la gestion d'un « historique » lourd de certains laboratoires qui n'ont pas évacué leurs déchets et sources périmées.

Les difficultés techniques, économiques et réglementaires concernant l'élimination d'anciennes sources scellées perdurent également.

En ce qui concerne la radioprotection des travailleurs, les inspections de 2024 ont confirmé des manquements persistants dans l'organisation et la réalisation des vérifications de radioprotection des équipements, des lieux de travail et de l'instrumentation de radioprotection, en raison de difficultés des unités de recherche à s'approprier la réglementation en vigueur. Cela concerne toujours la mise en œuvre complète du programme des vérifications périodiques (vérifications incomplètes ou manquantes). La performance sur cet indicateur est toujours à la baisse et confirme la tendance observée depuis 2022. En effet, seuls 43 % des établissements inspectés sont conformes quant à la bonne réalisation de ces vérifications.

Il en est de même pour les vérifications prévues au titre du code de la santé publique par l'arrêté du 24 octobre 2022 et par l'arrêté du 18 janvier 2023 portant homologation de la décision n° 2022-DC-0747 de l'ASN, pour lesquelles la situation est perfectible. Cette réglementation est encore mal comprise, ce qui nécessite que les inspecteurs fassent preuve de pédagogie.

En 2024, 72 % des établissements inspectés (contre 61 % en 2023) disposent de systèmes d'enregistrement et d'analyse des événements indésirables et des ESR. Cela rattrape le niveau de conformité observé en 2022 (76 %) et infléchit la baisse constatée depuis 2021. En 2024, l'ASN a enregistré 28 ESR concernant les activités de recherche (*voir graphique 12 page 274*), tous classés au niveau 0 de l'échelle INES.

La majorité des ESR déclarés concerne des cas de découverte de sources (68 %). Fréquemment ces découvertes fortuites font suite à des opérations de rangement au cours desquelles des sources « oubliées » sont retrouvées. Il s'agit, la plupart du temps, de reliquats d'activités nucléaires passées, parfois non régulières, parfois ayant fait l'objet d'une cessation formalisée, mais avec des lacunes ou des oublis sur le périmètre vérifié avant arrêt de l'activité. Dans certains cas également, la demande de cessation intervient après changement de personnel dans une logique d'apurement du passif, mais avec oubli d'une partie de l'historique de l'activité concernée. Enfin, l'absence d'action visant à l'élimination effective des sources au moment de la cessation ou une tenue irrégulière ou incomplète des inventaires de sources sont également des facteurs contributifs.

Les autres événements sont ponctuels et concernent la réception ou la détention de sources radioactives à une activité supérieure à celle autorisée, la mauvaise utilisation d'un appareil émetteur de rayons X lors d'une maintenance, le mélange d'effluents radioactifs avec de l'eau de pluie infiltrée dans la fosse de rétention de la cuve, et trois cas de contamination surfacique de lieu ou de matériels.

En ce qui concerne l'exposition des travailleurs, aucun cas de contamination de personne n'a été déclaré à l'ASN en 2024.

L'ASN a réactivé sa collaboration avec l'Inspection générale de l'éducation, du sport et de la recherche (IGESR) en 2023. L'IGESR est compétente en matière d'inspection du travail dans le secteur de la recherche publique. La convention signée en 2014 a été mise à jour et est en cours de signature. Elle prévoit l'échange d'informations réciproques permettant d'améliorer l'efficacité et la complémentarité des inspections. Des réunions annuelles entre l'ASN et l'IGESR sont également organisées.

4 — Les fabricants et distributeurs de sources radioactives et leur contrôle par l'ASN

4.1 Les enjeux

Le contrôle par l'ASN des fournisseurs de sources radioactives ou d'appareils en contenant a pour but la radioprotection des futurs utilisateurs. Il repose, d'une part, sur l'examen technique des appareils et sources sous l'angle de la sûreté du fonctionnement et des conditions de radioprotection pour l'utilisation et la maintenance futures. Il permet d'assurer, d'autre part, le suivi des mouvements de sources, la récupération et l'élimination des sources usagées ou en fin de vie. Les fournisseurs de sources ont également un rôle pédagogique vis-à-vis des utilisateurs.

À l'heure actuelle, seuls les fournisseurs de sources radioactives scellées (ou d'appareils en contenant) et de sources radioactives non scellées sont réglementés en France (*voir point 2.3.1*). L'ASN recense une petite centaine de fournisseurs à enjeux, dont 38 cyclotrons de basse et moyenne énergie implantés sur 33 sites, qui sont actuellement autorisés au titre du code de la santé publique. Parmi ces 38 cyclotrons, 34 sont actifs et produisent des radionucléides.

Les cyclotrons servent à produire des radionucléides en sources non scellées émetteurs de positons (fluor-18 principalement). Ces radionucléides sont utilisés soit pour des applications médicales, notamment en diagnostic *in vivo* ou dans des protocoles d'essais cliniques (recherche impliquant la personne humaine), soit pour des activités à visée de recherche.

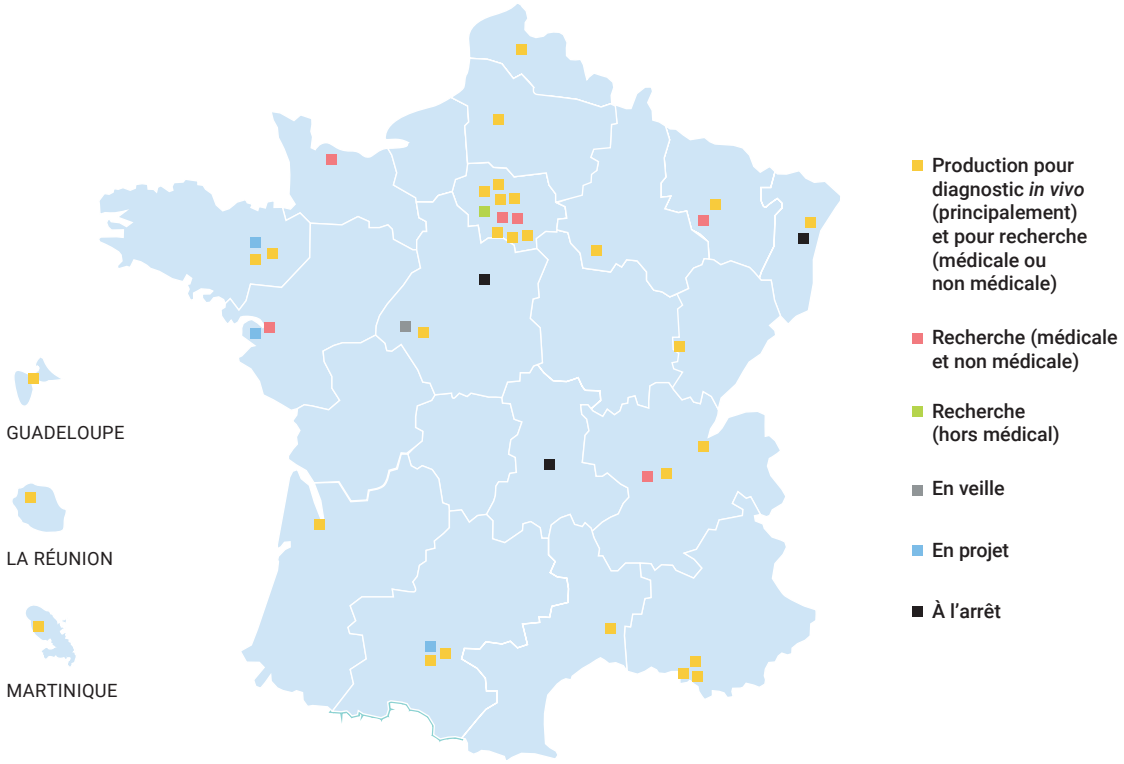
Par ailleurs, hors cyclotrons, la société Orano Med est en cours d'implantation d'un site de production de médicaments radiopharmaceutiques à base de plomb-212 dans le nord de la France. Ce centre aura pour vocation de fabriquer et distribuer ces médicaments destinés à l'alphathérapie (*voir chapitre 7*) à l'échelle européenne, notamment dans le cadre de la participation à des essais cliniques. Le procédé de fabrication se fera dans des enceintes blindées. La réception des installations et les premiers essais de manipulation de sources radioactives sont prévus au cours du premier semestre 2025.

4.2 Les cyclotrons

Fonctionnement

Au 31 décembre 2024, un cyclotron était en veille, trois à l'arrêt et 34 en fonctionnement. Parmi les 34 cyclotrons en fonctionnement nominal, 27 sont utilisés pour la production de radiopharmaceutiques destinés *a minima* au diagnostic *in vivo*, finalité à laquelle s'ajoute parfois la recherche médicale ou non médicale,

Implantation des cyclotrons en France



six produisent des radionucléides à des fins de recherche médicale ou non médicale, et un ne fabrique des radionucléides qu'à visée de recherche non médicale.

Le cyclotron du centre hospitalier universitaire (CHU) de la Martinique est entré en fonction début 2024 pour produire du fluor-18 et du carbone-11 en vue de réaliser des diagnostics *in vivo* et de participer à des essais cliniques. Ultérieurement, il pourra également produire de l'oxygène-15, du cuivre-64, du gallium-68 et du zirconium-89 pour les mêmes finalités.

Deux cyclotrons supplémentaires ont été autorisés par l'ASN en 2024 en région parisienne et sont maintenant en activité pour produire des médicaments radiopharmaceutiques : l'un était en veille et a été remis en service, l'autre correspond à l'installation d'un nouvel appareil sur un site qui en comportait déjà deux.

Par ailleurs, un nouveau site de production de médicaments radiopharmaceutiques à l'aide d'un cyclotron a été construit en banlieue proche de Rennes. Il vise à remplacer l'actuel site implanté dans l'enceinte du CHU. Une autorisation pour la réalisation des différents tests de qualification des équipements a été délivrée par l'ASN en 2024. La finalisation de cette phase d'essais et la réception de l'installation sont attendues au cours du premier semestre 2025 ; le démarrage de l'activité de production devrait suivre.

Enfin, un tout nouveau projet d'implantation d'un cyclotron au niveau du cancéropôle de la ville de Toulouse est attendu en 2025. Des discussions préliminaires ont eu lieu avec l'ASN sur ce projet en 2024 et le dépôt du dossier de demande d'autorisation par le futur exploitant est prévu durant le premier trimestre 2025.

L'évaluation de l'état de la radioprotection dans les installations utilisant des cyclotrons

Dans ce domaine, l'ASN exerce sa mission de contrôle depuis début 2010. Chaque nouvelle installation ou toute modification importante d'une installation existante fait l'objet d'une instruction complète par l'ASN. Les principaux enjeux de radioprotection concernant ces installations doivent être pris en compte dès la conception. L'application des normes, en particulier les normes NF M 62-105 « Accélérateurs industriels : installations », ISO 10648-2 « Enceintes de confinement » et ISO 17873 « Système de ventilation des installations nucléaires », garantit une utilisation sécurisée des équipements et permet une réduction importante des risques.

Les établissements disposant d'un cyclotron et fabriquant des radionucléides et des produits en contenant sont soumis à des limites de rejets d'effluents gazeux fixées dans leur autorisation. Les niveaux de rejets dépendent des fréquences et des types de production réalisée.

Afin de diminuer au maximum l'activité rejetée en sortie de cheminée, des systèmes de filtration et de piégeage des effluents gazeux sont installés dans les enceintes de production et dans les réseaux d'extraction des installations. De plus en plus d'exploitants mettent également en place des systèmes de récupération des gaz pour décroissance avant leur rejet, installés au plus près des enceintes blindées, permettant une diminution notable des activités rejetées dans l'environnement. Ces systèmes de compression des gaz radioactifs sont ensuite vidangés après une durée de décroissance adaptée à la nature du radionucléide.

De ce fait, les niveaux d'activités rejetées et la faible période des radionucléides rejetés sous forme gazeuse conduisent à une absence d'impact significatif sur le public et l'environnement.

Les travaux engagés ces dernières années sur les rejets gazeux des cyclotrons dans l'environnement, entre l'ASN et l'IRSN, ont permis de clarifier les attendus dans ce domaine. De nouvelles évaluations de l'impact de rejets des installations situées à proximité d'habitations ont été réalisées, pour certains établissements, au moyen d'outils de modélisation mieux adaptés aux champs proches. En parallèle, l'IRSN s'est doté en 2020 d'un outil informatique permettant une estimation plus précise des impacts radiologiques par la modélisation des rejets à proximité immédiate du site concerné et la réalisation, au besoin, de contre-expertises des études fournies par les exploitants.

En complément en 2022, à la demande de l'ASN, l'IRSN a mis à disposition des exploitants de cyclotrons un document précisant les éléments méthodologiques pour

Les cyclotrons

Un cyclotron est un équipement de 1,5 à 4 mètres de diamètre, appartenant à la famille des accélérateurs circulaires de particules. Les particules accélérées sont principalement des protons, dont l'énergie peut atteindre jusqu'à 70 MeV.

Un cyclotron est composé de deux électro-aimants circulaires produisant un champ magnétique et entre lesquels règne un champ électrique, permettant la rotation et l'accélération des particules à chaque tour effectué. Les particules accélérées viennent frapper une cible contenant un produit liquide, gazeux ou solide, qui, une fois irradié, va produire le radionucléide souhaité.

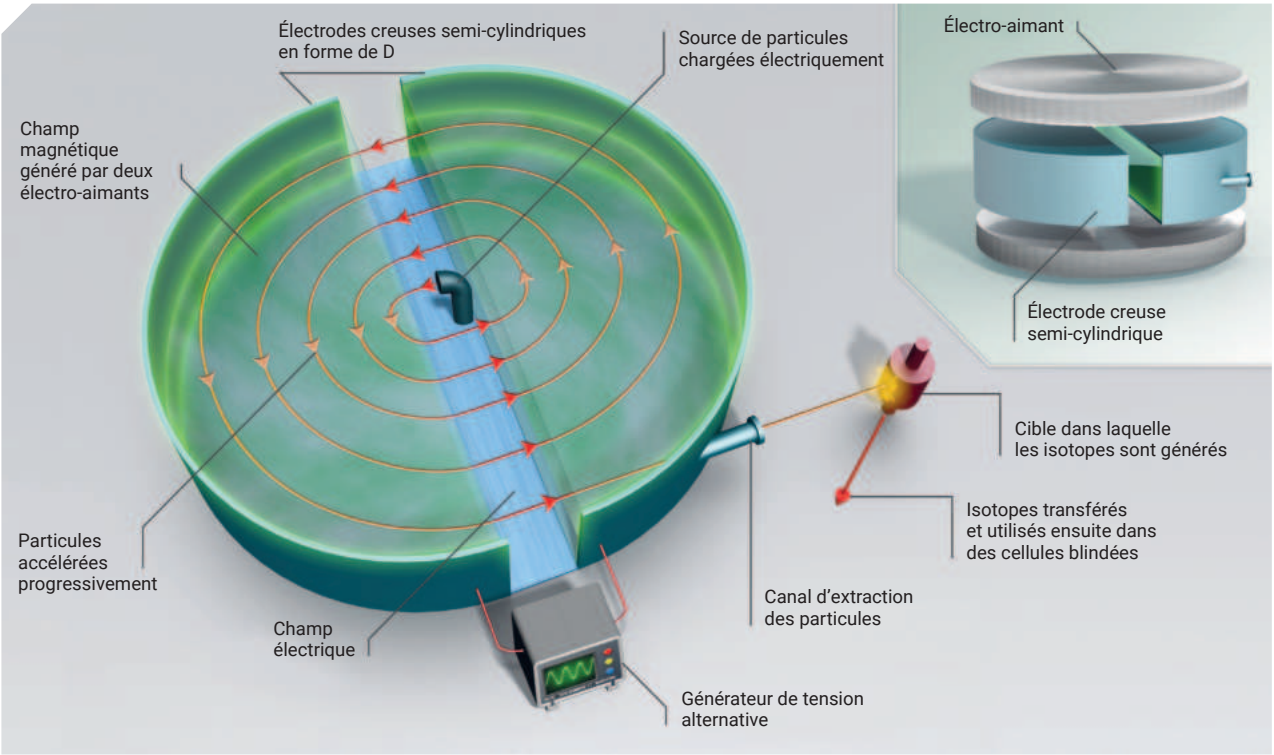
Les cyclotrons de basse et moyenne énergie sont principalement utilisés en recherche et dans l'industrie pharmaceutique pour fabriquer des radionucléides émetteurs de positons, tels que le fluor-18 ou le carbone-11. Les radionucléides sont ensuite combinés à des molécules plus ou moins complexes pour devenir des médicaments radiopharmaceutiques utilisés en imagerie médicale. Le plus connu est le ^{18F}FDG (fluorodésoxyglucose marqué au fluor-18), médicament injectable fabriqué industriellement et couramment utilisé pour le diagnostic précoce de certains cancers.

D'autres médicaments radiopharmaceutiques fabriqués à partir de fluor-18 ont également été développés ces dernières années, tels que la ^{18}F-choline, le ^{18}F-Na, la ^{18}F-DOPA et d'autres radiopharmaceutiques pour l'exploration du cerveau. Dans une moindre mesure, les autres émetteurs de positons pouvant être fabriqués avec un cyclotron d'une gamme d'énergie équivalente à celle nécessaire pour la production du fluor-18 et du carbone-11 sont l'oxygène-15 et l'azote-13. Toutefois, leur utilisation est encore limitée, du fait de leur période radioactive très courte. Certaines installations commencent également à produire du cuivre-64 ou du zirconium-89, encore utilisés à ce jour en recherche ou dans des essais cliniques.

Les ordres de grandeur des activités mises en jeu pour le fluor-18 habituellement rencontrés dans les établissements pharmaceutiques varient de 30 à 500 GBq par tir de production.

Les radionucléides émetteurs de positons fabriqués dans le cadre de la recherche mettent en jeu, quant à eux, des activités limitées, en général, à quelques dizaines de gigabecquerels.

Schéma simplifié de fonctionnement d'un cyclotron



l'élaboration de l'étude d'impact radiologique des rejets atmosphériques de leurs installations. Ce document détaille les différentes étapes d'une étude d'impact, notamment la caractérisation du terme source (rejets), la description précise de l'environnement local, celle des transferts dans l'environnement, en soulignant l'importance du choix de la méthode de calcul de dispersion et l'évaluation finale de la dose.

Il est disponible sur les sites Internet de l'ASN et de l'IRSN.

Un travail conjoint a été mené par l'ASN et l'IRSN, en y associant les exploitants de cyclotrons, afin de préciser notamment la formulation des valeurs limites des rejets atmosphériques figurant dans les autorisations. À ce jour, seule l'activité maximale pouvant être rejetée est généralement indiquée. Les conclusions de ces travaux alimenteront ceux relatifs au projet de texte réglementaire relatif aux cyclotrons (*voir page suivante*).

L'ASN réalise une dizaine d'inspections dans ce type d'établissements chaque année. Huit inspections ont été réalisées en 2024. Sur les huit sites inspectés, trois disposent de lignes de transfert avec le cyclotron d'un industriel (laboratoires de recherche).

Outre la distribution de sources radioactives non scellées, les aspects liés à la radioprotection, à la sécurité d'utilisation, ainsi qu'au bon fonctionnement des cyclotrons et des plateformes de production font l'objet d'une attention particulière lors des inspections. Le champ des inspections réalisées inclut, outre les éléments relatifs à la radioprotection, la gestion des événements internes, le suivi et la maintenance des équipements de production, le contrôle des systèmes de surveillance et d'asservissement ainsi que les bilans des rejets gazeux et la gestion des déchets et effluents liquides.

La distribution des médicaments radiopharmaceutiques ou des produits radiochimiques est correctement prise en compte par les exploitants.

L'organisation de la radioprotection est satisfaisante pour les huit sites inspectés. Tous les sites ont désigné au moins un CRP, et dans un seul cas, le CRP ne disposait pas de son certificat de formation à jour, mais la situation était en cours de régularisation. Tous les sites inspectés ont au moins une personne titulaire du CAMARI.

Les travailleurs exposés sont formés et disposent tous d'un suivi dosimétrique adapté.

Dans tous les établissements, un programme de vérifications des équipements de travail et de l'instrumentation de radioprotection est défini sauf dans un cas où certaines vérifications de l'étalonnage de l'instrumentation n'avaient pas été réalisées. De même, les contrôles et les vérifications de la présence et du bon fonctionnement des dispositifs de sécurité et d'alarme du cyclotron, des enceintes blindées et des récipients contenant des radionucléides sont réalisés sur tous les sites.

Concernant la gestion des sources radioactives, l'activité maximale des radionucléides détenus respecte les prescriptions de l'autorisation et les mesures sont appropriées pour empêcher l'accès non autorisé aux sources.

Les contrôles avant élimination finale des déchets et des effluents contaminés sont réalisés et tracés dans l'ensemble des établissements inspectés. Cependant, la gestion des déchets reste toujours un point d'attention notamment en ce qui concerne l'élimination régulière des déchets (afin d'éviter l'encombrement des locaux notamment sur les sites plus anciens avec des locaux déchets exigus) devant être repris par l'Andra. Les rejets atmosphériques sont généralement bien suivis. Ce suivi a permis en particulier d'identifier rapidement les dépassements mentionnés au paragraphe relatif aux ESR.

Enfin, des plans d'action nationaux sont mis en place par les exploitants des deux grands groupes nationaux de production de radiopharmaceutiques et sont suivis annuellement par l'ASN, dans l'objectif d'une amélioration continue de la radioprotection et de la sécurité de ces installations.

Quatre ESR ont été déclarés en 2024 par les exploitants de cyclotrons. Aucun de ces événements n'a conduit à des expositions significatives des travailleurs ou du public.

Deux des événements déclarés concernent un dépassement léger de la limite autorisée des rejets atmosphériques radioactifs, relevé notamment à la suite d'un problème métrologique au niveau des sondes de mesures. Des actions pour limiter les rejets ont été mises en place, notamment par le changement anticipé des filtres à charbon ou l'installation de systèmes de baudruches, ainsi que des actions visant à fiabiliser les mesures, en particulier la mise en place d'écrans autour des sondes de mesures pour diminuer les rayonnements parasites.

Les deux autres ESR concernent, pour le premier, une livraison de médicaments radiopharmaceutiques non conforme à l'autorisation du client quant à l'activité autorisée. Le second événement concerne le déclenchement de l'alarme d'un dosimètre opérationnel d'un travailleur, à la suite de l'ouverture d'une enceinte blindée au sein de laquelle une synthèse était en cours, ce en raison d'une défaillance du système de verrouillage de l'enceinte.

Il existe des disparités dans les moyens techniques et organisationnels mis en œuvre par les exploitants, en fonction de l'ancienneté des installations et de la nature des activités réalisées (recherche ou production industrielle). Le retour d'expérience dans ce domaine a conduit l'ASN à rédiger, avec l'appui de l'IRSN, un projet de texte réglementaire sur les règles techniques de conception et d'exploitation applicables aux établissements produisant des radionucléides au moyen d'un cyclotron et sur la maîtrise et le suivi des rejets de leurs effluents gazeux. Le projet de texte a déjà fait l'objet de plusieurs consultations informelles des parties prenantes et d'échanges avec la DGT ; son élaboration se poursuit afin de bâtir un référentiel réglementaire unique pour l'ensemble du secteur d'activité concerné. Les principales conclusions de ces travaux réglementaires sont d'ores et déjà utilisées dans le cadre de l'instruction des dossiers de demande d'exploitation de ces installations, afin d'inclure des prescriptions adaptées dans les décisions individuelles d'autorisation. Les conclusions issues des réflexions sur la formulation des valeurs limites des rejets atmosphériques y seront également incluses.

4.3 Les autres fournisseurs de sources

L'évaluation de l'état de la radioprotection

Les fournisseurs de sources radioactives, hors cyclotrons, proposent des solutions techniques dans les divers domaines de l'industrie, du secteur médical ou de la recherche. Il peut s'agir de fabricants de sources « nues » ou d'appareils contenant des sources radioactives scellées, de fabricants de sources radioactives non scellées ou bien de distributeurs qui importent des sources provenant de l'étranger. Dans tous les cas, l'ASN instruit les dossiers de demande d'autorisation des sources que ces fournisseurs souhaitent distribuer sur le territoire français.

En 2024, hors cyclotrons, 27 inspections ont été réalisées chez les fabricants/distributeurs de sources radioactives ou émettrices de rayonnements ionisants. Ces inspections ont été réalisées auprès de fabricants/distributeurs de sources radioactives scellées ou non scellées, de sociétés assurant la dépose de paratonnerres et parafoudres ou la dépose et le démantèlement de détecteurs de fumées à chambre d'ionisation (DFCI), et celles assurant la fabrication, l'installation ou la maintenance de générateurs électriques de rayonnements ionisants ou d'accélérateurs de particules (bien que n'étant pas encore soumis à une autorisation de distribution, ces équipements sont réglementés en utilisation, incluant notamment les opérations de mise en service ou de maintenance réalisées par les entreprises les commercialisant). Plusieurs des inspections réalisées ont porté sur des thématiques prioritaires autres que celles précitées, notamment quatre inspections ont traité de la protection des sources radioactives contre les actes de malveillance. Enfin, deux inspections ont porté sur un établissement étranger distribuant des sources radioactives sur le territoire français.

Ces inspections ont permis de contrôler environ un tiers des établissements à enjeux sur la base d'indicateurs spécifiques, notamment liés aux responsabilités des fournisseurs en matière du suivi des sources et de reprise des sources radioactives scellées auprès des utilisateurs, pour en assurer une élimination conforme aux enjeux de radioprotection de la population et de l'environnement.

L'état de la radioprotection lié à l'activité de distribution de radionucléides est jugé globalement satisfaisant par l'ASN. En effet, les principales exigences et responsabilités qui incombent aux fournisseurs (remise des documents lors de la distribution, mise en place des flux de reprise, transmission des informations à l'IRSN) sont convenablement mises en œuvre par la grande majorité d'entre eux, dans les mêmes proportions que celles relevées l'an dernier. Notamment, le respect de l'obligation de récupération sans condition des sources radioactives scellées distribuées périmées (dix ans à compter de la date du premier enregistrement figurant sur le formulaire de fourniture) ou sans usage, est stable par rapport à 2023.

Les inspections conduites durant l'année 2024 ont par ailleurs permis d'identifier des améliorations notables par rapport à 2023 en ce qui concerne le suivi de la distribution des accélérateurs de particules et des appareils électriques émettant des rayonnements ionisants par la mise en place d'outils de suivi adaptés.

De même, l'identification par les fournisseurs des sources radioactives scellées qu'ils ont distribuées et qui sont périmées (sources de plus de dix ans) mais dont la reprise n'a pas encore été effectuée, est en amélioration sensible par rapport à 2023.

Ces inspections ont néanmoins également mis en exergue certains points de vigilance, en particulier l'exhaustivité des vérifications à effectuer par les fournisseurs en amont de la livraison de toute source, indicateur qui est en recul par rapport à la situation de 2023. Ces vérifications comportent la mise en place d'une organisation adaptée (par des blocages informatiques ou des vérifications au cours de la préparation « physique » de la commande), incluant notamment la vérification de l'existence d'un acte administratif (décision d'autorisation ou d'enregistrement ou récépissé de déclaration) permettant au client de détenir les sources concernées, la vérification du fait que la livraison des sources n'induira pas à elle seule, compte tenu des autres sources déjà présentes sur le site, de dépassement des limites autorisées, et enfin, que l'adresse de livraison est cohérente avec les lieux de détention permis. Par ailleurs, la définition des conditions de reprise des sources effectuées à fixer au moment de leur livraison, n'est pas assurée par la totalité des fournisseurs inspectés et en repli par rapport à 2023.

Les ESR déclarés en 2024 sont en très légère augmentation par rapport à 2023, mais pour la deuxième année consécutive, aucun événement significatif de niveau 1 de l'échelle INES ou supérieur, n'a été recensé. Les ESR déclarés pour l'année 2024 auront principalement concerné de mauvaises gestions de dosimètres (oubli du dosimètre dans le bagage lors de contrôles sécuritaires par rayonnements X en zone aéroportuaire) ayant pour conséquence l'enregistrement de dose erronées, ou encore la découverte de substances radioactives (peinture radioluminescente au tritium, perte d'intégrité d'une source de cobalt-57 et découverte d'un porte-source contaminé) dans des lieux non prévus par l'autorisation des sites concernés. Quatre autres incidents auront par ailleurs induit des expositions anormales de travailleurs sans toutefois provoquer un dépassement d'une des valeurs limites réglementaires de dose. Ces incidents sont principalement dus à des non-respects de protocoles de maintenance. Aucun des ESR fournisseurs déclarés en 2024, n'aura eu de conséquence significative sur l'environnement ou les travailleurs.

5 — Conclusion et perspectives

La mise en œuvre du nouveau cadre réglementaire applicable aux activités nucléaires

En 2021, le renforcement de l'approche graduée du contrôle, fondée sur une nomenclature de classement des différentes catégories d'activités nucléaires mettant en œuvre des sources de rayonnements ionisants, s'était poursuivi avec l'entrée en vigueur des décisions relatives au régime d'enregistrement et le développement du service de télé-enregistrement associé permettant le dépôt des dossiers de demande en ligne. En 2024, l'ASN a complété les informations disponibles sur le portail Téléservices afin de mieux accompagner les utilisateurs dans ce nouveau régime.

Afin de finaliser l'ensemble du dispositif de refonte des régimes du code de la santé publique, l'ASN a engagé dès 2022 le processus de révision des trois décisions existantes relatives au contenu des dossiers de demande d'exercice d'activités nucléaires soumises au régime d'autorisation ; cette mise à jour inclura, le cas échéant, le volet relatif à la distribution des appareils électriques émettant des rayonnements X. Ces travaux se sont poursuivis en 2024 avec la mise en ligne début 2025 du nouveau formulaire de demande d'autorisation de détention et d'utilisation de sources radioactives scellées. En 2025, les travaux concerneront la détention et l'utilisation de sources radioactives non scellées.

En lien avec la DGT, l'ASN poursuit ses réflexions relatives à l'actualisation de la réglementation concernant les règles techniques de conception et les procédures de certification des appareils de radiologie industrielle (article R. 4312-1-3 du code du travail) en veillant à sa bonne articulation avec le cadre européen existant.

L'ASN a également participé en 2024 à la mise à jour de la partie du code du travail relative à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants (décret n° 2024-1238 du 30 décembre 2024).

En particulier à compter du 1er janvier 2026, la mise en œuvre dans une zone d'opération d'un appareil de radiologie industrielle dont la manipulation présente des risques importants d'exposition aux rayonnements ionisants et contenant une ou plusieurs sources scellées de haute activité nécessitera au moins deux salariés de l'entreprise détentrice disposant du CAMARI.

Dans ce cadre, les dispositions de l'actuelle décision n° 2007-DC-0074 de l'ASN du 29 novembre 2007 modifiée (qui fixe la liste des appareils ou catégories d'appareils pour lesquels la manipulation requiert le CAMARI) et celles de l'arrêté du 21 décembre 2007 modifié (qui définit les modalités de formation et de délivrance du CAMARI), seront à actualiser par un nouvel arrêté en 2025. Ce nouvel arrêté, à la rédaction duquel l'ASN est partie prenante depuis 2024, fixera également les modalités de mise en œuvre et d'utilisation des appareils mobiles de radiologie industrielle dans une zone d'opération.

Le contrôle de protection des sources radioactives contre les actes de malveillance

L'ASN a été désignée autorité de contrôle des dispositions visant à la protection des sources contre les actes de malveillance dans la majorité des installations. Il s'agit principalement des activités liées à la gammagraphie et à la curiethérapie. La publication du décret du 4 juin 2018 a permis l'entrée en vigueur, mi-2018, des premières dispositions en la matière : les RAN doivent notamment autoriser individuellement l'accès aux sources les plus dangereuses, leur convoyage et l'accès aux informations les protégeant.

Ces premières dispositions ont été renforcées avec l'entrée en application, au 1er janvier 2021, d'une partie de l'arrêté du 29 novembre 2019 modifié, qui demande d'adapter le fonctionnement et l'organisation de l'entreprise à ces risques spécifiques.

S'il s'agit de nouvelles dispositions réglementaires, c'est avant tout un risque supplémentaire à gérer et à intégrer dans la culture d'entreprise par la direction, notamment par des actions de sensibilisation et d'information du personnel à renouveler périodiquement.

À ce titre, le système de management de la qualité doit intégrer les dispositions en matière de lutte contre la malveillance et la direction des entreprises concernées doit dorénavant définir et formaliser une politique de protection contre la malveillance mise en œuvre par le RAN. Les ressources nécessaires doivent lui être attribuées, et il doit disposer des compétences nécessaires (en lui adjoignant éventuellement une personne formée sur la question) ainsi que d'une autorité suffisante.

Les dispositions adoptées doivent également prendre en compte l'aspect « cyber » afin de lutter contre la compromission des informations sensibles, aspect explicitement prévu par l'arrêté du 29 novembre 2019 modifié. L'ensemble des correspondants de l'entreprise, internes et externes, doit être sensibilisé sur ce sujet. Afin de pouvoir disposer de règles adaptées, les informations sensibles de l'entreprise doivent être bien identifiées et délimitées.

Au 1er juillet 2022, l'ensemble de l'arrêté est entré en vigueur et les dispositifs techniques de protection physique des sources devaient avoir été mis en place, aussi bien dans les installations que sur chantier (utilisation, détention) ou lors de transports routiers.

Depuis 2019, les inspections de l'ASN abordent la question de la protection des sources contre la malveillance de façon de plus en plus complète. Des inspections entièrement dédiées à cette question ont commencé en nombre limité dès 2021 et ont atteint leur « rythme de croisière » à partir de 2023 avec environ 60 inspections annuelles. Ce niveau d'inspection se maintiendra en 2025.

Lors de l'instruction des demandes d'autorisation d'activités nucléaires, l'ASN s'assure également que les dispositions organisationnelles et matérielles nécessaires ont été mises en place. Le contenu des dossiers à produire tient compte de cette question.

L'ASN a par ailleurs poursuivi les actions engagées en matière de formation de ses personnels et mis à leur disposition des outils internes (guide d'inspection, grilles d'instruction d'une demande d'autorisation, fiches question-réponse, réseaux de correspondants régionaux).

En conclusion, certains effets de l'arrêté du 29 novembre 2019 modifié sont bien perceptibles depuis un peu plus d'un an : diminution du stock de sources radioactives scellées de certains exploitants, regroupement d'agences de radiographie industrielle ou équipement des véhicules, amélioration des dispositifs protégeant les sources (protection physique, détection, contrôle d'accès, surveillance, etc.). Toutefois, la tâche n'est pas terminée. Les exploitants doivent par exemple anticiper l'impact de la diminution du nombre d'agences ou de lieux d'entreposage qui peut engendrer des contraintes plus fortes.

L'année 2025 devrait voir se poursuivre trois chantiers :

- l'évolution de l'arrêté du 29 novembre 2019 modifié. Sur la base du retour d'expérience des inspections réalisées, il s'agit davantage de préciser, voire d'assouplir, certaines dispositions que d'ajouter des prescriptions. Des discussions devront s'engager avec le ministère chargé de la transition énergétique signataire du texte, pour avancer sur ces points ;
- la réflexion en matière de protection des sources non scellées. L'IRSN avait été mandaté par le ministère chargé de la transition énergétique pour mener des enquêtes de terrain afin d'évaluer le niveau général de protection de ce type de sources. Celles-ci, principalement utilisées dans le secteur médical ou de la recherche, ont très souvent une activité radiologique de quelques jours au plus. Cependant, certaines activités mettent en œuvre des produits ne répondant plus vraiment à ces caractéristiques rassurantes. Sur la base du résultat des enquêtes menées, le ministère devrait se positionner sur le principe de réglementer ou non de telles sources en 2025. L'ASNR, directement concernée, notamment en raison de son suivi du secteur médical, devra participer à chaque étape de la réflexion ;
- l'entrée en vigueur effective d'un régime d'autorisation pour le transport routier de sources de catégories A, B ou C. Cette évolution fera certainement apparaître de nouvelles questions d'application et de doctrine sur l'arrêté relatif à la protection des sources contre la malveillance, notamment en ce qui concernent les transports avec les pays limitrophes.

09

Le transport de substances radioactives

Sommaire

1 **Les flux de transport de substances radioactives** p. 285

2 **La réglementation encadrant les transports de substances radioactives** p. 287

2.1 **Les risques associés au transport de substances radioactives**

2.2 **Le principe de défense en profondeur**

2.3 **Les exigences assurant la robustesse des différents types de colis**

2.3.1 Les colis exceptés
2.3.2 Les colis de type A et les colis industriels contenant des substances non fissiles
2.3.3 Les colis de type B et les colis contenant des substances fissiles
2.3.4 Les colis contenant de l'hexafluorure d'uranium
2.3.5 Les colis de type C

2.4 **Les exigences assurant la fiabilité des opérations de transport**

2.4.1 La radioprotection des travailleurs et du public
2.4.2 La signalisation des colis et des véhicules
2.4.3 Les responsabilités des différents acteurs du transport

2.5 **La préparation à la gestion des situations d'urgence**

2.6 **La réglementation encadrant les opérations de transport à l'intérieur des périmètres des installations nucléaires**

3 **Rôles et responsabilités pour le contrôle du transport de substances radioactives** p. 292

3.1 **Le contrôle de la sûreté et de la radioprotection**

3.2 **La protection contre les actes de malveillance**

3.3 **Le contrôle du transport de marchandises dangereuses**

4 **L'action de l'ASN dans le domaine du transport de substances radioactives** p. 293

4.1 **Délivrer les certificats d'agrément et les approbations d'expédition**

4.2 **Contrôler toutes les étapes de la vie d'un colis**

4.2.1 Le contrôle de la fabrication des emballages
4.2.2 Le contrôle de la maintenance des emballages
4.2.3 Le contrôle des colis non soumis à agrément
4.2.4 Le contrôle de l'expédition et du transport des colis
4.2.5 L'analyse des événements relatifs au transport

4.3 **Participer à l'élaboration de la réglementation applicable aux transports de substances radioactives**

4.3.1 Participation aux travaux de l'Agence internationale de l'énergie atomique
4.3.2 Participation à l'élaboration de la réglementation nationale

4.4 **Contribuer à l'information du public**

4.5 **Participer aux relations internationales dans le domaine des transports**

4.5.1 Travaux de l'Association européenne des autorités compétentes dans le domaine des transports
4.5.2 Relations bilatérales avec les homologues étrangers de l'ASN


NICOLAS
RADIOACTIVE
ANGLES MORTS

Le transport de substances radioactives constitue un secteur particulier du transport de marchandises dangereuses, caractérisé par les risques liés à la radioactivité. Le champ du contrôle de la sûreté du transport de substances radioactives couvre de nombreux domaines d'activité dans les secteurs industriels, médicaux et de la recherche. Il s'appuie sur une réglementation internationale exigeante.

1 — Les flux de transport de substances radioactives

Les marchandises dangereuses susceptibles d'être transportées sont réparties par la réglementation en neuf « classes », en fonction de la nature du risque associé (par exemple : matières explosibles, toxiques, inflammables, etc.). La classe 7 correspond aux substances radioactives.

Le transport de substances radioactives se distingue par sa grande diversité. Les colis de substances radioactives peuvent peser de quelques centaines de grammes à plus de 100 tonnes et l'activité radiologique de leur contenu peut s'étendre de quelques milliers de becquerels à des milliards de milliards de becquerels pour les colis de combustibles nucléaires irradiés. Les enjeux de sûreté sont également très variés. La très grande majorité des colis présente individuellement des enjeux de sûreté limités, mais une faible part des colis présente de très forts enjeux de sûreté.

Environ 770 000 transports de substances radioactives ont lieu chaque année en France. Cela correspond à environ 980 000 colis de substances radioactives, ce qui représente quelques pour cent du total des colis de marchandises dangereuses transportés chaque année en France. La très grande majorité des transports sont effectués par route, mais quelques-uns ont également lieu par voies ferrée, maritime et aérienne (*voir tableau 1 page suivante*). Ces transports concernent trois secteurs d'activité : l'industrie non nucléaire, le secteur médical et l'industrie nucléaire (*voir graphique 1*).

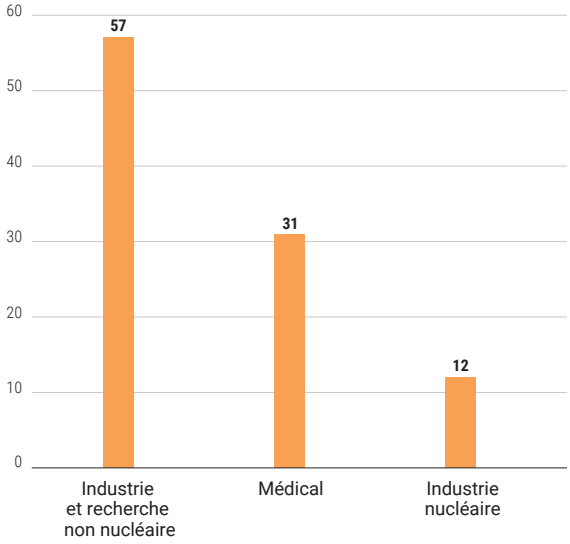
Une majorité des colis transportés sont à destination de l'industrie ou de la recherche, non nucléaire : il s'agit le plus souvent d'appareils contenant des sources radioactives qui ne sont pas utilisés à poste fixe et doivent donc être transportés très fréquemment. On peut, par exemple, citer les appareils de détection de plomb dans les peintures, utilisés pour les diagnostics immobiliers, ou les appareils de gammagraphie utilisés pour détecter par radiographie des défauts dans les matériaux. Les déplacements vers les différents chantiers expliquent le très grand nombre de transports pour l'industrie non nucléaire. Les enjeux de sûreté sont très variables ; en effet, la source radioactive contenue dans les détecteurs de plomb a une très faible activité radiologique, alors que celle contenue dans les appareils de gammagraphie a une activité nettement plus élevée.

Environ un tiers des colis transportés sont utilisés dans le secteur médical : il s'agit de fournir les centres de soins en sources radioactives, par exemple des sources scellées utilisées en radiothérapie ou des produits radiopharmaceutiques, et d'en évacuer les déchets radioactifs. L'activité des produits radiopharmaceutiques décroît rapidement (par exemple, la période radioactive du fluor-18 est proche de deux heures). Par conséquent, ces produits doivent être très régulièrement acheminés vers les services de médecine nucléaire, ce qui occasionne un nombre élevé de transports, dont la bonne réalisation est critique pour la continuité des soins. La plupart de ces produits ont des activités faibles ; néanmoins, une petite proportion d'entre eux, comme les sources utilisées en radiothérapie ou les sources irradiées servant à la production du technétium (utilisé en imagerie médicale), présente des enjeux de sûreté significatifs.

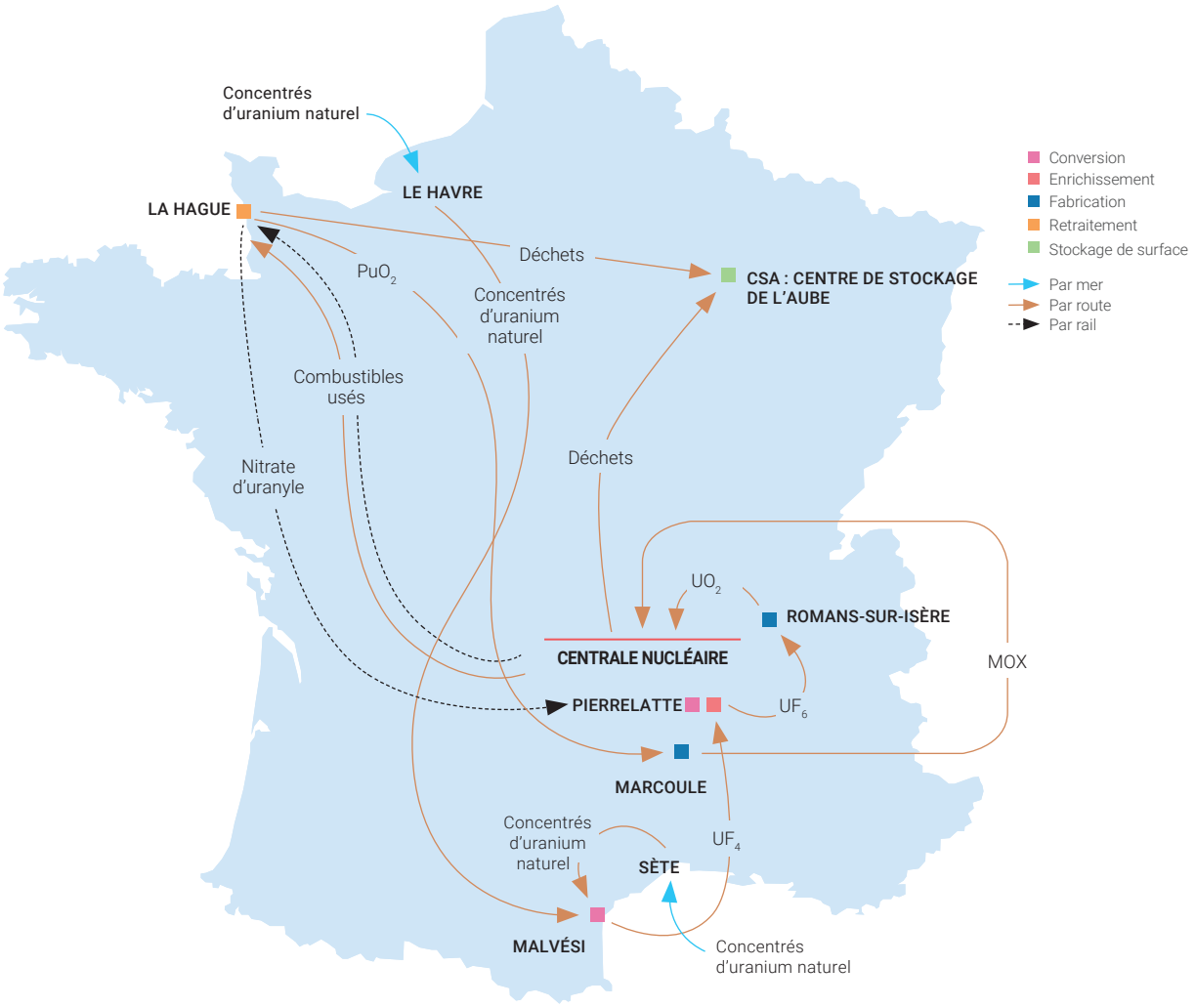
Enfin, 12 % des colis transportés en France sont en lien avec l'industrie nucléaire. Cela représente environ 19 000 transports annuels pour 114 000 colis. Ces transports sont nécessaires au fonctionnement du « cycle du combustible », du fait de la répartition des différentes installations et des centrales nucléaires sur le territoire national (*voir carte page suivante*). Suivant l'étape du « cycle », la forme physico-chimique et l'activité radiologique des substances varient fortement. Les transports à très forts enjeux de sûreté sont notamment les transports d'hexafluorure d'uranium (UF_6) enrichi ou non (dangereux notamment du fait des propriétés toxiques et corrosives de l'acide fluorhydrique formé par l'UF_6 au contact de l'eau), les évacuations de combustibles irradiés en direction de l'usine de retraitement de La Hague et les transports de certains déchets nucléaires. Parmi les transports liés à l'industrie nucléaire, on dénombre annuellement environ :

- 200 transports organisés pour acheminer les combustibles irradiés des centrales électronucléaires exploitées par EDF vers l'usine de retraitement Orano Recyclage de La Hague ;

GRAPHIQUE 1 **Proportion des colis transportés par domaine d'activité en %**



Transports associés au « cycle du combustible » en France



• une centaine de transports de plutonium sous forme d'oxyde entre l'usine de retraitement de La Hague et l'usine de production de combustible de Melox, située dans le Gard ;
• 250 transports d'UF_6 servant à la fabrication du combustible ;
• 400 transports de combustible neuf à base d'uranium et une cinquantaine de transports de combustible neuf « MOX » (Mélange d'OXydes) à base d'uranium et de plutonium ;
• 2000 transports en provenance ou à destination de l'étranger ou transitant par la France, pour environ 58000 colis transportés (colis de type industriel, A et B).

Les données statistiques présentées dans ce chapitre sont issues d'une étude menée par l'ASN en 2012. Celle-ci s'appuie sur des informations collectées auprès de tous les expéditeurs de substances radioactives (installations nucléaires de base – INB, laboratoires, hôpitaux, fournisseurs et utilisateurs de sources, etc.), ainsi que sur les rapports des conseillers à la sécurité des transports. Une synthèse est disponible sur *asn.fr* (rubrique « L'ASN informe/Dossiers pédagogiques/Transport des substances radioactives en France »). Les éléments dont dispose l'ASN montrent que ces ordres de grandeur restent d'actualité.

TABLEAU 1 **Répartition par mode de transport des matières radioactives**

Ordre de grandeur du nombre de colis et de transports		Route	Route et air	Route et rail	Route et mer	Route, mer et rail	Route, mer et air
Colis agréés par l'ASN	Nombre de colis	18000	1300	460	1900	0	0
	Nombre de transports	12500	1250	380	390	0	0
Colis non soumis à l'agrément de l'ASN	Nombre de colis	870000	47000	2900	6800	34500	5300
	Nombre de transports	740000	21000	530	910	80	5300

2 — La réglementation encadrant les transports de substances radioactives

Étant donné que les transports peuvent franchir les frontières, la réglementation encadrant les transports de substances radioactives repose sur des prescriptions à caractère international élaborées par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Elles sont regroupées dans le document *Specific Safety Requirements – 6* (SSR-6), qui sert de base aux réglementations européenne et française sur le sujet.

2.1 Les risques associés au transport de substances radioactives

Les risques majeurs associés au transport de substances radioactives sont les suivants :

- le risque d'irradiation externe de personnes en cas de détérioration de la protection radiologique des colis (matériau qui permet de réduire le rayonnement au contact des colis de substances radioactives) ;
- le risque d'inhalation ou d'ingestion de particules radioactives en cas de relâchement de substances radioactives hors de l'emballage ;
- la contamination de l'environnement en cas de relâchement de substances radioactives ;
- le démarrage d'une réaction nucléaire en chaîne non contrôlée (risque de criticité) pouvant occasionner une irradiation grave des personnes. Ce risque ne concerne que les substances fissiles.

Par ailleurs, les substances radioactives peuvent également présenter un risque chimique. C'est le cas, par exemple, pour le transport d'uranium naturel, faiblement radioactif, et dont le risque prépondérant pour l'homme est lié à la nature chimique du composé, notamment en cas d'ingestion. De même, l'UF_6, utilisé dans le cadre de la fabrication des combustibles pour les centrales électronucléaires, peut conduire, en cas de relâchement et de contact avec l'eau, à la formation d'acide fluorhydrique, qui est un puissant agent corrosif et toxique.

Par nature, les transports ont lieu sur l'ensemble du territoire national et sont soumis à de nombreux aléas difficiles à contrôler ou à anticiper, comme le comportement des autres véhicules empruntant la même voie de circulation. Il n'est donc pas possible d'exclure la possibilité qu'un accident de transport se produise en un point donné du territoire national, éventuellement à proximité immédiate des populations. Contrairement aux événements se déroulant au sein des INB, le personnel des industriels concernés est généralement dans l'incapacité d'intervenir immédiatement, voire de donner l'alerte (si le chauffeur est tué dans l'accident), et les premiers services de secours à intervenir ne sont *a priori* pas spécialisés dans la gestion du risque radioactif.

Pour faire face à ces risques, une réglementation spécifique a été mise en place pour encadrer les transports de substances radioactives.

2.2 Le principe de défense en profondeur

La sûreté des transports, comme la sûreté des installations, est fondée sur le concept de défense en profondeur, qui consiste à mettre en œuvre plusieurs niveaux de protection, techniques ou organisationnels, afin de garantir la sûreté du public, des travailleurs et de l'environnement, en conditions de routine, en cas d'incident et en cas d'accident sévère. Dans le cas du transport, la défense en profondeur repose sur trois niveaux de protection complémentaires :

- la robustesse du colis, qui permet d'assurer un maintien des fonctions de sûreté, y compris en cas d'accident sévère si les enjeux le justifient. Afin de garantir cette robustesse, la réglementation prévoit des épreuves de référence auxquelles le colis doit résister ;
- la fiabilité des opérations de transport, qui permet de réduire l'occurrence des anomalies, des incidents et des accidents. Cette fiabilité est assurée par le respect des exigences réglementaires, telles que la formation des différents intervenants, la mise en place d'un système d'assurance de la qualité pour toutes les opérations, le respect des conditions d'utilisation des colis, l'arrimage efficace des colis, etc. ;
- la gestion des situations d'urgence, qui permet de limiter les conséquences des incidents et des accidents. Ce troisième niveau passe, par exemple, par la préparation et la diffusion de consignes à appliquer par les différents acteurs en cas d'urgence, la mise en place de plans d'urgence, la réalisation d'exercices de crise.

La robustesse des colis est particulièrement importante : le colis doit en dernier recours apporter une protection suffisante pour limiter les conséquences d'un incident ou d'un accident (en fonction de la dangerosité du contenu).

2.3 Les exigences assurant la robustesse des différents types de colis

On distingue cinq grandes familles de colis : colis exceptés, colis de type industriel, colis de type A, colis de type B, colis de type C. Ces familles sont définies en fonction des caractéristiques de la matière transportée, comme l'activité radiologique totale, l'activité spécifique, qui correspond au caractère plus ou moins concentré de la matière, et la forme physico-chimique.

La réglementation définit des épreuves qui simulent des incidents ou des accidents, à l'issue desquelles les fonctions de sûreté restent assurées. La sévérité des épreuves réglementaires est adaptée au danger potentiel de la substance transportée. De plus, des exigences supplémentaires s'appliquent aux colis transportant de l'UF_6 ou des matières fissiles, du fait des risques spécifiques présentés par ces substances.

2.3.1 Les colis exceptés

Les colis exceptés permettent de transporter des quantités faibles de substances radioactives, comme les produits radiopharmaceutiques de très faible activité. Du fait des enjeux de sûreté très limités, ces colis ne sont soumis à aucune épreuve de qualification. Ils doivent toutefois respecter un certain nombre de spécifications générales, notamment relatives à la radioprotection, pour garantir que le niveau de rayonnement autour des colis exceptés reste très bas.

TABLEAU 2 Répartition des colis de matières radioactives transportés par type

Type de colis		Part approximative des colis transportés annuellement
Colis agréés par l'ASN	Colis de type B, colis contenant des matières fissiles et colis contenant de l'UF_6	2 %
Colis non soumis à l'agrément de l'ASN	Colis de type A ne contenant pas de substances radioactives fissiles	32 %
	Colis industriels ne contenant pas de substances radioactives fissiles	8 %
	Colis exceptés	58 %

2.3.2 Les colis de type A et les colis industriels contenant des substances non fissiles

Les colis de type A permettent, par exemple, de transporter des radionucléides à usage médical couramment utilisés dans les services de médecine nucléaire, comme les générateurs de technétium. L'activité totale pouvant être contenue dans un colis de type A est limitée par la réglementation.

Les colis de type A doivent être conçus pour résister aux incidents pouvant être rencontrés lors du transport ou des opérations de manutention ou d'entreposage (petits chocs, empilement des colis, chute d'un objet perforant sur le colis, exposition à la pluie). Ces situations sont simulées par les épreuves suivantes :
• exposition à un orage important (hauteur de précipitation de 5 centimètres par heure pendant au moins 1 heure) ;
• chute sur une surface indéformable d'une hauteur variable selon la masse du colis (maximum 1,20 mètre) ;
• compression équivalente à cinq fois la masse du colis ;
• pénétration d'une barre standard par chute d'une hauteur d'un mètre sur le colis.

Des épreuves supplémentaires sont nécessaires lorsque le contenu est sous forme liquide ou gazeuse.

Les colis industriels permettent de transporter de la matière avec une faible concentration d'activité ou des objets ayant une contamination surfacique limitée. Les matières uranifères extraites de mines d'uranium à l'étranger sont, par exemple, acheminées en France à l'aide de fûts industriels de 200 litres chargés dans des colis industriels. Trois sous-catégories de colis industriels existent en fonction de la dangerosité du contenu. Selon leur sous-catégorie, les colis industriels sont soumis aux mêmes épreuves que les colis de type A, à une partie d'entre elles ou seulement aux dispositions générales applicables aux colis exceptés.

Grâce aux restrictions imposées sur les contenus autorisés, les conséquences en cas de destruction d'un colis de type A ou d'un colis industriel resteraient limitées, à condition de prendre des mesures adaptées de gestion des accidents. La réglementation n'impose donc pas que ces types de colis résistent à un accident sévère.

Du fait de leurs enjeux limités, les colis industriels et de type A ne font pas l'objet d'un agrément par l'ASN : la conception et la réalisation des épreuves relèvent de la responsabilité du fabricant. Ces colis et leurs dossiers de démonstration de sûreté sont contrôlés par sondage lors des inspections de l'ASN.

2.3.3 Les colis de type B et les colis contenant des substances fissiles

Les colis de type B sont les colis permettant de transporter les substances les plus radioactives, comme les combustibles irradiés ou les déchets nucléaires vitrifiés de haute activité. Les colis contenant des substances fissiles sont des colis de type industriel, A ou B qui sont, de plus, conçus pour transporter des matières contenant de l'uranium-235 ou du plutonium et pouvant, de ce fait, conduire au démarrage d'une réaction nucléaire en chaîne incontrôlée. Il s'agit essentiellement de colis utilisés par l'industrie nucléaire. Les appareils de gammagraphie relèvent également de la catégorie des colis de type B.

Compte tenu du niveau de risque élevé présenté par ces colis, la réglementation impose qu'ils soient conçus de façon à garantir, y compris en cas d'accident sévère de transport, le maintien de leurs fonctions de confinement de la matière radioactive et de protection radiologique (pour les colis de type B), ainsi que de sous-criticité (pour les colis contenant des matières fissiles). Les conditions accidentelles sont simulées par les épreuves suivantes :
• une épreuve de chute de 9 mètres de haut sur une cible indéformable. Le fait que la cible soit indéformable signifie que toute l'énergie de la chute est absorbée par le colis, ce qui est très pénalisant. En effet, si un colis lourd chute sur un sol réaliste, le sol se déformera et absorbera donc une partie de l'énergie. Une chute sur une cible indéformable de 9 mètres peut donc correspondre à une chute d'une hauteur nettement plus élevée sur un sol réaliste. Cette épreuve permet également de simuler le cas où le véhicule percuterait un obstacle. Lors de la chute libre de 9 mètres, le colis arrive à environ 50 kilomètres par heure sur la cible. Cependant, cela correspond à un choc réel à bien plus grande vitesse car, dans la réalité, le véhicule et l'obstacle absorberaient tous deux une partie de l'énergie ;
• une épreuve de poinçonnement : le colis est lâché depuis 1 mètre de hauteur sur un poinçon métallique. Le but est de simuler l'agression du colis par des objets perforants (par exemple, des débris arrachés au véhicule lors d'un accident) ;
• une épreuve d'incendie de 800 °C pendant 30 minutes. Cette épreuve simule le fait que le véhicule puisse prendre feu après un accident ;
• une épreuve d'immersion sous 15 mètres d'eau pendant 8 heures. Cette épreuve permet de tester la résistance du colis à la pression, pour le cas où il tomberait dans de l'eau (dans un fleuve en bord de route ou dans un port lors du déchargement d'un navire). Certains colis de type B doivent de plus subir une épreuve poussée d'immersion, qui consiste en une immersion sous 200 mètres d'eau pendant une heure.

Les trois premières épreuves (chute, poinçonnement et incendie) doivent être réalisées successivement sur le même spécimen de colis. Elles doivent être réalisées dans la configuration la plus pénalisante (orientation du colis, température extérieure, position du contenu, etc.).

Les modèles de colis de type B et ceux contenant des substances fissiles doivent recevoir un agrément de l'ASN ou, dans certains cas, d'une autorité compétente étrangère, pour être autorisés à circuler. Pour obtenir cet agrément, le concepteur du modèle de colis doit démontrer dans le dossier de sûreté la résistance aux épreuves mentionnées ci-dessus. Cette démonstration est habituellement apportée au moyen d'épreuves réalisées sur une maquette à échelle réduite représentant le colis et de calculs numériques (pour simuler le comportement mécanique et thermique du colis, ou pour évaluer le risque de criticité).

2.3.4 Les colis contenant de l'hexafluorure d'uranium

L'UF_6 est utilisé dans le « cycle du combustible ». C'est sous cette forme que l'uranium est enrichi. On trouve donc de l'UF_6 naturel (c'est-à-dire formé d'uranium naturel), de l'UF_6 enrichi (c'est-à-dire avec une composition isotopique enrichie en uranium-235) et de l'UF_6 appauvri.

Outre les dangers présentés du fait de sa radioactivité, voire de son caractère fissile, l'UF_6 présente aussi un fort risque chimique. La réglementation prévoit donc des prescriptions particulières pour les colis d'UF_6. Ils doivent satisfaire aux prescriptions de l'édition 2020 de la norme ISO 7195, qui régit la conception, la fabrication et l'utilisation des colis. Ces colis sont de plus soumis à trois épreuves :
• une épreuve de chute libre entre 0,3 et 1,2 mètre (selon la masse du colis) sur cible indéformable ;
• une épreuve thermique, avec un feu de 800 °C durant 30 minutes ;
• une épreuve de tenue hydrostatique à 27,6 bars.

Les colis contenant de l'UF_6 enrichi, donc fissile, sont également soumis aux prescriptions présentées précédemment (*voir point 2.3.3*).

L'UF_6 est transporté dans des cylindres métalliques, de type 48Y ou 30C. Dans le cas de l'UF_6 enrichi, ce cylindre est transporté avec une coque de protection, qui fournit la protection nécessaire pour résister aux épreuves applicables aux colis contenant des matières fissiles. Les modèles de colis contenant de l'UF_6 doivent également obtenir un agrément de l'ASN, ou d'une autorité compétente étrangère, pour être autorisés à circuler.

2.3.5 Les colis de type C

Les modèles de colis de type C sont destinés à transporter des substances hautement radioactives par voie aérienne. Il n'existe en France aucun agrément pour des colis de type C à usage civil.

Organismes de formation des chauffeurs de véhicules routiers transportant des substances radioactives

L'ASN a renouvelé en décembre 2023 et décembre 2024 les agréments des organismes chargés de former les conducteurs de véhicules effectuant le transport de marchandises dangereuses relevant de la classe 7. Ces agréments ont été délivrés après avis favorables du Comité interprofessionnel pour le développement de la formation dans le transport de marchandises dangereuses (CIFMD) et du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques (CSPRT).
Seuls l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN) et Form-Edit sont agréés pour cinq ans pour réaliser ces formations.

2.4 Les exigences assurant la fiabilité des opérations de transport

2.4.1 La radioprotection des travailleurs et du public

La radioprotection des travailleurs et du public doit être une préoccupation constante lors des transports de substances radioactives. Le public et les travailleurs non spécialisés ne doivent pas être exposés à une dose supérieure à 1 millisievert par an (mSv/an). Cependant, cette limite n'est pas destinée à constituer une autorisation d'exposer le public jusqu'à 1 millisievert (mSv). Notamment, les principes de justification et d'optimisation applicables à toute activité nucléaire s'appliquent aussi au transport de substances radioactives (*voir chapitre 2*).

La radioprotection fait l'objet de prescriptions précises dans la réglementation applicable au transport de substances radioactives. Ainsi, pour le transport par route, la réglementation prévoit que le débit de dose à la surface du colis ne doit pas dépasser 2 millisieverts par heure (mSv/h). Cette limite peut être augmentée à 10 mSv/h en « utilisation exclusive[1] », car l'expéditeur ou le destinataire peuvent alors donner des consignes pour limiter les actions à proximité du colis. Dans tous les cas, le débit de dose ne doit pas dépasser 2 mSv/h au contact du véhicule et doit être inférieur à 0,1 mSv/h à 2 mètres du véhicule. En supposant qu'un véhicule de transport atteigne la limite de 0,1 mSv/h à 2 mètres, une personne devrait séjourner 10 heures en continu à 2 mètres du véhicule avant que la dose reçue n'atteigne la limite annuelle d'exposition du public.

Ces limites sont complétées par des exigences relatives à l'organisation de la radioprotection au sein des entreprises. En effet, les entreprises intervenant dans les opérations de transport doivent mettre en place un programme de protection radiologique, qui regroupe les dispositions prises pour protéger les travailleurs et le public des risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants. Ce programme repose notamment sur une évaluation prévisionnelle des doses auxquelles sont exposés les travailleurs et le public. En fonction des résultats de cette évaluation, des actions d'optimisation doivent être mises en place pour rendre ces doses aussi basses que raisonnablement possible (principe ALARA[2]) : par exemple, des chariots plombés peuvent être mis à disposition des manutentionnaires pour réduire leur exposition. Cette évaluation permet également de décider de la mise en place d'une dosimétrie pour mesurer la dose reçue par les travailleurs, s'il est prévu que celle-ci risque de dépasser 1 mSv/an.

Enfin, l'ensemble des acteurs du transport doit être formé aux risques liés aux rayonnements, afin de connaître la nature des risques, ainsi que la manière de s'en protéger et d'en protéger les autres.

Les travailleurs qui interviennent lors des transports de substances radioactives sont par ailleurs soumis aux dispositions du code du travail relatives à la protection contre les rayonnements ionisants.

Le Guide de l'ASN n° 29 vise à accompagner les transporteurs dans la mise en œuvre de leurs obligations réglementaires relatives à la radioprotection des travailleurs et du public.

2.4.2 La signalisation des colis et des véhicules

Afin que les travailleurs puissent être informés du niveau de risque présenté par chaque colis, et donc pour qu'ils puissent s'en protéger efficacement, la réglementation impose que les colis soient étiquetés. Les étiquettes sont de trois types ; elles correspondent à différents niveaux de débit de dose au contact et à 1 mètre du colis. Les travailleurs intervenant à proximité du colis ont ainsi un moyen visuel de savoir quels sont les colis engendrant les débits de dose les plus importants et peuvent limiter leur temps à proximité de ceux-ci et les éloigner le plus possible (par exemple, en les chargeant à l'arrière du véhicule).

Les colis contenant des matières fissiles doivent, en outre, porter une étiquette spécifique. En effet, pour prévenir le risque de démarrage d'une réaction nucléaire en chaîne, ces colis doivent être éloignés les uns des autres. L'étiquette spécifique permet de vérifier facilement le respect de cette prescription.

Enfin, le marquage des colis doit comporter leur type, l'adresse de l'expéditeur ou du destinataire et un numéro d'identification. Cela permet d'éviter les erreurs de livraison et de pouvoir identifier les colis en cas de perte.

Les véhicules transportant des colis de substances radioactives doivent également avoir une signalisation spécifique. Comme tous les véhicules transportant des marchandises dangereuses, ils portent une plaque orange à l'avant et à l'arrière. De plus, ils doivent arborer une plaque-étiquette présentant un trèfle et indiquant « Radioactive ». L'objectif de la signalisation des véhicules est de fournir de l'information aux services de secours en cas d'accident.

2.4.3 Les responsabilités des différents acteurs du transport

La réglementation définit les responsabilités des différents acteurs qui interviennent au cours de la vie d'un colis, depuis sa conception jusqu'à son transport à proprement parler. Des exigences spécifiques sont associées à ces responsabilités. Ainsi :
- le concepteur du modèle de colis doit avoir conçu et dimensionné l'emballage en fonction des conditions d'utilisation prévues et des exigences réglementaires. Pour les colis de type B ou fissiles ou contenant de l'UF_6, il doit obtenir un agrément de l'ASN (ou, dans certains cas, d'une autorité étrangère) ;
- le fabricant doit réaliser l'emballage conformément à la description qui en est faite par le concepteur ;
- l'expéditeur a la responsabilité de remettre au transporteur un colis conforme aux exigences réglementaires. Il doit en particulier s'assurer que le transport de substance est autorisé, vérifier que le colis est adapté à son contenu, utiliser un colis en bon état et agréé (si besoin), effectuer les mesures de débit de dose et de contamination et étiqueter le colis ;
- le transport peut être organisé par un commissionnaire de transport. Celui-ci est chargé, pour le compte de l'expéditeur ou du destinataire, d'obtenir toutes les autorisations nécessaires et d'envoyer les différentes notifications requises par la réglementation. Il doit aussi sélectionner le

1. *L'utilisation exclusive correspond au cas où le véhicule est utilisé par un seul expéditeur. Celui-ci peut alors donner des instructions spécifiques pour le déroulement de l'ensemble des opérations de transport.*
2. *Le principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable *– « au plus faible niveau que l'on peut raisonnablement atteindre ») est apparu dans la publication 26 de 1977 de la Commission internationale de protection radiologique. Il était l'aboutissement d'une réflexion autour du principe d'optimisation de la radioprotection.*

moyen de transport, la société de transport et l'itinéraire en fonction des exigences réglementaires ;
• le chargeur est responsable du chargement du colis dans le véhicule et de son arrimage conformément aux instructions spécifiques de l'expéditeur et aux règles de l'art ;
• le transporteur, et notamment le conducteur, a la charge du bon déroulement de l'acheminement. Il doit notamment veiller au bon état du véhicule, à la présence de l'équipement de bord (extincteurs, équipements de protection individuelle du conducteur, etc.), au respect des limites de débit de dose autour du véhicule et à l'apposition des plaques orange et plaques-étiquettes ;
• le destinataire a l'obligation de ne pas différer, sans motif impératif, l'acceptation de la marchandise et de vérifier, après le déchargement, que les prescriptions le concernant sont bien respectées. Il doit notamment effectuer des mesures de débit de dose sur le colis après réception pour détecter un éventuel problème qui aurait pu survenir au cours du transport ;
• le propriétaire des emballages doit mettre en place un système de maintenance conforme à ce qui est décrit dans le dossier de sûreté et le certificat d'agrément, afin de garantir le maintien en bon état des éléments importants pour la sûreté.

Tous les acteurs du transport doivent mettre en place un système de gestion de la qualité (auparavant dénommé « système de gestion »), qui consiste en un ensemble de dispositions permettant de garantir le respect des exigences réglementaires et d'être en mesure d'en apporter la preuve. Cela consiste, par exemple, à effectuer des doubles contrôles indépendants des opérations les plus importantes, à mettre en place des listes à remplir pour s'assurer que les opérateurs n'oublient aucune action, à garder une trace de toutes les opérations et de tous les contrôles effectués, etc. Le système de gestion de la qualité est un élément fondamental pour assurer la fiabilité des opérations de transport.

Le Guide de l'ASN n°44 précise aux professionnels intervenant dans les opérations de transport de substances radioactives les attentes de l'ASN relatives au contenu d'un système de gestion de la qualité. Il décline notamment l'approche graduée, en proportionnant le niveau des exigences attendues pour le système de gestion aux enjeux de sûreté présentés par l'activité de ces professionnels et à la taille de l'entreprise concernée.

De plus, la réglementation prévoit que tous les opérateurs intervenant dans le transport reçoivent une formation adaptée à leurs fonctions et responsabilités. Cette formation doit notamment porter sur les mesures à prendre en cas d'accident.

Les entreprises qui acheminent, chargent, déchargent ou manutentionnent (après leur chargement et avant leur déchargement) des colis de substances radioactives sur le territoire français doivent déclarer ces activités de transport sur le portail Téléservices de l'ASN avant de les mettre en œuvre. Ce téléservice est également disponible en langue anglaise.

Les transports de certaines substances radioactives (notamment les substances fissiles) font l'objet d'une notification préalable adressée par l'expéditeur à l'ASN et au ministère de l'Intérieur sept jours avant le départ. Cette notification indique les matières transportées, les emballages utilisés, les conditions d'exécution du transport et les coordonnées de l'expéditeur, du transporteur et du destinataire. Elle permet aux pouvoirs publics de disposer rapidement des informations utiles en cas d'accident.

En 2024, 848 notifications ont été adressées à l'ASN.

2.5 La préparation à la gestion des situations d'urgence

La gestion des situations d'urgence est le dernier niveau de la défense en profondeur. En cas d'accident impliquant un transport, elle doit permettre d'en limiter les conséquences sur les personnes et l'environnement.

Un accident de transport pouvant avoir lieu n'importe où sur le territoire, il est vraisemblable que les premiers services de secours arrivant sur les lieux n'aient pas de formation spécifique au risque radiologique et que la population à proximité ne soit pas sensibilisée à ce risque. Il est donc particulièrement important que l'organisation de crise au niveau national soit suffisamment robuste pour tenir compte de ces éléments.

À ce titre, la réglementation prévoit des obligations pour les différents intervenants dans le domaine du transport. Ainsi, tous les intervenants doivent alerter immédiatement les services de secours en cas d'accident. Cela vaut notamment pour le transporteur, qui sera *a priori* le premier informé. Il doit également transmettre l'alerte à l'expéditeur. De plus, l'équipage du véhicule doit avoir à sa disposition dans la cabine des consignes écrites, indiquant notamment les premières actions à effectuer en cas d'accident (par exemple : activer le coupe-circuit, si le véhicule en est équipé, pour éviter le démarrage d'un incendie). Une fois l'alerte donnée, les intervenants doivent se mettre à la disposition des pouvoirs publics pour aider aux actions de secours, notamment en leur fournissant toutes les informations pertinentes. Cela concerne en particulier le transporteur et l'expéditeur, dont la connaissance du colis et de son contenu est précieuse pour déployer les mesures adaptées. Pour remplir ces obligations réglementaires, l'ASN recommande que les intervenants mettent en place des plans d'urgence afin de définir à l'avance une organisation et des outils qui leur permettront de réagir efficacement en cas de situation d'urgence réelle.

Le Guide de l'ASN n°17 présente les thèmes essentiels qu'il convient de développer dans un plan de gestion des incidents et accidents impliquant un transport de substances radioactives à usage civil.

Il pourrait arriver que le conducteur soit dans l'incapacité de donner l'alerte, s'il est blessé ou tué lors de l'accident. Dans ce cas, la détection de la nature radioactive du chargement reposerait entièrement sur les premiers services de secours. Les plaques portant la signalisation d'un trèfle indiquant la présence de substances radioactives, présentes sur les véhicules, permettent ainsi de signaler la présence de marchandises dangereuses : les services de secours ont alors la consigne de faire évacuer de façon réflexe une zone autour du véhicule, le plus souvent d'un rayon de 100 mètres, et d'indiquer le caractère radioactif du chargement à la préfecture, qui alertera l'ASN.

La gestion de l'accident est pilotée par le préfet, qui commande les opérations de secours. En attendant que les experts nationaux soient en mesure de lui apporter des conseils, le préfet s'appuie sur le plan d'urgence mis en place pour faire face à ces situations.

L'ASN est en mesure d'offrir son concours au préfet, en lui apportant des conseils techniques sur les actions plus spécifiques à mettre en place. L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) appuie l'ASN dans cette mission, en évaluant l'état du colis accidenté et en prévoyant l'évolution de la situation. De plus, la division territoriale de l'ASN dépêche un agent auprès du préfet afin de faciliter la liaison avec le centre national d'urgence. À compter du 1er janvier 2025, les missions de l'ASN et de l'IRSN concernant le transport de substances radioactives sont reprises par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – ASNR (*voir chapitre 4*).

En parallèle, des moyens humains et matériels seraient envoyés dès que possible sur le lieu de l'accident (appareils de mesure de la radioactivité, moyens médicaux, moyens de reprise des colis, etc.). Les équipes de pompiers spécialisées dans le risque radioactif (les cellules mobiles d'intervention radiologique – CMIR) seraient mises à contribution, ainsi que les cellules mobiles



Vue d'ensemble de la remorque avec la protection mécanique de l'EMEM à operculaire

Renforcement de la sûreté des transports internes de La Hague

L'exploitation de l'établissement Orano Recyclage de La Hague nécessite le transport interne de matières dangereuses et de déchets entre les différents ateliers. Ainsi, l'établissement dispose d'enceintes mobiles d'évacuation de matériel (EMEM) à operculaire pour transporter des échantillons, mais également des déchets technologiques irradiants, notamment les pièces usagées remplacées pour des motifs de sûreté (filtres de ventilation, vannes, pompes, etc.).

L'ASN a demandé à Orano Recyclage d'améliorer ce système de transport, spécifiquement sur la protection radiologique et le confinement, en situations incidentelles et accidentelles, y compris en cas de collision.
En réponse, Orano Recyclage a renforcé en 2024 la sûreté de ces transports en ajoutant notamment autour des EMEM une protection mécanique et en les dotant d'une nouvelle remorque de transport adaptée.

de l'IRSN, voire celles de certains exploitants nucléaires (comme le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – CEA, ou EDF), qui pourraient être réquisitionnées par le préfet en cas de besoin, même si le transport impliqué ne concernait pas ces exploitants.

Comme pour les autres types de situations d'urgence, la communication est un enjeu important en cas d'accident de transport pour informer les populations de la situation et transmettre des consignes sur la conduite à tenir.

Afin de préparer les pouvoirs publics à l'éventualité d'un accident impliquant un transport de substances radioactives, des exercices sont organisés et permettent de tester l'ensemble de l'organisation qui serait mise en place.

L'ASNR, qui reprend les missions de l'ASN et de l'IRSN en matière de transport, continuera en 2025 à œuvrer pour une bonne préparation des pouvoirs publics aux situations d'urgence impliquant un transport, notamment en promouvant la réalisation d'exercices de crise locaux et en diffusant des recommandations sur les actions à mener en cas d'accident.

Recommandations de l'ASN en cas d'accident de transport

La réponse des pouvoirs publics en cas d'accident de transport se déroule en trois phases :
• les services de secours arrivent sur les lieux et effectuent des actions de façon « réflexe » pour limiter les conséquences de l'accident et protéger la population. Le caractère radioactif des substances en jeu est découvert durant cette phase ;
• l'entité coordonnant l'action des secours confirme qu'il s'agit de substances radioactives, alerte l'ASN et l'IRSN et donne des consignes plus spécifiques aux intervenants en attendant le gréement des centres de crise nationaux ;
• une fois les centres de crise de l'ASN et de l'IRSN gréés, une analyse plus poussée de la situation est menée afin de conseiller le directeur des opérations de secours.

Durant les deux premières phases, les services de secours doivent gérer la situation sans l'appui des experts nationaux. L'ASN a donc élaboré en 2017, avec le concours de l'IRSN et de la Mission nationale d'appui à la gestion du risque nucléaire, un document destiné à guider l'action des services de secours. Il contient des informations générales sur la radioactivité, des conseils généraux aux services de secours pour intervenir en tenant compte des spécificités des transports de substances radioactives et des fiches organisées par type de substance, qui visent à fournir des informations et des conseils plus détaillés au coordinateur des actions de secours durant la phase 2. Ce document fera l'objet d'une actualisation en 2025.

2.6 La réglementation encadrant les opérations de transport à l'intérieur des périmètres des installations nucléaires

Des opérations de transport dites « opérations de transport interne » de marchandises dangereuses peuvent être réalisées sur les voies privées de sites nucléaires. Ces opérations ne sont alors pas soumises à la réglementation relative aux transports de marchandises dangereuses, qui ne s'applique que sur la voie publique. Pourtant, ces opérations présentent les mêmes risques et inconvénients que les transports de matières dangereuses sur la voie publique. Aussi, la sûreté de ces opérations doit être encadrée avec la même rigueur que tout autre risque ou inconvénient présent dans le périmètre des INB.

C'est pourquoi les opérations de transport interne de marchandises dangereuses sont soumises aux exigences de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB. Cet arrêté prévoit que les opérations de transport interne soient intégrées au référentiel de sûreté des INB.

Le code de l'environnement, complété par la décision n° 2017-DC-0616 de l'ASN du 30 novembre 2017, définit les opérations de transport interne qui doivent faire l'objet de demandes d'autorisation à l'ASN. Par ailleurs, l'ASN a publié le Guide n° 34, qui comporte des recommandations destinées aux exploitants pour la mise en œuvre des exigences réglementaires relatives aux opérations de transport interne.

3 — Rôles et responsabilités pour le contrôle du transport de substances radioactives

3.1 Le contrôle de la sûreté et de la radioprotection

En France, l'ASN est chargée depuis 1997 du contrôle de la sûreté et de la radioprotection du transport de substances radioactives pour les usages civils ; l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND) assure ce rôle pour les transports liés à la défense nationale. Dans son domaine de compétence, l'ASN contrôle, du point de vue de la sûreté et de la radioprotection, toutes les étapes de la vie d'un colis : conception, fabrication, maintenance, expédition, transport à proprement parler, réception, etc.

3.2 La protection contre les actes de malveillance

La lutte contre la malveillance consiste à prévenir les actes de sabotage, les pertes, disparitions, vols et détournements des matières nucléaires (au sens de l'article R*. 1411-11-19 du code de la défense), qui pourraient être utilisées pour fabriquer des armes. Le Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) placé auprès du ministre chargé de l'énergie représente réglementairement l'autorité responsable de la lutte contre les actes de malveillance pour les matières nucléaires.

Dans le domaine de la sécurité des transports, l'échelon opérationnel des transports (EOT) de l'IRSN est chargé de la gestion et du traitement des demandes d'accord d'exécution des transports de matières nucléaires, du suivi de ces transports et de la transmission aux autorités des alertes les concernant. Cette mission de sécurité est définie par l'arrêté du 28 février 2023 relatif à la sécurité du transport des matières nucléaires pris en application des articles R. 1333-4 et R. 1333-17 à R. 1333-19 du code de la défense. Ainsi, avant transport, le code de la défense impose aux transporteurs d'obtenir un accord d'exécution. L'EOT instruit les dossiers de demande correspondants. Cette instruction consiste à vérifier la conformité des dispositions prévues par rapport aux exigences définies par le code de la défense et l'arrêté du 28 février 2023 précité.

L'ASN a engagé le processus de mise à jour de sa décision n° 2015-DC-0503 du 12 mars 2015 relative au régime de déclaration des entreprises réalisant des transports de substances radioactives sur le territoire français. Cette mise à jour vise à introduire un régime d'autorisation pour les activités de transport des sources les plus radioactives au vu des enjeux qu'elles présentent en matière de sécurité. L'interface entre les dispositions issues de la nouvelle réglementation relative à la protection des sources de rayonnements ionisants et des lots de sources radioactives de catégories A, B, C et D contre les actes de malveillance (arrêté du 29 novembre 2019 modifié) et de la réglementation transport sera traitée.

3.3 Le contrôle du transport de marchandises dangereuses

La réglementation du transport de marchandises dangereuses relève de la Mission du transport des matières dangereuses (MTMD) du ministère chargé de l'environnement. Cette structure est chargée des actions relatives à la sécurité du transport de marchandises dangereuses hors classe 7 (radioactive) par voies routière, ferroviaire et de navigation intérieure. Elle dispose d'un organisme de concertation (sous-commission permanente chargée du transport des marchandises dangereuses au sein du CSPRT), appelé à donner son avis sur tout projet de réglementation relative au transport de marchandises dangereuses par voies ferroviaire, routière et de navigation intérieure. Les contrôles sur le terrain sont assurés par les contrôleurs des transports terrestres, rattachés aux directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement.

Afin que le contrôle des marchandises dangereuses soit aussi cohérent que possible, l'ASN collabore régulièrement avec les administrations concernées.

La répartition des différentes missions de contrôle est synthétisée dans le tableau 3.

TABLEAU 3 Administrations chargées du contrôle du mode de transport et des colis(*)

Mode de transport	Contrôle du mode de transport	Contrôle des colis
Voie maritime	Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM) du ministère chargé de l'environnement. La DGITM est en particulier chargée du contrôle du respect des prescriptions s'appliquant aux navires contenues dans le *Recueil international de règles de sécurité pour le transport de combustibles nucléaires irradiés, de plutonium et de déchets hautement radioactifs en colis à bord des navires* (recueil INF – *Irradiated Nuclear Fuel*).	La DGITM est compétente pour le contrôle des colis de marchandises dangereuses en général et, en coordination étroite avec l'ASN, des colis de substances radioactives.
Voies routières, ferrées et navigables	Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) du ministère chargé de l'environnement.	La Direction générale de la prévention des risques (DGPR) est chargée du contrôle des colis de marchandises dangereuses en général et, en coordination étroite avec l'ASN, des colis de substances radioactives.
Voie aérienne	Direction générale de l'aviation civile (DGAC) du ministère chargé de l'environnement.	La DGAC est compétente pour le contrôle des colis de marchandises dangereuses en général et, en coordination étroite avec l'ASN, des colis de substances radioactives.

* L'ASNR reprend en 2025 les missions de l'ASN et de l'IRSN en matière de transport.

4 — L'action de l'ASN dans le domaine du transport de substances radioactives

4.1 Délivrer les certificats d'agrément et les approbations d'expédition

Les colis de types B et C, ainsi que les colis contenant des matières fissiles et ceux qui contiennent plus de 0,1 kilogramme d'UF_6, doivent disposer d'un agrément de l'ASN pour pouvoir être utilisés pour les transports. Les concepteurs des modèles de colis qui font une demande d'agrément auprès de l'ASN doivent fournir, à l'appui de leur demande, un dossier de sûreté permettant de démontrer la conformité du colis à l'ensemble des prescriptions réglementaires. Avant de prendre la décision de délivrer ou non un agrément, l'ASN instruit ce dossier, en s'appuyant au besoin sur l'expertise de l'IRSN, pour vérifier que les démonstrations sont pertinentes et probantes. Le cas échéant, la délivrance de l'agrément est accompagnée de demandes afin que la démonstration de sûreté soit améliorée.

Dans certains cas, l'expertise de l'IRSN peut être complétée par une réunion du Groupe permanent d'experts pour les transports de substances radioactives (GPT). Les avis des groupes permanents d'experts (GPE) sont systématiquement publiés sur *asn.fr*. Le certificat d'agrément précise les conditions de fabrication, d'utilisation et de maintenance du colis de transport. Il est délivré pour un modèle de colis, indépendamment de l'opération de transport à proprement parler, pour laquelle aucun avis préalable n'est en général requis de l'ASN. Cette opération peut cependant être soumise à des contrôles au titre de la sécurité (protection physique des matières contre la malveillance sous le contrôle du HFDS du ministère chargé de l'environnement).

Les agréments sont délivrés en général pour une période de cinq ans. Dans le cas où un colis ne peut pas satisfaire à toutes les prescriptions réglementaires, la réglementation prévoit néanmoins la possibilité de réaliser son transport en effectuant une expédition sous arrangement spécial. L'expéditeur doit alors définir des mesures compensatoires permettant d'atteindre un niveau de sûreté équivalant à celui qui aurait été obtenu si les prescriptions réglementaires avaient été satisfaites. Par exemple, s'il n'est pas complètement démontré qu'un colis résiste à la chute de 9 mètres, une mesure compensatoire peut être de réduire la vitesse du véhicule, de le faire escorter et de choisir un itinéraire évitant une telle hauteur de chute. La probabilité d'un accident sévère, et donc d'un choc violent sur le colis, est ainsi fortement diminuée. Une expédition sous arrangement spécial ne peut se faire qu'avec l'accord de l'autorité compétente, qui émet alors une approbation d'expédition sous arrangement spécial prescrivant les mesures compensatoires à appliquer.

Dans le cas de certificats émis à l'étranger, la réglementation internationale prévoit leur reconnaissance par l'ASN. Dans certains cas, cette reconnaissance est automatique et le certificat étranger est directement valable en France. Dans d'autres cas, le certificat étranger n'est valable que s'il est validé par l'ASN, qui délivre alors un nouveau certificat.

En 2024, 15 demandes d'agrément ont été déposées par des industriels auprès de l'ASN.

L'ASN a délivré 25 certificats d'agrément ou d'approbation d'expédition, dont la répartition selon le type est présentée dans le graphique 2 (*voir page suivante*). La nature des transports et colis concernés par ces certificats est présentée dans le graphique 3 (*voir page suivante*).

1er certificat français d'approbation d'expédition en SCO-III

La société EDF souhaite expédier en Suède les parties inférieures des générateurs de vapeur (GV) usés de la centrale nucléaire de Fessenheim à des fins de valorisation des parties métalliques. Elle a déposé à cet effet auprès de l'ASN, en juillet 2022, une demande d'autorisation de transport multimodal en tant qu'objets contaminés superficiellement, dits « SCO III ». L'édition 2018 du règlement international du transport de l'AIEA n° SSR-6 a créé cette catégorie supplémentaire d'objets contaminés superficiellement afin de répondre à des besoins de transport d'objets contaminés de très grande taille, issus notamment d'opérations de démantèlement d'installations ou de remplacement de composants lourds, tels que les GV. En effet, ces objets, compte tenu de leurs dimensions, ne peuvent pas être chargés dans un emballage de transport dédié. À l'issue de l'instruction, l'ASN a délivré en juillet 2023 le premier certificat d'approbation d'expédition en SCO-III. Le transport de ces parties inférieures des GV est prévu mi-2025.

4.2 Contrôler toutes les étapes de la vie d'un colis

L'ASN réalise des inspections à toutes les étapes de la vie d'un colis : de la fabrication et la maintenance d'un emballage à la préparation des colis, leur acheminement et leur réception.

En 2024, l'ASN a réalisé 102 inspections dans le domaine du transport de substances radioactives (tous secteurs confondus). Les lettres de suite de ces inspections sont disponibles sur *asn.fr*.

Depuis 2023, l'ASN publie deux fois par an sur son site Internet la liste de certificats d'agrément des modèles de colis en vigueur qu'elle a émis.

4.2.1 Le contrôle de la fabrication des emballages

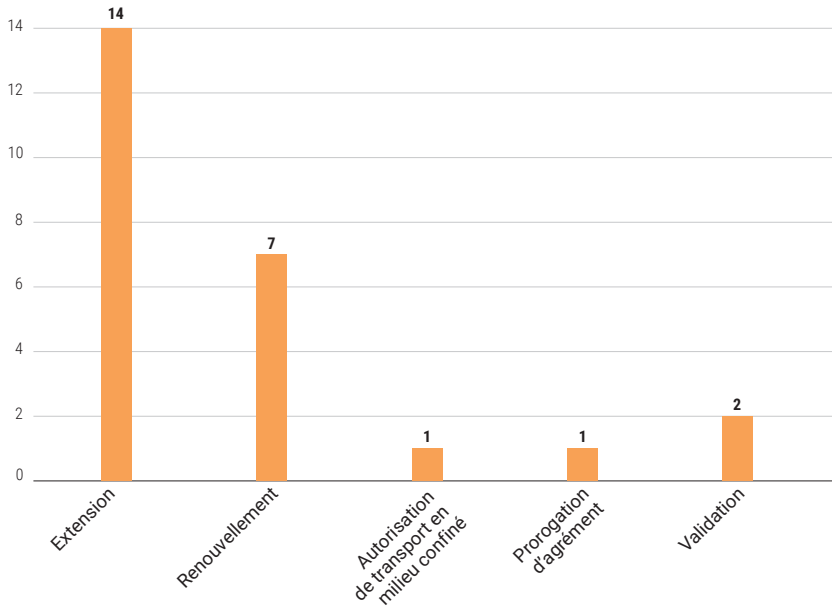
La fabrication des emballages de transport est une activité soumise à la réglementation applicable aux transports de substances radioactives. Le fabricant est responsable de la production d'emballages conformes aux spécifications du dossier de sûreté, qui démontre la conformité réglementaire du modèle de colis correspondant. Pour cela, il doit mettre en place un système de gestion de la qualité, couvrant toutes les opérations depuis l'approvisionnement des pièces et matières premières jusqu'aux contrôles finaux. De plus, le fabricant doit être en mesure de démontrer à l'ASN qu'il respecte les dispositions réglementaires et, en particulier, que les emballages fabriqués sont conformes aux spécifications du dossier de sûreté.

Les contrôles effectués par l'ASN dans ce domaine visent à s'assurer que le fabricant remplit ses responsabilités de façon satisfaisante.

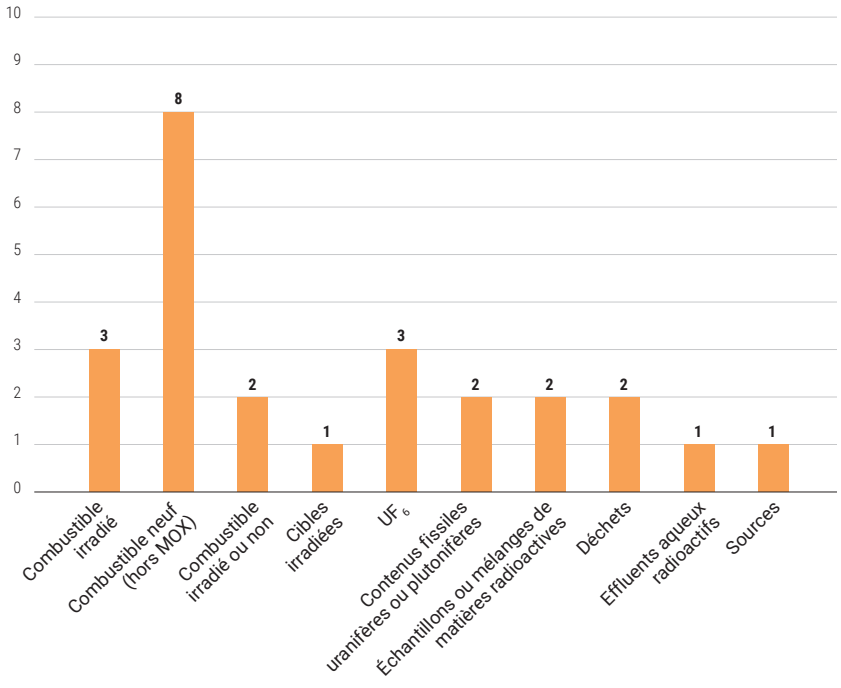
En 2024, l'ASN a mené neuf inspections d'opérations de fabrication de divers emballages disposant d'un agrément de l'ASN, à différentes étapes du processus : soudage, assemblage final, contrôles de fin de fabrication, montage des aménagements internes (servant à caler le contenu), etc.

Au cours de ces inspections, l'ASN examine les procédures de gestion de la qualité mises en place pour fabriquer un emballage à partir des données de conception, et contrôle leur mise en œuvre effective. Elle s'assure de la traçabilité des contrôles et des écarts éventuels lors de la fabrication. Elle se rend également dans les ateliers de fabrication, afin de vérifier les conditions d'entreposage des composants de l'emballage, l'étalonnage des appareils de contrôle et le respect des procédures techniques aux différentes étapes de la fabrication (soudage, assemblage, etc.).

GRAPHIQUE 2 **Répartition du nombre d'agréments émis en 2024, en fonction de leur type**



GRAPHIQUE 3 **Répartition du nombre d'agréments émis en 2024, en fonction du contenu transporté**



L'ASN contrôle le suivi de la fabrication du colis par le maître d'ouvrage et peut intervenir directement sur les sites de ses éventuels sous-traitants, qui se trouvent parfois dans des pays étrangers.

L'ASN peut également contrôler la fabrication des spécimens servant aux épreuves réglementaires de chute et aux essais de feu. Les objectifs sont les mêmes que pour le modèle de série, car les spécimens doivent être représentatifs et respecter les exigences maximales données par le dossier de fabrication de la maquette, qui fixeront les caractéristiques minimales des emballages réels à fabriquer.

L'ASNR a prévu de poursuivre en 2025 des inspections portant sur la fabrication d'emballages de transport. En effet, les irrégularités détectées en 2016 au sein de l'usine Framatome Le Creusot, qui ont notamment concerné certains emballages de transport, de même que la découverte en 2022 de falsifications pour des produits conventionnels chez le fabricant d'acier moulé et forgé japonais Japan Steel Works Ltd. (JSW) qui produit également des pièces pour des emballages de transport, ont confirmé l'importance de contrôler les opérations de fabrication et de maintenance des emballages.

4.2.2 Le contrôle de la maintenance des emballages

L'expéditeur ou l'utilisateur d'un emballage chargé de substances radioactives doit pouvoir prouver à l'ASN que cet emballage est inspecté périodiquement et, le cas échéant, réparé et maintenu en bon état, de sorte qu'il continue à satisfaire à toutes les prescriptions et spécifications pertinentes de son dossier de sûreté et de son certificat d'agrément, même après un usage répété. Pour les emballages agréés, les inspections réalisées par l'ASN concernent, par exemple, les activités de maintenance suivantes :

- les contrôles périodiques des composants de l'enveloppe de confinement (vis, soudures, joints, etc.);
- les contrôles périodiques des organes d'arrimage et de manutention ;
- la définition de la fréquence de remplacement des composants de l'emballage, qui doit prendre en compte toute réduction de performance due à l'usure, à la corrosion, au vieillissement, etc.

4.2.3 Le contrôle des colis non soumis à agrément

Pour les colis non soumis à un agrément de l'ASN, l'expéditeur doit être en mesure de fournir, sur demande de l'ASN, les documents prouvant que le modèle de colis est conforme à la réglementation applicable. En particulier, pour chaque colis, un dossier démontrant que le modèle respecte les exigences réglementaires, notamment qu'il résiste aux épreuves requises, et une attestation délivrée par le fabricant indiquant que les spécifications du modèle ont été pleinement respectées doivent être tenus à disposition de l'ASN.

Les différentes inspections réalisées ces dernières années confirment des progrès dans le respect de cette exigence et dans la prise en compte des recommandations de l'ASN formulées dans son guide relatif aux colis non soumis à agrément (Guide n° 7, tome 3).

Ce guide propose une structure et un contenu minimal des dossiers de sûreté démontrant la conformité des colis non soumis à agrément à l'ensemble des prescriptions applicables, ainsi que le contenu minimal d'une attestation de conformité à la réglementation d'un modèle de colis.

L'ASN a ainsi noté des améliorations dans le contenu du certificat de conformité et du dossier de sûreté élaborés par les intervenants concernés, notamment pour les modèles de colis industriels. La représentativité des essais réalisés et la démonstration de sûreté associée restent des points d'attention lors des inspections de l'ASN, notamment pour les colis de type A.

Par ailleurs, l'ASN relève encore, chez certains intervenants (concepteurs, fabricants, distributeurs, propriétaires, expéditeurs, entreprises réalisant les essais de chute réglementaires, la maintenance des emballages, etc.), des insuffisances dans les éléments visant à démontrer la conformité des colis à la réglementation. Les axes d'amélioration portent notamment sur les points suivants :
• la description des contenus autorisés par type d'emballage ;
• la démonstration de l'absence de perte ou de dispersion du contenu radioactif en conditions normales de transport ;
• le respect des prescriptions réglementaires en matière de radioprotection, notamment la démonstration, dès la conception, de l'impossibilité de dépasser les limites de débit de dose avec le contenu maximal autorisé.

4.2.4 Le contrôle de l'expédition et du transport des colis

Les inspections de l'ASN portent sur l'ensemble des exigences réglementaires incombant à chacun des acteurs du transport, à savoir le respect des exigences du certificat d'agrément ou de l'attestation de conformité, la formation des intervenants, la mise en œuvre d'un programme de protection radiologique, le bon arrimage des colis, les mesures de débit de dose et de contamination, la conformité documentaire, la mise en œuvre d'un programme d'assurance de la qualité, etc.

S'agissant plus particulièrement des transports liés aux activités nucléaires de proximité, les inspections de l'ASN confirment des disparités significatives d'un opérateur de transport à l'autre. Les écarts les plus fréquemment relevés portent sur le programme d'assurance de la qualité, le respect effectif des procédures mises en place et la radioprotection des travailleurs.

La connaissance de la réglementation applicable au transport de substances radioactives semble notamment imparfaite dans le secteur médical, où les dispositions mises en place par certains centres hospitaliers ou centres de médecine nucléaire pour les expéditions et réceptions de colis sont à renforcer. Leur système de gestion de la qualité reste encore à formaliser et à déployer, notamment en ce qui concerne les responsabilités de chacun des personnels impliqués pour la réception et l'expédition des colis.

Plus généralement, dans les activités de transport du nucléaire de proximité, les programmes de protection radiologique et les protocoles de sécurité ne sont encore pas systématiquement élaborés. L'ASN a également constaté que les contrôles menés avant l'expédition sur les véhicules et les colis doivent encore être améliorés. Les inspections portant sur le transport de gammagraphes mettent régulièrement en lumière un calage ou un arrimage inapproprié.

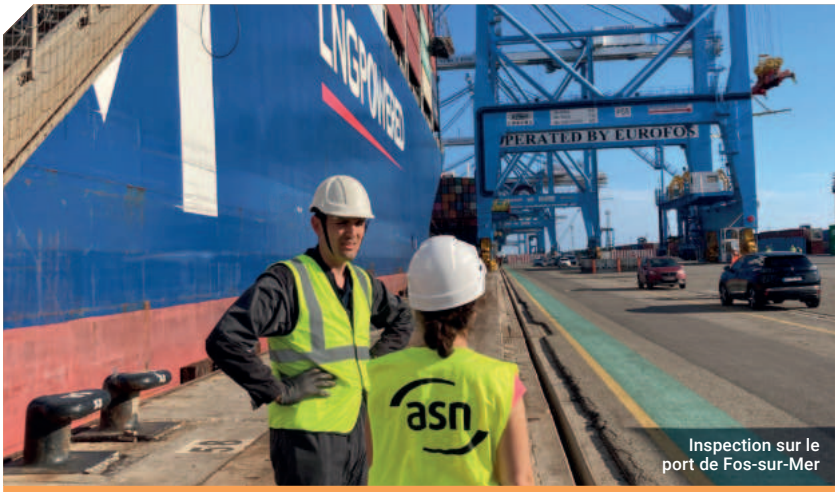
Dans le secteur des INB, l'ASN estime que les expéditeurs doivent améliorer la démonstration du fait que le contenu chargé dans l'emballage est effectivement conforme aux spécifications des certificats d'agrément et des dossiers de sûreté correspondants, y compris si cette démonstration est réalisée par une entreprise tierce. Dans ce dernier cas, l'expéditeur doit alors, au titre de ses responsabilités, vérifier que cette démonstration est appropriée et surveiller l'entreprise tierce selon les modalités usuelles d'un système d'assurance de la qualité.

Comme de plus en plus d'exploitants d'INB font appel à des prestataires pour la préparation et l'expédition des colis de substances radioactives, l'ASN porte une attention particulière à l'organisation mise en place pour assurer la surveillance de ces prestataires.

Enfin, en ce qui concerne les transports internes au sein des centrales nucléaires, l'ASN estime que l'exploitant doit rester vigilant sur l'application des règles d'arrimage des colis.

4.2.5 L'analyse des événements relatifs au transport

La sûreté du transport de substances radioactives repose notamment sur l'existence d'un système fiable de détection et de traitement des anomalies, des écarts ou, plus généralement, des événements anormaux pouvant survenir. Ainsi, une fois détectés, ces événements doivent être analysés afin :
• de prévenir le renouvellement d'événements identiques ou similaires par la mise en œuvre de mesures correctives et préventives appropriées ;
• d'éviter qu'une situation aggravée puisse se produire, en analysant les conséquences potentielles d'événements pouvant être précurseurs d'événements plus graves ;
• d'identifier les bonnes pratiques à promouvoir afin d'améliorer la sûreté des transports.



Inspection sur le port de Fos-sur-Mer

Inspection sur la sûreté du transport maritime de matières radioactives

Une inspection a eu lieu le 22 octobre 2024 au port de Fos-sur-Mer sur le thème du transport maritime de matières radioactives. Elle a porté sur le contenu et la mise en œuvre du programme de protection radiologique (PPR) d'Eurofos, ainsi que sur les formations portant sur la radioprotection et la sûreté des transports des matières radioactives suivies par le personnel à terre intervenant au port. Les inspecteurs ont constaté que seuls 10 % des dockers sont formés aux exigences spécifiques des transports de matières radioactives. Ils ont toutefois constaté que, à la suite de l'audit réalisé par l'Organisation maritime internationale (OMI) en 2023, Eurofos a prévu d'étendre les formations aux transports de marchandises dangereuses à un plus large personnel. L'ASN a demandé au port de former les dockers, les chefs de navire et le coordinateur sécurité à la radioprotection et à la sûreté des transports de matières radioactives et de prévoir leur mise à niveau régulière.

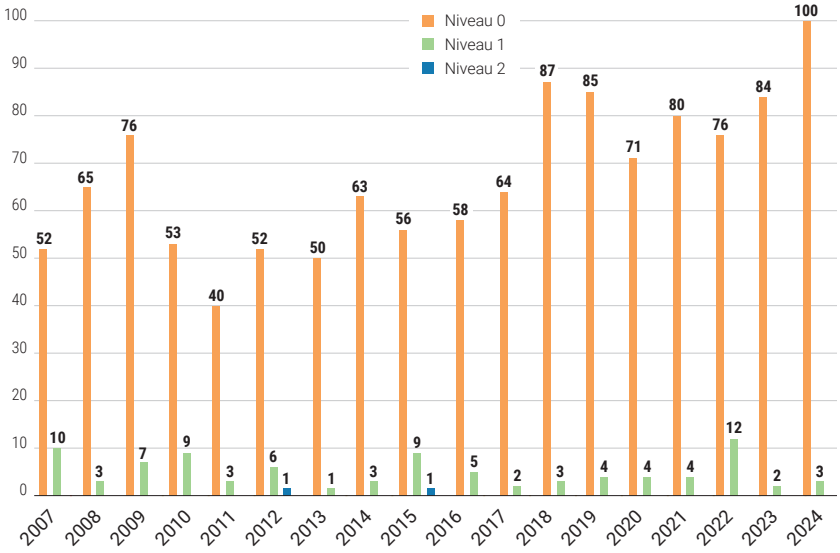


Inspection sur le site d'Orano Recyclage de La Hague

Inspection de l'expédition de colis CASTOR HAW28M vers le terminal ferroviaire de Valognes (Manche)

Le 18 novembre 2024, des inspecteurs de l'ASN se sont rendus sur le site d'Orano Recyclage de La Hague. Dans le cadre de la mise en application d'un accord intergouvernemental franco-allemand, le transport de quatre colis CASTOR HAW28M a eu lieu entre l'usine d'Orano Recyclage du site de La Hague (50) et le site de Phillipsburg (Allemagne). Ces emballages, chargés de conteneurs standards de déchets vitrifiés (CSD-V), font l'objet jusqu'au 9 février 2028 du certificat français F/667/B(U)F-96 (e) validant l'agrément initial délivré par l'autorité compétente allemande.
Lors de cette inspection, les inspecteurs de l'ASN étaient accompagnés de quatre experts en mesures radiologiques de l'IRSN, ainsi que de deux experts allemands de la *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung* (BAM), institut fédéral allemand apportant notamment une expertise relative aux dossiers de sûreté des modèles de colis de la classe 7 (matières radioactives).
Les inspecteurs ont vérifié la préparation et la manutention des colis, avant leur expédition en transport routier jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes. Avant le départ des camions, et en complément des mesures réalisées par Orano Recyclage, les experts de l'IRSN ont réalisé des contre-mesures de débit d'équivalent de dose au contact et à 2 mètres des colis et des ensembles routiers, ainsi que des contre-mesures de contamination surfacique non fixée, afin de vérifier le respect des critères réglementaires de radioprotection.
Au vu de leur examen des prescriptions du certificat de validation d'agrément, ainsi que des procès-verbaux attestant l'étanchéité à la fermeture des enceintes de confinement, ainsi que ceux attestant de différentes mesures radiologiques, les inspecteurs ont considéré que l'expédition des colis CASTOR HAW28M était conforme aux exigences réglementaires.

GRAPHIQUE 4 Évolution du nombre d'événements significatifs de transport de substances radioactives



La réglementation prévoit de plus que les événements les plus importants soient télédéclarés auprès de l'ASN, afin qu'elle puisse s'assurer du bon fonctionnement du système de détection, de la démarche d'analyse et de la prise en compte du retour d'expérience. Cela permet également à l'ASN de disposer d'une vision d'ensemble des événements afin de favoriser le partage du retour d'expérience entre les différents acteurs – y compris au niveau international – et d'alimenter ses réflexions sur les potentielles évolutions des dispositions encadrant le transport de substances radioactives.

Comme demandé dans l'article 7 de l'arrêté du 29 mai 2009 modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres, tout événement significatif concernant le transport de substances radioactives, que ses conséquences soient réelles ou potentielles, doit faire l'objet d'une déclaration à l'ASN sous quatre jours ouvrés, selon les modalités de son Guide n° 31 relatif à la déclaration des événements. Ce guide est consultable sur *asn.fr*. Après la déclaration, un compte-rendu détaillé de l'événement doit être adressé sous deux mois à l'ASN.

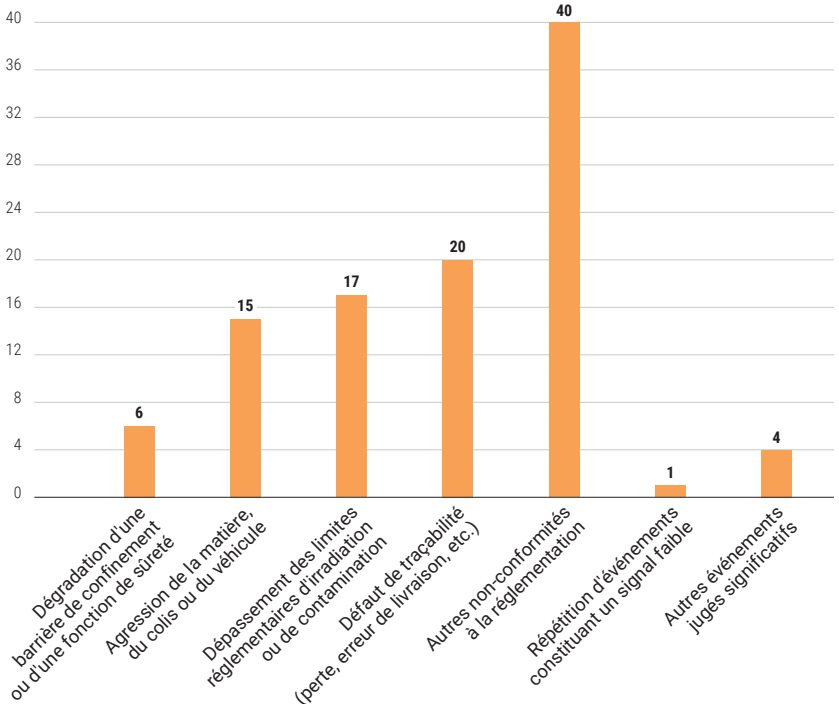
Événements déclarés en 2024

En 2024, dans le domaine du transport de substances radioactives, 100 événements classés au niveau 0 de l'échelle internationale des événements nucléaires (*International Nuclear and Radiological Event Scale* – INES) et 3 événements de niveau 1 ont été déclarés à l'ASN. Par rapport à 2023, on observe une augmentation du nombre d'événements de niveau 0 alors que celui des événements de niveau 1 reste stable. Cette augmentation traduit une prise de conscience croissante des exploitants de l'intérêt de déclarer un événement significatif. Le graphique 4 présente l'évolution du nombre d'événements significatifs déclarés depuis 2007.

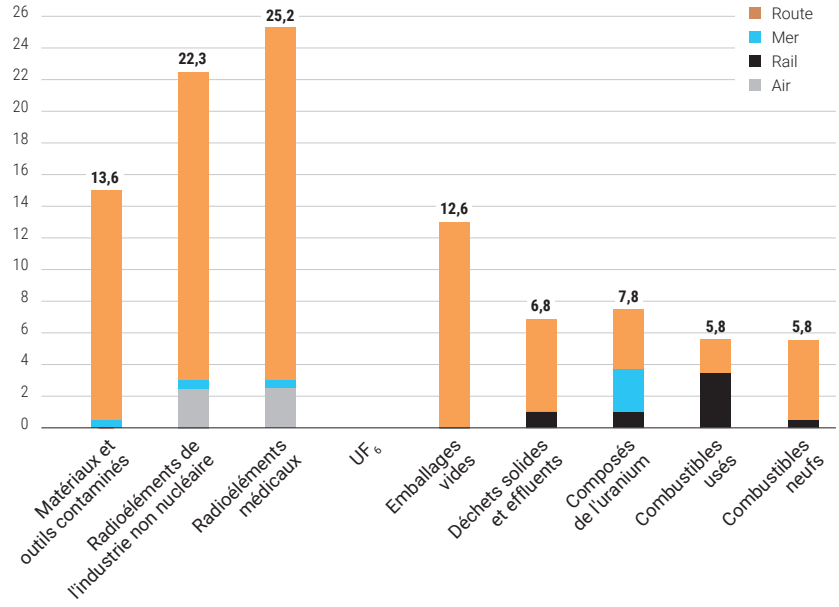
En complément, l'ASN a reçu la déclaration de 50 événements intéressants pour la sûreté des transports (EIT), chiffre en baisse de 18 % par rapport à 2023. Du fait de leur absence de conséquences réelles ou potentielles, ces événements ne sont pas classés sur l'échelle INES. Leur déclaration auprès de l'ASN ne constitue pas une obligation, mais cette dernière encourage son information périodique afin d'avoir une vision globale des EIT et détecter potentiellement une récurrence ou des tendances qui pourraient être révélatrices d'un problème.

Enfin, pour les transports internes, un seul événement, classé au niveau 0 de l'échelle INES, a été déclaré en 2024, contre 4 en 2023 (dont un classé INES 1).

GRAPHIQUE 5 Répartition des événements significatifs déclarés en 2024 par critère de déclaration



GRAPHIQUE 6 Répartition des événements de transport déclarés (en %), selon le contenu et le mode de transport en 2024



Domaines d'activité concernés par ces événements

Comme les années précédentes, la majorité des événements significatifs déclarés concerne le transport routier de produits radiopharmaceutiques (23 %). Ce chiffre est en constante diminution depuis plusieurs années, résultat d'un meilleur suivi des transporteurs par les commissionnaires de transport. En revanche, le nombre de déclarations d'événements significatifs relatifs au transport d'appareils de gammagraphie a augmenté de 7 % par rapport à 2023, les destinataires de ces appareils étant particulièrement vigilants sur le respect de la réglementation transport associée.

Les événements classés au niveau 1 sur l'échelle INES concernent :

- le non-respect des conditions de transport d'un gammagraphe en provenance du Tchad classé au niveau INES 1 du fait de l'absence d'identification de la nature radioactive du chargement et, en particulier, du renouvellement de cette non-conformité ;
- la perte d'un colis contenant un flacon de fluor-18 classée au niveau INES 1 pour défaut de culture de radioprotection ;
- le dernier événement classé au niveau INES 1 est relatif à la répétition d'erreurs de livraison de colis radiopharmaceutiques par un transporteur.

Aucun de ces trois événements de niveau 1 sur l'échelle INES n'a eu de conséquences pour les travailleurs, la population et l'environnement.

Le graphique 5 présente la répartition des événements significatifs déclarés par critère de déclaration et le graphique 6 présente leur répartition en fonction du contenu et du mode de transport.

Causes des événements

Parmi les causes récurrentes des événements significatifs déclarés en 2024, on peut citer :

- des erreurs de livraison de produits radiopharmaceutiques, sans conséquence réelle, les médicaments livrés étant sensiblement identiques. Ils ont donc pu, pour la plupart, être utilisés sans impact sur la prise en charge des patients ni sur l'environnement ;
- des non-conformités affectant le colis : elles concernent principalement des écarts relatifs aux prescriptions des dossiers de sûreté des modèles de colis (notamment, l'arrimage des colis) ou des écarts aux attestations de conformité. On peut également mentionner ici les défauts d'étiquetage (erreur ou oubli) ou de signalisation. Ces événements n'ont pas entraîné de conséquences réelles sur la sûreté ou sur la radioprotection ;
- la présence de points de contamination surfacique dépassant légèrement les limites réglementaires, détectés en particulier sur des moyens de transport ayant servi à transporter des colis de combustible usé (lèchefrite des wagons) ou de l'outillage contaminé, ou sur la surface externe des emballages. Ces événements ont eu très peu d'impact sur la radioprotection pour le public, ce dernier ne pouvant avoir accès aux zones contaminées ;
- enfin, de légers dépassements de la limite réglementaire du débit de dose des colis. Ces événements n'ont pas eu de conséquence réelle sur la radioprotection des travailleurs, du public ou de l'environnement.

Les EIT déclarés à l'ASN sont principalement des écarts liés à l'étiquetage des colis (absence du destinataire ou de l'expéditeur), des erreurs dans la documentation transport ou des écarts liés à la détection de corps étrangers dans des emballages vides.

Quant à l'événement significatif déclaré en transport interne, il concerne un défaut d'instruction d'arrimage pour le transport de fûts et de caisses de déchets dans un nouveau véhicule acquis.

Renforcement de la sûreté du chargement des colis radioactifs

Lors d'inspections, l'ASN a constaté que des colis radioactifs pouvaient être chargés dans des compartiments non adaptés sous le plancher des véhicules. C'est pourquoi, à la demande de l'ASN, l'arrêté TMD du 29 mai 2009 a été modifié par arrêté du 3 juillet 2024 pour préciser que les colis chargés de marchandises dangereuse doivent être correctement calés et arrimés, soit sur le plancher du véhicule, soit dans des casiers fixés ou disposés dans le compartiment destiné au chargement et qu'aucune marchandise dangereuse ne se trouve dans un compartiment ou coffre destiné à du transport de matériel (outils, palette, etc.) autre que des marchandises.

4.3 Participer à l'élaboration de la réglementation applicable aux transports de substances radioactives

4.3.1 Participation aux travaux de l'Agence internationale de l'énergie atomique

L'ASN représente la France au sein du comité des normes de sûreté concernant le transport (*Transport Safety Standards Committee* – TRANSSC) de l'AIEA, qui regroupe des experts de tous les pays et examine les normes de sûreté de l'AIEA qui sont à la source des réglementations relatives aux transports de substances radioactives. Dans un souci d'amélioration continue du niveau de sûreté, l'ASN a notamment participé activement à l'élaboration de l'édition 2018 de ce document, SSR-6. Le guide AIEA d'application du règlement de transport des matières radioactives (SSG-26) a été publié en 2022. L'ASN a également soutenu en 2022 le lancement d'un nouveau cycle de révision du SSR-6 en adressant plus d'une centaine de propositions de modifications à l'AIEA en 2023 et 2024.

4.3.2 Participation à l'élaboration de la réglementation nationale

L'ASN participe à l'élaboration de la réglementation française relative aux transports de substances radioactives. Cette réglementation est principalement composée de l'arrêté du 29 mai 2009 et des arrêtés du 23 novembre 1987 relatif à la sécurité des navires et du 18 juillet 2000 relatif au transport et à la manutention des matières dangereuses dans les ports maritimes. À ce titre, l'ASN siège au sein du CSPRT, qui est appelé à donner son avis sur tout projet de réglementation relatif au transport de marchandises dangereuses par voies ferrée, routière et navigation intérieure. L'ASN est également consultée par le ministère chargé des transports lorsqu'une modification des trois arrêtés cités ci-dessus peut avoir un impact sur les transports de substances radioactives.

4.4 Contribuer à l'information du public

L'ordonnance n° 2012-6 du 5 janvier 2012 modifiant les livres I[er] et V du code de l'environnement étend les obligations d'information du public aux responsables d'activité nucléaire. C'est l'article L. 125-10 du code de l'environnement qui fixe le seuil à partir duquel le responsable du transport doit communiquer les informations qu'un citoyen lui demande. Les seuils sont définis comme étant ceux « *au-dessus desquels, en application des conventions et règlements internationaux régissant le transport des marchandises dangereuses, du code des transports et des textes pris pour leur application, le transport de substances radioactives est soumis à la délivrance, par l'ASN ou par une autorité étrangère compétente dans le domaine du transport de substances radioactives, d'un agrément du modèle de colis de transport ou d'une approbation d'expédition, y compris sous arrangement spécial* ». Tout citoyen peut donc solliciter des informations auprès des responsables de transport sur les risques présentés par les transports visés par le code de l'environnement.

Par ailleurs, l'ASN met à disposition, sur *asn.fr*, un dossier pédagogique présentant le transport de substances radioactives.



Participants au Comité TRANSSC n°49 de l'AIEA à Vienne (Autriche) – 18 au 22 novembre 2024



Réunion de l'EACA tenue à Ljubljana (Slovénie) – 6 au 10 mai 2024

4.5 Participer aux relations internationales dans le domaine des transports

L'élaboration et la mise en œuvre de la réglementation internationale font l'objet d'échanges fructueux entre les pays. L'ASN inscrit ces échanges dans une démarche de progrès continu du niveau de sûreté des transports de substances radioactives et favorise les échanges avec ses homologues étrangers des autres États.

4.5.1 Travaux de l'Association européenne des autorités compétentes dans le domaine des transports

L'Association européenne des autorités compétentes pour le transport de substances radioactives (*European Association of Competent Authorities on the Transport of Radioactive Material* – EACA) a été créée en 2008. Son objectif est d'œuvrer pour l'harmonisation des pratiques relatives au contrôle de la sûreté des transports de substances radioactives et de favoriser les échanges et le retour d'expérience entre les différentes autorités. La France, qui est à l'origine de la création de cette association, participe activement à ses travaux en y exposant notamment le fruit de ses réflexions sur les évolutions réglementaires nécessaires, en particulier à l'occasion de la réunion annuelle de cette association.

4.5.2 Relations bilatérales avec les homologues étrangers de l'ASN

L'ASN s'attache à entretenir des relations étroites avec les autorités compétentes des pays concernés par de nombreux transports à destination ou en provenance de France. Parmi ceux-ci figurent notamment la Belgique, le Royaume-Uni et la Suisse.

Belgique

Dans le cadre de la production d'énergie électrique d'origine nucléaire en Belgique, des emballages de conception française sont parfois utilisés pour réaliser des transports liés au « cycle du combustible ». Afin d'harmoniser les pratiques et de progresser dans le domaine de la sûreté de ces transports, l'ASN et l'Autorité compétente belge (Agence fédérale pour le contrôle nucléaire – AFCN) échangent régulièrement leur savoir-faire et leur expérience. Les échanges portent plus particulièrement sur l'instruction des dossiers de sûreté relatifs aux modèles de colis français dont l'agrément est validé en Belgique et sur les pratiques d'inspection dans chaque pays.

Royaume-Uni

L'ASN et l'Autorité compétente britannique (*Office for Nuclear Regulation* – ONR) ont de nombreux sujets d'intérêt commun, notamment en ce qui concerne les validations des agréments anglais par l'ASN et réciproquement. De fait, des contacts bilatéraux ont lieu régulièrement pour assurer la bonne communication entre ces deux autorités.

Suisse

L'ASN a engagé en 2012 des échanges bilatéraux concernant les transports avec l'Inspection fédérale suisse de la sécurité nucléaire (IFSN, appelée en allemand *Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat* – ENSI). Depuis, l'ASN et l'IFSN se rencontrent annuellement pour échanger sur les dossiers de sûreté des modèles d'emballage et sur les contrôles des prescriptions associées à la bonne utilisation des colis de transport.

10

Les centrales nucléaires d'EDF

Sommaire

1 Généralités sur les centrales nucléaires p. 303

1.1 Présentation générale d'un réacteur à eau sous pression
1.2 Les principes de sûreté
1.3 Le cœur, le combustible et sa gestion
1.4 Le circuit primaire et les circuits secondaires
1.5 Le circuit de refroidissement du circuit secondaire
1.6 L'enceinte de confinement
1.7 Les principaux circuits auxiliaires et de sauvegarde
1.8 Les autres systèmes importants pour la sûreté
1.9 Le « noyau dur » améliorant la résistance aux événements extrêmes
1.10 Les spécificités du réacteur EPR de Flamanville

2 Le contrôle de la sûreté nucléaire des réacteurs en fonctionnement p. 307

2.1 Le combustible
- 2.1.1 Le combustible en réacteur
- 2.1.2 L'évaluation de l'état du combustible en réacteur

2.2 Les équipements sous pression nucléaires
- 2.2.1 La conception et la fabrication des équipements sous pression nucléaires
- 2.2.2 L'évaluation de la conception et de la fabrication des équipements sous pression nucléaires
- 2.2.3 L'exploitation des équipements sous pression nucléaires
- 2.2.4 L'évaluation de l'exploitation des équipements sous pression nucléaires

2.3 Les enceintes de confinement
- 2.3.1 Les enceintes de confinement
- 2.3.2 L'évaluation des enceintes de confinement

2.4 L'organisation pour l'exploitation des réacteurs
- 2.4.1 L'exploitation des réacteurs
- 2.4.2 L'évaluation de l'exploitation des réacteurs et de la documentation opérationnelle
- 2.4.3 Le processus de retour d'expérience
- 2.4.4 L'évaluation du processus de retour d'expérience
- 2.4.5 La protection contre les agressions d'origine interne ou externe
- 2.4.6 L'évaluation de la maîtrise des risques liés aux agressions

2.5 La conformité et la maintenance des installations
- 2.5.1 La maintenance des installations et la maîtrise des activités sous-traitées
- 2.5.2 L'évaluation de la maintenance et des activités sous-traitées
- 2.5.3 Le contrôle de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables
- 2.5.4 L'évaluation du contrôle de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables

2.6 La prévention et la maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires et des risques non radiologiques
- 2.6.1 Les prélèvements d'eau, les rejets, la gestion des déchets et les impacts sanitaires
- 2.6.2 La prévention et la maîtrise des risques non radiologiques
- 2.6.3 L'évaluation de la maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires et des risques non radiologiques

2.7 La radioprotection des travailleurs
- 2.7.1 L'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants
- 2.7.2 L'évaluation de la radioprotection des travailleurs

2.8 Le droit du travail dans les centrales nucléaires
- 2.8.1 L'inspection du travail dans les centrales nucléaires
- 2.8.2 L'évaluation de la santé et de la sécurité, des relations professionnelles et de la qualité de l'emploi dans les centrales nucléaires

3 La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires p. 326

3.1 L'âge des centrales nucléaires
3.2 Le réexamen périodique
3.3 Les réexamens périodiques en cours des centrales nucléaires
- 3.3.1 Les réacteurs de 900 MWe
- 3.3.2 Les réacteurs de 1 300 MWe
- 3.3.3 Les réacteurs de 1 450 MWe

4 Le contrôle du réacteur EPR de Flamanville p. 329

4.1 L'autorisation de mise en service
4.2 Le contrôle du démarrage et des débuts du fonctionnement du réacteur

5 Le contrôle du projet de réacteurs EPR 2 p. 331


asn
EDF
SERVICE CONDUITE

Les réacteurs de production d'électricité sont au cœur de l'industrie nucléaire en France. De nombreuses autres installations décrites dans d'autres chapitres de ce rapport produisent le combustible destiné aux centrales nucléaires ou le retraitent, entreposent des déchets provenant des centrales nucléaires ou encore servent à étudier des phénomènes physiques liés à l'exploitation ou à la sûreté de ces réacteurs.

Les réacteurs français sont techniquement proches les uns des autres et forment un parc standardisé exploité par EDF. Si cette homogénéité permet à l'exploitant et à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) de disposer d'une solide expérience de leur fonctionnement, elle conduit aussi à un risque accru en cas de défaut générique de conception, de fabrication ou de maintenance détecté sur l'une de ces installations, pouvant affecter l'ensemble des réacteurs. L'ASN exige donc d'EDF une forte réactivité et une grande rigueur dans l'analyse du caractère générique de ces défauts et de leurs conséquences pour la protection des personnes et de l'environnement, ainsi que dans leur traitement.

L'ASN exerce un contrôle exigeant de la sûreté, des mesures de protection de l'environnement et de la radioprotection dans les centrales nucléaires et l'adapte continuellement au regard du retour d'expérience.

L'ASN développe une approche intégrée du contrôle des installations. Elle intervient à tous les stades de la vie des réacteurs électronucléaires, depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement et leur déclassement. Son périmètre d'intervention élargi la conduit à examiner, à chacun des stades, les domaines de la sûreté nucléaire, de la protection de l'environnement, de la radioprotection, de la sécurité des travailleurs et de l'application des lois sociales. Pour chacun de ces domaines, elle contrôle tant les aspects techniques qu'organisationnels et humains. Cette approche lui impose de prendre en compte les interactions entre ces domaines et de définir les modalités de son action de contrôle en conséquence. La vision intégrée qui en résulte permet à l'ASN d'affiner son appréciation de l'état de la sûreté nucléaire, de la radioprotection, de la protection de l'environnement et de la protection des travailleurs des centrales nucléaires.

1 — Généralités sur les centrales nucléaires

1.1 Présentation générale d'un réacteur à eau sous pression

Toute centrale électrique thermique produit, en faisant passer de la chaleur d'une source chaude vers une source froide, de l'énergie mécanique qu'elle transforme en électricité. Les centrales thermiques classiques utilisent la chaleur dégagée par la combustion de combustibles fossiles (fioul, charbon, gaz). Les centrales nucléaires utilisent celle dégagée par la fission d'atomes d'uranium ou de plutonium. La chaleur produite dans un réacteur à eau sous pression (REP) permet la formation de vapeur d'eau qui n'entre pas en contact avec le combustible nucléaire. La vapeur est ensuite détendue dans une turbine qui entraîne un alternateur générant un courant électrique triphasé dont la tension est élevée à 400 000 volts (V) par un transformateur. La vapeur, après détente, est refroidie dans un condenseur au contact de tubes dans lesquels circule de l'eau froide provenant de la mer, d'un cours d'eau (fleuve, rivière) ou d'un circuit de réfrigération atmosphérique. L'eau condensée est réutilisée dans le cycle de production de vapeur.

Chaque réacteur comporte un îlot nucléaire, un îlot conventionnel, des ouvrages de prise et de rejet d'eau et éventuellement un aéroréfrigérant.

L'îlot nucléaire comprend essentiellement la cuve du réacteur, le circuit primaire, les générateurs de vapeur (GV) et des circuits et systèmes assurant le fonctionnement et la sûreté du réacteur : les circuits de contrôle chimique et volumétrique, de refroidissement à l'arrêt, d'injection de sécurité, d'aspersion dans l'enceinte et d'alimentation en eau des GV, les systèmes électriques, de contrôle-commande et de protection du réacteur. À ces éléments sont également associés des circuits et systèmes assurant des fonctions support : contrôle et traitement des effluents primaires, alimentation en eau, ventilation et climatisation, alimentation électrique de sauvegarde (groupes électrogènes à moteur diesel).

L'îlot nucléaire comprend également les systèmes d'évacuation de la vapeur vers l'îlot conventionnel, ainsi que le bâtiment abritant la piscine d'entreposage et de refroidissement des combustibles neufs et usés. L'eau de celle-ci, mélangée à de l'acide borique, sert à absorber les neutrons émis par les noyaux des éléments fissiles des combustibles usés, pour éviter d'entretenir une fission nucléaire et à assurer le refroidissement des combustibles usés et la protection radiologique des travailleurs.

L'îlot conventionnel comprend notamment la turbine, l'alternateur et le condenseur. Certains composants de ces matériels participent à la sûreté du réacteur. Le circuit secondaire appartient pour partie à l'îlot nucléaire et pour partie à l'îlot conventionnel.

1.2 Les principes de sûreté

La conception des réacteurs nucléaires repose sur des principes de sûreté visant à assurer les fonctions de sûreté :
• la maîtrise de la réactivité du cœur, c'est-à-dire le contrôle des réactions nucléaires en chaîne ;
• l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
• le confinement des substances radioactives. Il s'agit d'empêcher la dispersion des substances radioactives dans l'environnement, et d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.

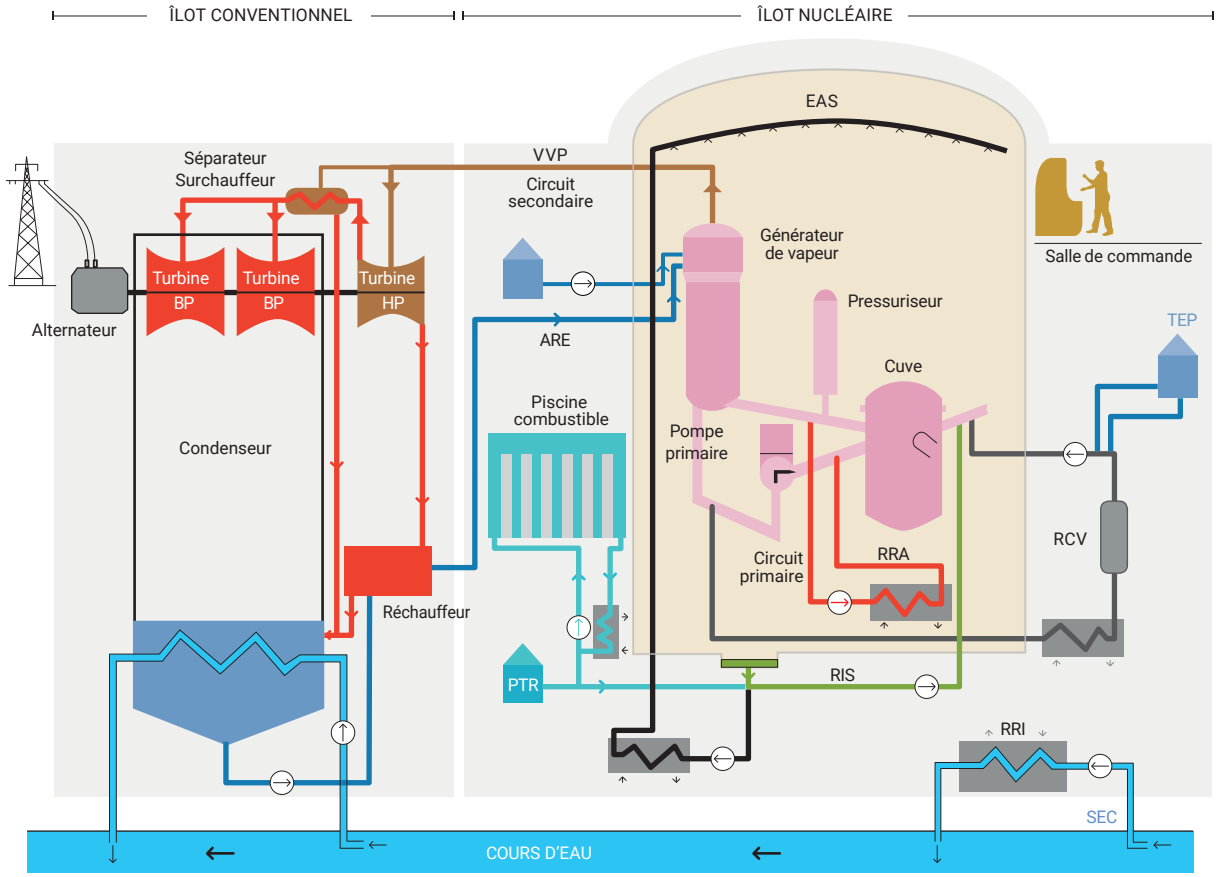
La conception des installations nucléaires repose sur le principe de défense en profondeur, qui conduit à la mise en œuvre de niveaux de défense successifs (caractéristiques intrinsèques, dispositions matérielles et procédures), destinés à prévenir les incidents et accidents puis, en cas d'échec de la prévention, à en limiter les conséquences.

Le confinement des substances radioactives est assuré par l'interposition, lorsque le réacteur fonctionne, de trois barrières de confinement entre ces substances et le milieu extérieur :
• la gaine qui enveloppe les pastilles de combustible retient les produits radioactifs contenus dans les pastilles de combustible ;
• le circuit primaire qui constitue une deuxième enveloppe capable de retenir la dispersion des produits radioactifs contenus dans le combustible si les gaines sont défaillantes ;
• l'enceinte de confinement qui est constituée par le bâtiment en béton qui abrite le circuit primaire. Elle est destinée en cas d'accident à retenir les produits radioactifs qui seraient libérés lors d'une rupture du circuit primaire.

1.3 Le cœur, le combustible et sa gestion

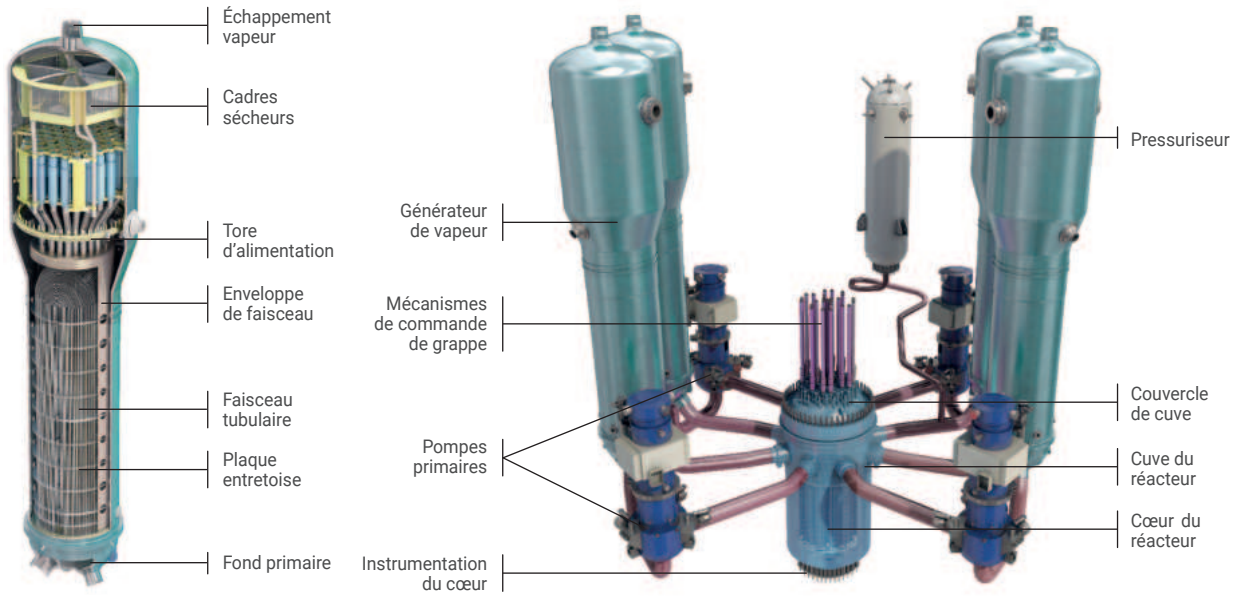
Le cœur du réacteur est constitué d'assemblages de combustible qui sont constitués de « crayons », composés de « pastilles » d'oxyde d'uranium ou d'oxyde d'uranium appauvri et de plutonium (pour les combustibles dits « MOX »), contenues dans des tubes métalliques fermés, appelés « gaines ». Lors de leur fission, les noyaux d'uranium ou de plutonium, dits « fissiles », émettent des neutrons qui provoquent, à leur tour, d'autres fissions : c'est la réaction en chaîne. Ces fissions nucléaires dégagent une grande quantité d'énergie sous forme de chaleur. L'eau du circuit primaire, qui pénètre dans le cœur par la partie inférieure à une température d'environ 285 °C, s'échauffe en remontant le long des crayons de combustible et ressort

Le principe de fonctionnement d'un réacteur à eau sous pression



ARE : circuit de régulation du débit d'eau alimentaire
ASG : circuit d'eau alimentaire de secours des générateurs de vapeur
EAS : circuit d'aspersion dans l'enceinte du bâtiment réacteur
PTR : circuit de réfrigération et de purification de l'eau des piscines
RCV : système de contrôle chimique et volumétrique du réacteur
RIS : circuit d'injection de sécurité
▭ : échangeur
RRA : système de refroidissement du réacteur à l'arrêt
RRI : circuit de réfrigération intermédiaire
SEC : circuit d'eau brute secourue
TEP : circuit de traitement des effluents primaires
Turbine BP ou HP : pour basse pression ou haute pression
VVP : systèmes d'évacuation de la vapeur
⊖ : pompe

Un générateur de vapeur et un circuit primaire principal d'un réacteur de 1 300 MWe



par la partie supérieure à une température proche de 320 °C.

Au début d'un cycle de fonctionnement, le cœur présente une réserve d'énergie très importante. Celle-ci diminue progressivement pendant le cycle, au fur et à mesure de la consommation des noyaux fissiles. La réaction en chaîne, et donc la puissance du réacteur, est contrôlée par :
• l'introduction plus ou moins importante dans le cœur de dispositifs appelés « grappes de commande », qui contiennent des éléments absorbant les neutrons. Elles permettent de contrôler la réactivité du réacteur et d'ajuster sa puissance à la puissance électrique que l'on veut produire. La chute des grappes par gravité permet l'arrêt d'urgence du réacteur ;
• l'ajustement de la concentration en bore (élément absorbant les neutrons) de l'eau du circuit primaire, qui permet également de compenser l'épuisement progressif du combustible en éléments fissiles au cours du cycle ;
• la présence, dans les crayons de combustible, d'éléments absorbant les neutrons, qui compensent en début de cycle l'excès de réactivité du cœur après le renouvellement partiel du combustible.

En fin de cycle, le cœur du réacteur est déchargé afin de renouveler une partie du combustible.

EDF utilise deux types de combustible dans ses REP :
• des combustibles à base d'oxyde d'uranium (UO_2) enrichi en uranium 235, à 4,5 % en masse au maximum. Ces combustibles sont fabriqués dans plusieurs usines, françaises et étrangères, par Framatome et Westinghouse ;
• des combustibles constitués par un mélange d'oxyde d'uranium appauvri et de plutonium (MOX). Le combustible MOX est produit par l'usine Melox d'Orano. La teneur maximale en plutonium autorisée est actuellement limitée à 9,08 % (en moyenne par assemblage de combustible) et permet d'obtenir une performance énergétique équivalente à du combustible UO_2 enrichi à 3,7 % en uranium-235. Ce combustible peut être utilisé dans les 24 réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe) dont les décrets d'autorisation de création (DAC) autorisent l'utilisation de combustible au plutonium. EDF prépare actuellement l'introduction de combustible MOX dans quelques réacteurs de 1 300 MWe.

1.4 Le circuit primaire et les circuits secondaires

Le circuit primaire et les circuits secondaires permettent de transporter l'énergie dégagée par le cœur sous forme de chaleur jusqu'au groupe turbo-alternateur qui assure la production d'électricité.

Le circuit primaire est composé de boucles de refroidissement, au nombre de trois pour un réacteur de 900 MWe, de quatre pour les réacteurs de 1 300 et de 1 450 MWe. Le rôle du circuit primaire est d'extraire la chaleur dégagée dans le cœur par circulation d'eau sous pression, dite « eau primaire » ou « réfrigérant primaire ». Chaque boucle, raccordée à la cuve du réacteur qui contient le cœur, comprend une pompe de circulation, dite « pompe primaire », et un GV. L'eau primaire, chauffée à plus de 300 °C, est maintenue à une pression de 155 bars par le pressuriseur pour éviter l'ébullition. Le circuit primaire est contenu en totalité dans l'enceinte de confinement.

L'eau du circuit primaire cède sa chaleur à l'eau des circuits secondaires dans les GV. Les GV sont des échangeurs de chaleur qui contiennent, selon le modèle, de 3 500 à 6 000 tubes en forme de U dans lesquels circule l'eau primaire. Ces tubes baignent dans l'eau du circuit secondaire, qui est ainsi portée à ébullition sans entrer en contact avec l'eau primaire.

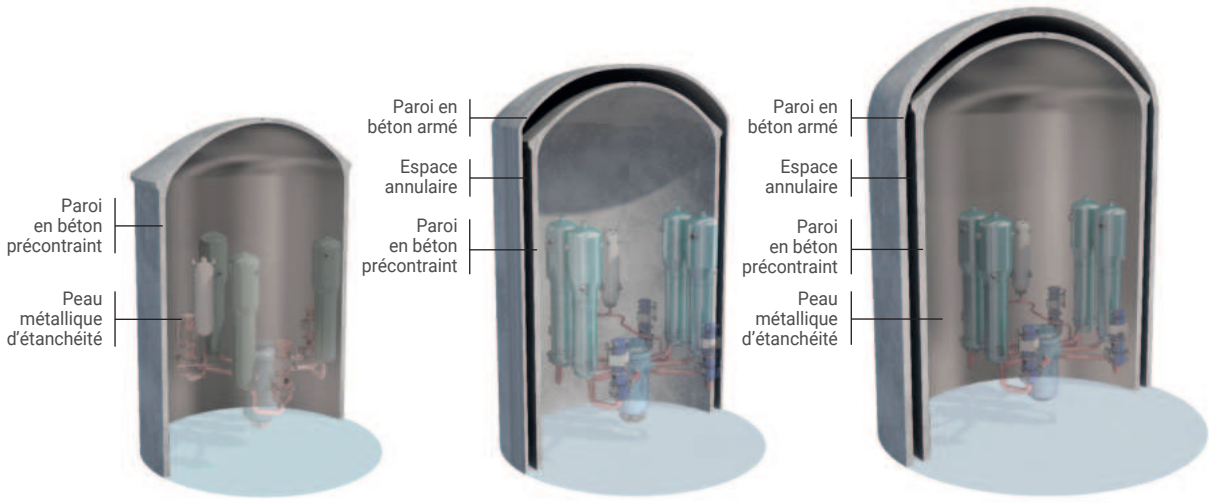
Chaque circuit secondaire est constitué principalement d'une boucle fermée parcourue par de l'eau, sous forme liquide dans une partie et sous forme de vapeur dans l'autre partie. La vapeur produite dans les GV subit une détente partielle dans une turbine haute pression, puis traverse des sécheurs surchauffeurs avant d'être admise pour une détente finale dans les turbines basse pression d'où elle s'échappe vers le condenseur. Condensée, l'eau est ensuite renvoyée vers les GV par des pompes d'extraction relayées par des pompes alimentaires après avoir traversé des réchauffeurs.

Ainsi, ces circuits contribuent à la production d'électricité et à la sûreté du réacteur, puisqu'ils permettent l'évacuation et le contrôle de la chaleur du cœur.

1.5 Le circuit de refroidissement du circuit secondaire

Le circuit de refroidissement du circuit secondaire a pour fonction de condenser la vapeur sortant de la turbine. Il comporte pour cela un condenseur composé d'un échangeur thermique comportant des milliers de tubes dans lesquels circule l'eau froide provenant du milieu extérieur (mer ou rivière). Au contact de ces tubes, la vapeur se condense et peut être renvoyée sous forme liquide vers les GV (*voir point 1.4*). L'eau du circuit de refroidissement échauffée dans le condenseur est ensuite soit rejetée dans le milieu (circuit ouvert), soit refroidie par une tour aéroréfrigérante (circuit fermé ou semi-fermé).

Enceintes de confinement des réacteurs



Enceinte de confinement des réacteurs de 900 MWe

Enceinte de confinement des réacteurs de 1 300 MWe / 1 450 MWe

Enceinte de confinement des réacteurs de 1 600 MWe (EPR)

Les circuits de refroidissement sont des milieux favorables au développement de micro-organismes pathogènes. Le remplacement du laiton par du titane ou des aciers inoxydables comme matériau des condenseurs des réacteurs en bord de rivière, pour réduire les rejets métalliques dans le milieu naturel, impose la mise en œuvre de moyens de désinfection, principalement par traitement biocide. Le cuivre contenu dans le laiton a en effet des propriétés bactéricides que n'ont pas le titane et les aciers inoxydables. Les tours aéroréfrigérantes peuvent contribuer à la dispersion atmosphérique de légionelles dont la prolifération peut être prévenue par un entretien renforcé des ouvrages (détartrage, mise en place d'un traitement biocide, etc.) et une surveillance.

1.6 L'enceinte de confinement

L'enceinte des réacteurs nucléaires assure deux fonctions :
• le confinement des substances radioactives susceptibles d'être dispersées en cas d'accident ; à cette fin, les enceintes ont été conçues pour résister aux températures et pressions qui résulteraient de l'accident d'une brèche sur le circuit primaire ou sur le circuit secondaire, et pour présenter une étanchéité satisfaisante dans ces conditions ;
• la protection du réacteur contre les agressions externes.

Ces enceintes ont été conçues selon trois modèles :
• celles des réacteurs de 900 MWe sont constituées d'une seule paroi en béton précontraint (béton comportant des câbles d'acier tendus de manière à assurer la compression de l'ouvrage dans l'objectif d'augmenter la résistance à la traction de celui-ci). Cette paroi assure la résistance mécanique à la pression, ainsi que l'intégrité de la structure vis-à-vis d'une agression externe. L'étanchéité est assurée par un revêtement métallique recouvrant l'ensemble de la face interne de la paroi en béton ;
• celles des réacteurs de 1 300 et 1 450 MWe sont constituées de deux parois : la paroi interne en béton précontraint et la paroi externe en béton armé. L'étanchéité est assurée par la paroi interne et par un système de ventilation qui assure, entre les deux parois, la collecte et la filtration des fuites résiduelles de la paroi interne avant leur rejet. La résistance aux agressions externes est principalement assurée par la paroi externe ;
• celle du réacteur EPR (*voir point 1.10*).

1.7 Les principaux circuits auxiliaires et de sauvegarde

Les circuits auxiliaires participent en fonctionnement normal, en puissance ou dans les états d'arrêt du réacteur, à la maîtrise des réactions nucléaires, à l'évacuation de la chaleur du circuit primaire et de la puissance résiduelle du combustible dans les états d'arrêt, et au confinement des substances radioactives. Il s'agit principalement du système de contrôle chimique et volumétrique du réacteur (RCV) et du système de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RRA).

Le rôle des systèmes de sauvegarde est de maîtriser et de limiter les conséquences des incidents et des accidents. Il s'agit principalement des circuits suivants :
• le circuit d'injection de sécurité (RIS), dont le rôle est d'injecter de l'eau dans le circuit primaire en cas de fuite de ce dernier ;
• le circuit d'aspersion dans l'enceinte du bâtiment réacteur (EAS), dont le rôle est de diminuer la température, et donc la pression, dans l'enceinte de confinement en cas de fuite importante du circuit primaire ;
• le circuit d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG), qui intervient pour alimenter en eau les GV en cas de perte du système d'alimentation normale, et ainsi permettre l'évacuation de la chaleur du circuit primaire. Ce système est également utilisé en fonctionnement normal, lors des phases d'arrêt ou de redémarrage du réacteur. Après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon), il a été décidé de mettre en place une source d'eau diversifiée, appelée source d'eau ultime, qui peut être utilisée en situation extrême pour alimenter en eau les GV lorsque les réserves d'eau du système ASG sont vides et que les différentes solutions pour les réalimenter ne sont plus disponibles.

1.8 Les autres systèmes importants pour la sûreté

Les principaux autres systèmes ou circuits importants pour la sûreté et nécessaires au fonctionnement du réacteur sont :
• le circuit de réfrigération intermédiaire (RRI), qui assure le refroidissement d'un certain nombre d'équipements nucléaires. Ce circuit fonctionne en boucle fermée entre, d'une part, les circuits auxiliaires et de sauvegarde, d'autre part, les circuits véhiculant l'eau provenant de la rivière ou de la mer (source froide) ;
• le circuit d'eau brute secourue (SEC), qui assure le refroidissement du circuit RRI au moyen de l'eau provenant de la rivière ou de la mer (source froide). C'est un circuit de sauvegarde constitué de deux lignes redondantes. Chacune de ses lignes est capable d'assurer seule, dans certaines situations, l'évacuation de la chaleur du réacteur vers la source froide ;
• le circuit de réfrigération et de purification de l'eau des piscines (PTR), qui

permet en particulier d'évacuer la chaleur résiduelle des éléments de combustible entreposés dans la piscine du bâtiment du combustible. La source d'eau ultime mise en place dans le cadre des suites de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima permet également d'injecter de l'eau en situation extrême dans la piscine du bâtiment du combustible, en cas de perte du système PTR et des systèmes d'appoint en eau ;
• les systèmes de ventilation, qui assurent le confinement des substances radioactives par la mise en dépression des locaux et la filtration des rejets ;
• les circuits d'eau destinés à la lutte contre l'incendie ;
• le système de contrôle-commande, qui traite les informations reçues de l'ensemble des capteurs de la centrale. Il utilise des réseaux de transmission et donne des ordres aux actionneurs à partir de la salle de commande, grâce à des automatismes de régulation ou à des actions des opérateurs. Son rôle principal vis-à-vis de la sûreté du réacteur consiste à contrôler la réactivité, à piloter l'évacuation de la puissance résiduelle vers la source froide et à participer au confinement des substances radioactives ;
• les systèmes électriques, qui sont composés des sources et de la distribution électriques. Les réacteurs électronucléaires français disposent de deux sources électriques externes : le transformateur de soutirage et le transformateur auxiliaire. À ces deux sources externes s'ajoutent deux sources électriques internes : les groupes électrogènes de secours à moteur diesel. En cas de perte totale de ces sources externes et internes, chaque réacteur dispose d'un autre groupe électrogène, constitué d'un turbo-alternateur, et chaque centrale nucléaire dispose d'une source ultime, dont la nature varie selon la centrale considérée. Enfin, ces moyens ont été complétés, après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, d'un groupe électrogène de secours à moteur diesel par réacteur, dit « d'ultime secours » (DUS).

1.9 Le « noyau dur » améliorant la résistance aux événements extrêmes

Après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'ASN a prescrit à EDF de mettre en place sur chaque réacteur, un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles robustes visant, pour les situations extrêmes étudiées dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté réalisées en 2011, à :
• prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression ;
• éviter les rejets radioactifs massifs ;
• permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une situation d'urgence.

Le « noyau dur » est principalement constitué pour chaque réacteur :
• d'un DUS ;
• d'une source d'eau ultime ;
• d'un moyen d'injecter de l'eau borée dans le circuit primaire lorsque ce dernier est à haute pression ;
• d'une disposition pour l'évacuation de la chaleur par les GV ;
• d'un moyen d'appoint à la piscine d'entreposage du combustible, depuis la source d'eau ultime ;
• d'un système de refroidissement complémentaire de la piscine d'entreposage du combustible, qui s'appuie en partie sur des moyens mobiles ;
• d'une disposition ultime de refroidissement de l'enceinte de confinement, qui s'appuie en partie sur des moyens mobiles ;
• de dispositions visant à stabiliser le corium sur le radier, en cas d'accident avec fusion du cœur et percée de la cuve ;
• d'un système de contrôle-commande ultime, d'une distribution électrique et de l'instrumentation nécessaire.

De plus, pour la gestion des situations d'urgence, chaque site sera doté d'un nouveau centre de crise local, capable de résister à des agressions extrêmes d'origine externe. Ces dispositions sont en cours de déploiement dans le cadre des réexamens périodiques.

1.10 Les spécificités du réacteur EPR de Flamanville

Le réacteur EPR de Flamanville est un REP de troisième génération de 1 600 MWe. Il possède quatre boucles de refroidissement et utilise du combustible UO_2.

Son enceinte de confinement est constituée de deux parois en béton et d'un revêtement métallique (*voir page précédente*) qui recouvre l'ensemble de la face interne de la paroi interne. Une « coque » en béton armé recouvre les bâtiments les plus sensibles : bâtiment du réacteur, bâtiment d'entreposage du combustible, salle de commande et deux des quatre bâtiments des auxiliaires de sauvegarde.

Comme pour les autres réacteurs, il possède des systèmes ou circuits importants pour la sûreté nécessaires au fonctionnement du réacteur, dont les principales spécificités sont les suivantes :
• la plupart des systèmes de sauvegarde disposent de quatre « trains » redondants ;
• les sources d'alimentation électriques sont indépendantes les unes des autres : alimentation électrique principale, alimentation électrique auxiliaire, quatre groupes électrogènes de secours principaux et deux groupes électrogènes d'ultime secours ;
• l'IRWST (*In Containment Refueling Water System Tank*) est un réservoir implanté dans l'enceinte et contenant une grande quantité d'eau borée pouvant être injectée dans le circuit primaire en cas d'accident ;
• pour limiter les conséquences d'une fusion du cœur qui pourrait entraîner la rupture de la cuve et l'écoulement de matériaux fondus hors de la cuve, un récupérateur en béton très épais, destiné à recueillir le combustible fondu et à le refroidir, est installé sous la cuve du réacteur ;
• la piscine d'entreposage du combustible est refroidie par deux systèmes de refroidissement redondants complétés par un troisième dispositif diversifié.

2 — Le contrôle de la sûreté nucléaire des réacteurs en fonctionnement

2.1 Le combustible

2.1.1 Le combustible en réacteur

L'étanchéité des gaines des crayons de combustible, présents à raison de plusieurs dizaines de milliers dans chaque cœur et qui constituent la première barrière de confinement, fait l'objet d'une attention particulière.

En fonctionnement normal, l'étanchéité est suivie par EDF par la mesure permanente de l'activité des radioéléments contenus dans le circuit primaire. L'augmentation notable de l'activité est le signe d'une perte d'étanchéité de gaines des assemblages. Si l'activité dans le circuit primaire dépasse un seuil prédéfini, les règles générales d'exploitation (RGE) imposent l'arrêt du réacteur avant la fin de son cycle normal.

Lors de chaque arrêt, EDF a l'obligation de rechercher et d'identifier les assemblages contenant des crayons non étanches : le rechargement d'assemblages de combustible contenant des crayons inétanches n'est pas autorisé.

EDF réalise des examens des crayons non étanches afin de déterminer l'origine des défaillances et de prévenir leur réapparition. Les actions préventives et correctives peuvent concerner la conception des crayons et des assemblages, leur fabrication ou les conditions d'exploitation des réacteurs.

Les conditions de manutention des assemblages, de chargement et de déchargement du cœur, ainsi que la prévention de la présence de corps étrangers dans les circuits et les piscines font également l'objet de

dispositions d'exploitation afin de prévenir les risques de perte d'étanchéité des crayons de combustible.

2.1.2 L'évaluation de l'état du combustible en réacteur

En 2024, six réacteurs ont présenté des défauts d'étanchéité du combustible. Malgré une hausse de cet indicateur, l'ASN considère que l'ensemble des centrales nucléaires a une gestion satisfaisante de l'intégrité de la première barrière, constituée par la gaine des crayons de combustible.

L'ASN reste attentive aux examens réalisés par EDF sur les assemblages de combustible concernés, dans le but de déterminer l'origine de ces défauts et d'identifier les actions correctives éventuelles.

Dans le cadre du traitement de l'obsolescence des cellules de ressuage utilisées par EDF sur ses sites pour détecter des défauts d'étanchéité au niveau d'un assemblage de combustible, EDF a présenté en 2024 un projet de cellule mobile dont les performances sont actuellement testées sur maquette.

2.2 Les équipements sous pression nucléaires

2.2.1 La conception et la fabrication des équipements sous pression nucléaires

Les équipements sous pression nucléaires (ESPN) sont des équipements sous pression (ESP) qui assurent le confinement de fluides radioactifs. Certains d'entre eux sont des équipements essentiels pour la sûreté du réacteur. En particulier, les circuits primaires et secondaires mentionnés au point 1.4 de ce chapitre sont constitués d'ESPN.

Compte tenu des risques qui seraient suscités par la défaillance de ces équipements, tant pour la sûreté des réacteurs que pour la sécurité des personnels qui les opèrent, la réglementation encadre leur conception et leur fabrication et leur exploitation en imposant à leur fabricant le respect d'exigences essentielles de sécurité, qui visent à prévenir leur défaillance. Ces exigences concernent par exemple la résistance des matériaux employés, les calculs de conception à réaliser ou encore l'inspectabilité en service des équipements. La réglementation prévoit également que le fabricant d'un ESPN tienne compte des exigences particulières issues de la démonstration de sûreté du réacteur, qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la conception de l'équipement.

À ce titre, le fabricant doit définir et appliquer des dispositions qui lui permettent de justifier le respect de ces exigences au moment de la conception et de la fabrication des ESPN. Par la suite, EDF est responsable, en tant qu'exploitant des réacteurs, de leur installation, de leur utilisation et de leur contrôle en service, dans le respect des conditions prévues par le fabricant et en tenant compte de son propre retour d'expérience.

2.2.2 L'évaluation de la conception et de la fabrication des équipements sous pression nucléaires

L'ASN évalue la conformité aux exigences essentielles des ESPN les plus importants pour la sûreté, dits « de niveau N1 », qui correspondent principalement à la cuve, aux GV, au pressuriseur, aux groupes motopompes primaires, à des tuyauteries, notamment celles des circuits primaire et secondaires principaux, ainsi qu'à des vannes et des soupapes de sûreté. L'ASN peut s'appuyer pour cette mission sur des organismes qu'elle habilite et qu'elle contrôle. L'évaluation de la conformité des autres ESPN (dits « de niveau N2 ou N3 ») est réalisée directement par ces organismes habilités. Quatre organismes ou organes d'inspection sont actuellement habilités par l'ASN pour l'évaluation de la conformité des ESPN : Apave Exploitation France, Bureau Veritas Exploitation, Vinçotte International et l'organe d'inspection des utilisateurs d'EDF.

Cette évaluation de la conformité concerne les équipements destinés aux nouvelles installations nucléaires (elle a concerné plus de 200 équipements pour le réacteur EPR de Flamanville) et les équipements de rechange destinés aux installations nucléaires en fonctionnement (GV de remplacement notamment). Elle se traduit par un examen de la documentation technique de chaque équipement et par des inspections dans les ateliers des fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants.

En 2024, une part croissante des actions d'évaluation de l'ASN a concerné les ESPN destinés aux réacteurs EPR 2. Par ailleurs, les actions de l'ASN ont été renforcées en ce qui concerne le contrôle des fournisseurs et des fabricants des ESPN de niveau N2 ou N3, en se concentrant en particulier sur certains secteurs d'activité sensibles comme les fonderies ou les fabricants de tuyauteries.

En effet, les opérations de fabrication des ESPN font intervenir un grand nombre de fournisseurs, auxquels les fabricants sous-traitent parfois des activités déterminantes pour la résistance mécanique de l'équipement produit. Dans ce contexte, l'ASN a renforcé ses contrôles en considérant les déficiences qu'elle a identifiées chez certains fournisseurs de matériaux portant sur la maîtrise des procédés de fabrication sensibles (comme le soudage ou le moulage) ou la traçabilité des opérations de fabrication.

2.2.3 L'exploitation des équipements sous pression nucléaires

Les circuits primaire et secondaires principaux (CPP et CSP) des réacteurs, qui contribuent au confinement des substances radioactives, au refroidissement et au contrôle de la réactivité, fonctionnent à haute température et haute pression.

La surveillance de l'exploitation de ces circuits est réglementée par l'arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du CPP et des CSP des réacteurs électronucléaires à eau sous pression. Dans ce cadre, ces circuits font l'objet d'une surveillance et d'une maintenance périodique par EDF.

En particulier, ces circuits sont soumis à une requalification périodique réalisée tous les dix ans, qui comprend une visite complète des circuits impliquant des examens non destructifs sur les zones les plus sensibles, une épreuve hydraulique sous pression et une vérification du bon état et du bon fonctionnement des accessoires de protection contre les surpressions.

Par ailleurs, l'exploitant est tenu de conserver et de mettre à jour, aussi souvent que nécessaire et au moment des requalifications périodiques, les dossiers portant sur la conception, la fabrication, la protection contre les surpressions, les matériaux, les constatations faites au cours de l'exploitation et, le cas échéant, le traitement des écarts.

Sont détaillés ci-dessous certains des enjeux présentés pour la sûreté par les composants du circuit primaire ou des circuits secondaires.

Les cuves des réacteurs

La cuve, composant essentiel d'un REP, contient le cœur du réacteur, ainsi qu'une partie de son instrumentation.

En fonctionnement normal, la cuve est entièrement remplie d'eau, à une pression de 155 bars et une température de 300 °C. Elle est composée d'acier ferritique, avec un revêtement interne en acier inoxydable.

Le contrôle régulier de l'état de la cuve est essentiel pour plusieurs raisons :
• les conséquences de la rupture de cet équipement ne sont pas étudiées dans

Les principes de la démonstration de la résistance en service des cuves

La prévention du risque de rupture brutale de la cuve fait l'objet d'une attention très particulière. Celle-ci conduit à imposer la vérification, à l'occasion de chaque réexamen périodique, de la résistance des cuves en vue des dix années d'exploitation à venir, en tenant compte de la fragilisation de leur acier sous l'effet de l'irradiation.

Le risque de rupture brutale de la cuve d'un réacteur découle de trois facteurs conjoints : la présence d'un défaut (comme une fissure dans le métal) qui est susceptible d'induire une concentration de contraintes, une sollicitation mécanique (résultant de l'exploitation courante du réacteur ou d'une situation incidentelle ou accidentelle) et une résistance mécanique insuffisante du matériau.

La démarche de justification s'appuie donc sur l'analyse de la résistance à la rupture des défauts qui sont connus dans les cuves (ce qui concerne quelques cuves des réacteurs d'EDF, affectées de défauts sous revêtement). De plus, les cuves sont soumises lors de chaque visite décennale à un examen non destructif de la zone soumise à irradiation, dont les performances permettent de détecter les défauts dont la taille est suffisamment grande. Pour assurer le conservatisme des démonstrations, il est donc requis de vérifier également la résistance d'un défaut dit de « référence », qui correspond au plus grand défaut qui ne pourrait pas être détecté lors de ces examens.

L'analyse du risque de rupture brutale des cuves des réacteurs consiste ainsi, pour le défaut de référence comme pour les défauts sous revêtement qui affectent certaines cuves, en :
• l'évaluation des contraintes mécaniques susceptibles d'être à l'origine de l'amorçage de la propagation d'une fissure au niveau de ces défauts, dans toutes les situations de fonctionnement du réacteur, y compris accidentelles ;
• l'évaluation des caractéristiques de résistance mécanique du matériau, en prenant en compte la fragilisation de l'acier sous l'effet de l'irradiation. La fragilisation de l'acier est évaluée tous les dix ans, à partir des résultats d'essais mécaniques réalisés sur des échantillons de matériau qui ont été placés dans des capsules à l'intérieur du cœur des réacteurs. L'emplacement de ces capsules, proche des assemblages de combustible, permet de soumettre ces échantillons à une irradiation plus forte que celle qui atteint la paroi des cuves, et ainsi de vérifier par anticipation la validité des estimations réalisées.

La démarche d'analyse du risque de rupture brutale conduit alors à comparer la sollicitation à l'extrémité du défaut, qui résulte de la première étape, avec la résistance mécanique du matériau, qui résulte de la seconde. Par ailleurs, des coefficients de sécurité sont pris en compte dans l'analyse du risque de rupture brutale, de manière à donner un conservatisme suffisant aux analyses.

Enfin, la cuve dans son ensemble fait l'objet d'autres examens non destructifs, par exemple au niveau du couvercle, et d'un essai de résistance à une pression d'au moins 1,2 fois la pression de service. Cette épreuve constitue un essai de résistance global qui permet de détecter des phénomènes de dégradation non anticipés. À titre d'exemple, c'est lors de l'épreuve réalisée en 1991 de la cuve d'un des réacteurs de la centrale nucléaire du Bugey qu'a été détectée une fuite au niveau d'un adaptateur du couvercle due à un phénomène de corrosion sous contrainte. Cette fuite a conduit EDF à remplacer tous les couvercles de ses réacteurs de 900 et 1 300 MWe entre 1994 et 2009.

la démonstration de sûreté du réacteur. Les actions de contrôle contribuent ainsi à la démarche d'exclusion de rupture de cet équipement. Cette démarche repose sur des dispositions particulièrement exigeantes en matière de conception, de fabrication et de contrôle en service afin de garantir sa tenue pendant toute la durée de vie du réacteur, y compris en cas d'accident ;
• durant son fonctionnement, le métal de la cuve se fragilise progressivement sous l'effet des neutrons issus des réactions de fission dans le cœur. Cette fragilisation rend en particulier la cuve plus sensible aux chocs thermiques sous pression ou aux montées brutales de pression à froid. Cette sensibilité est par ailleurs accrue en présence de défauts technologiques, ce qui est le cas pour quelques cuves qui présentent des défauts apparus sous leur revêtement en acier inoxydable lors de leur fabrication ;
• la cuve est un composant dont le remplacement n'est pas envisagé, pour des raisons à la fois de faisabilité technique et de coût.

Les composants moulés du circuit primaire principal

Le circuit primaire de certains réacteurs français comporte plusieurs coudes et piquages en acier inoxydable austéno-ferritique, fabriqués par moulage. La phase ferritique de cet acier subit un vieillissement en fonctionnement sous l'effet de la température. Certains éléments d'alliage présents dans le matériau, en particulier le molybdène, favorisent cette sensibilité au vieillissement, notamment pour les réacteurs de 900 MWe et les premiers réacteurs de 1 300 MWe. Il en résulte une dégradation de certaines propriétés mécaniques, telles que la résilience et la résistance à la déchirure ductile[1].

Par ailleurs, ces coudes comportent des défauts inhérents au mode de fabrication par moulage statique. Les effets du vieillissement thermique diminuent les marges de résistance à la rupture brutale en présence de défauts.

EDF a mené de nombreux travaux afin d'approfondir sa connaissance de ces matériaux, de leur cinétique de vieillissement et d'évaluation des marges vis-à-vis du risque de rupture brutale. Ces coudes font l'objet d'un suivi attentif de la part de l'ASN, dans la mesure où la poursuite de l'exploitation de ces composants du circuit primaire doit être justifiée à l'occasion de chaque réexamen périodique, en tenant compte de ce phénomène de vieillissement. Certains coudes moulés des réacteurs de 900 et de 1 300 MWe, qui sont connectés directement à la cuve des réacteurs, présentent des enjeux particuliers car ils sont très difficilement remplaçables.

Les générateurs de vapeur

Les GV sont composés de deux parties, l'une appartenant au circuit primaire et l'autre au circuit secondaire. L'intégrité des principaux éléments constitutifs des GV est surveillée, tout particulièrement celle des tubes qui constituent le faisceau tubulaire. En effet, une dégradation du faisceau tubulaire (corrosion, usure, fissure, etc.) peut créer une fuite du circuit primaire vers le circuit secondaire. De plus, la rupture de l'un des tubes du faisceau conduirait à contourner l'enceinte de confinement du réacteur, qui constitue la troisième barrière de confinement. Les GV font donc l'objet d'un programme spécifique de surveillance en exploitation, établi et révisé périodiquement par EDF et examiné par l'ASN. À la suite des contrôles, les tubes présentant des dégradations trop importantes sont bouchés pour être mis hors service.

Les GV ont tendance à s'encrasser au fil du temps en raison des produits de corrosion issus des échangeurs du circuit secondaire. Sur les tubes, la couche de dépôt de produits de corrosion (encrassement) diminue l'échange thermique. Au niveau des plaques entretoises, les dépôts (colmatage) empêchent la libre circulation du mélange eau-vapeur, ce qui crée un risque d'endommagement des tubes et des structures internes et peut dégrader le fonctionnement global du GV.

1. *Déchirure d'un matériau qui se produit sous l'effet des contraintes qui lui sont appliquées, au terme de sa déformation.*

Plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre pour limiter les dépôts métalliques dans le circuit secondaire : lançages à l'aide de jets hydrauliques, nettoyages chimiques préventifs, remplacement de certains matériaux utilisés pour la fabrication des faisceaux tubulaires (laiton par acier inoxydable ou alliage de titane, plus résistants à la corrosion), modification des produits chimiques de conditionnement des circuits et augmentation du pH. Certaines de ces opérations nécessitent l'obtention d'une autorisation de l'ASN, car elles impliquent des rejets de substances dangereuses.

Depuis les années 1990, EDF conduit un programme de remplacement des GV ayant les faisceaux tubulaires les plus dégradés. La campagne de remplacement de GV concernant 26 réacteurs et dont le faisceau tubulaire était en Inconel 600 non traité thermiquement est désormais achevée. Elle se poursuit par le remplacement des GV dont le faisceau est en Inconel 600 traité thermiquement (21 réacteurs sont encore concernés).

2.2.4 L'évaluation de l'exploitation des équipements sous pression nucléaires

La surveillance de l'exploitation des circuits primaires et secondaires principaux des réacteurs

L'ASN considère que la surveillance menée par EDF de l'exploitation des CPP et CSP reste un point de vigilance. En particulier, EDF a poursuivi en 2024 ses contrôles définis après la détection d'un phénomène de corrosion sous contrainte sur des tuyauteries auxiliaires des circuits primaires (*voir encadré ci-dessous*). Ce phénomène illustre la possibilité que des modes de dégradation non redoutés apparaissent sur ces circuits, y compris en l'absence de retour d'expérience en France ou à l'international.

Ainsi, il est nécessaire qu'EDF prévoie, au travers des programmes d'investigations complémentaires réalisés sur ces circuits à l'occasion de chaque réexamen périodique, des contrôles adaptés pour tenir compte du risque présenté par d'éventuels phénomènes de dégradation non redoutés, en complément des programmes de surveillance courants.

La déclinaison des programmes de surveillance en exploitation des CPP et CSP, ainsi que leur adaptation pour tenir compte de l'évolution du retour d'expérience et des connaissances concernant les modes de dégradation, font l'objet d'une attention particulière de la part de l'ASN. À ce titre, l'ASN est attentive à ce qu'EDF ait recours à des moyens de contrôle non destructifs adaptés et dont les performances sont qualifiées. EDF doit également être en mesure de déployer de manière réactive des contrôles pour vérifier l'absence de risques particuliers, par exemple en cas de découverte ou de suspicion d'un nouveau mode de dégradation.

Les cuves des réacteurs

Dans le cadre des réexamens périodiques, l'ASN examine tous les dix ans la justification de la tenue en service des cuves. La démarche générique mise en place par EDF consiste à vérifier, selon une approche enveloppe, que toutes les cuves d'un type de réacteur présentent une résistance à la rupture brutale suffisante en tenant compte des chargements auxquelles elles sont soumises en exploitation (que ce soit lors des situations d'exploitation courantes, incidentelles ou accidentelles) et de leur fragilisation sous irradiation. Lors de cet examen, il est tenu compte des propriétés mécaniques de chaque cuve et de la présence d'un défaut hypothétique positionné de manière pénalisante. Pour les cuves présentant des défauts particuliers, EDF vérifie également la résistance mécanique des cuves affectées de ces défauts.

Au terme de son instruction, l'ASN a conclu favorablement sur la capacité des cuves des réacteurs de 900 MWe à fonctionner jusqu'à leur cinquième visite décennale. En 2024, l'ASN a instruit les justifications apportées par EDF pour les cuves des réacteurs de 1300 MWe et l'ASNR prendra position en 2025.

EDF mène également, lors de la visite décennale de chaque réacteur, des contrôles pour s'assurer de l'absence d'évolution des défauts existants ou d'apparition de défauts préjudiciables dans l'acier des cuves. Elle réalise également une épreuve hydraulique sous pression du circuit primaire.

L'ASN émet des procès-verbaux à la suite des contrôles effectués lors de chaque visite décennale sur le circuit primaire, et en particulier sur les cuves. En 2024, les résultats des contrôles menés ont été satisfaisants.

Bilan de la corrosion sous contrainte des lignes auxiliaires

À la suite de la découverte de fissures de corrosion sous contrainte fin 2021 sur des tuyauteries auxiliaires du circuit primaire de certains de ses réacteurs, EDF a mis en place un programme qui a permis de contrôler plus de 1 200 soudures des systèmes RIS et RRA. En 2024, EDF a maintenu la mobilisation d'importants moyens de contrôle et d'analyse pour identifier les causes de ces dégradations.

EDF a achevé en 2024 les remplacements qui étaient programmés à titre préventif pour les tuyauteries les plus sensibles. Cinq autres réparations de soudures ont été effectuées par ailleurs, à la suite de la découverte de nouveaux défauts.

À ce stade, les contrôles réalisés depuis fin 2021 ont mis en évidence la présence de 80 fissures de plus de 2 mm de profondeur sur ces tuyauteries, ce qui confirme le caractère sérieux de ce phénomène, dont on pensait jusqu'alors qu'il n'était pas susceptible d'affecter ces lignes.

La stratégie de contrôle a mis l'accent sur les soudures réparées lors de leur fabrication, qui sont plus sensibles à la corrosion sous contrainte. Les contrôles de ces soudures ont mis en évidence trois fissures de grande taille, qui auraient pu conduire à une perte d'intégrité de la tuyauterie en cas de sollicitation mécanique importante.

Par ailleurs, la campagne de contrôle réalisée depuis fin 2021 a conduit à la découverte d'une dizaine de fissures de fatigue. Ce phénomène était connu comme susceptible d'affecter ces tuyauteries, mais certaines de ces fissures ont été découvertes au niveau de soudures qui ne faisaient pas l'objet d'un suivi particulier. Ces éléments devront conduire EDF à rendre plus robuste sa stratégie de suivi en service pour ce qui concerne le risque de fissuration par fatigue.

EDF a remplacé l'ensemble des tuyauteries jugées les plus sensibles au phénomène de corrosion sous contrainte. D'ici la fin du premier trimestre 2025, l'ensemble des soudures des tuyauteries RIS et RRA réparées lors de leur fabrication aura été contrôlé et, d'ici la fin 2026, EDF aura contrôlé environ 55 % des soudures des lignes RIS et RRA susceptibles d'être concernées par ce phénomène. L'ASN considère que ce taux de contrôle permettra d'avoir une bonne vision de la sensibilité à la corrosion sous contrainte de ces tuyauteries et de compléter les connaissances portant sur le risque de fissuration par fatigue. EDF poursuit par ailleurs la mise en œuvre d'un programme de contrôle par sondage des soudures des autres tuyauteries en acier inoxydable du circuit primaire des réacteurs, afin de vérifier leur absence de sensibilité à la corrosion sous contrainte.

En 2024, l'ASN a poursuivi son contrôle des actions menées par EDF en menant des inspections dans les services d'ingénierie, dans les centrales nucléaires et dans les usines des sous-traitants d'EDF, dans le cadre des opérations de contrôle ou de remplacement de tuyauteries. L'ASN a également poursuivi les échanges avec ses homologues étrangers, dont plusieurs ont réalisé des contrôles spécifiques. À ce stade, l'ASN note que les REP étrangers ne semblent pas concernés par un phénomène d'une telle ampleur.

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) restera mobilisée sur cette problématique en 2025, et suivra avec attention les résultats des contrôles mis en œuvre par EDF. Elle instruira les évolutions de la stratégie de contrôles d'EDF qui pourraient en découler.

Pour disposer des dernières informations sur le sujet :

asn.fr/l-asn-controle/corrosion-sous-contrainte

Les produits moulés
La justification du maintien en service des produits moulés du CPP au-delà de la quatrième visite décennale des réacteurs de 900 MWe a fait l'objet d'une instruction par l'ASN.

Pour ce qui concerne les coudes moulés du CPP, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a expertisé, à la demande de l'ASN, les justifications apportées par EDF pour les coudes les plus sensibles (coudes C, qui sont directement connectés à la cuve, certains coudes E difficilement remplaçables, car situés dans le puits de cuve). L'ASN a réuni le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN) à trois reprises sur ce sujet (2016, 2019 et 2023).

Les principes méthodologiques retenus par EDF dans ses analyses mécaniques de justification du maintien en service de ces composants ont ainsi été validés par l'ASN. Cette instruction a conclu que la totalité des coudes (A, B, C, D et E) des réacteurs de 900 MWe peut être maintenue en service au moins jusqu'à la cinquième visite décennale. Actuellement, l'ASN focalise son instruction sur certains coudes E des réacteurs de la centrale nucléaire de Paluel, dont la justification de la poursuite d'exploitation au-delà des visites décennales à venir doit faire l'objet de la remise d'un dossier de la part d'EDF.

Pour justifier le maintien en service des coudes moulés au-delà de la cinquième visite décennale, EDF poursuit ses études de justification selon plusieurs axes. EDF proposera en particulier à l'ASN le recours à des méthodes de calcul plus avancées pour tenir compte de la nature des défauts présents dans les coudes. De plus, EDF développe un nouveau moyen d'examen non destructif de la paroi interne des coudes E, ainsi qu'une technique de réparation de défaut en paroi interne, qui pourraient être mobilisées si EDF n'était pas en mesure d'apporter la justification de leur maintien en service. L'ASN considère ces travaux comme nécessaires, car devant permettre à EDF de définir une stratégie de traitement suffisamment en amont des visites décennales.

Par ailleurs, certains piquages moulés des branches primaires (piquages du système RIS situés en branche froide) sont, pour les mêmes raisons, également sensibles aux phénomènes de vieillissement thermique et ont fait l'objet d'analyses sur leur capacité à être maintenus en service. La méthodologie a été expertisée par l'IRSN (pour les réacteurs de 900 et de 1300 MWe). La faible ténacité de certains piquages des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de Paluel, liée à leur vieillissement, a conduit EDF à proposer leur remplacement, à une échéance qui est en cours d'examen par l'ASN.

Les générateurs de vapeur
Les GV sont restés un point de vigilance pour l'ASN en 2024. Des niveaux d'encrassement et de colmatage importants dans certains GV, susceptibles d'altérer la sûreté de leur fonctionnement, amènent la programmation de nettoyages préventifs. La maintenance en vue de garantir un état de propreté satisfaisant a été insuffisante par le passé et constitue dorénavant un point de vigilance pour l'ASN. La stratégie de maintenance relative au colmatage et à l'encrassement de la partie secondaire des GV déployée par EDF a été revue en 2020 afin de mieux prévenir ces situations. L'ASN porte aussi une attention particulière au suivi des dégradations des tores d'alimentation en eau des GV des réacteurs de 1300 et de 1450 MWe.

Des opérations de remplacement de GV sont planifiées au rythme d'un réacteur par an dans les années à venir.

Les tuyauteries auxiliaires du circuit primaire principal
De nombreuses fissures liées à de la corrosion sous contrainte ou de la fatigue thermique ont été découvertes depuis 2021, en particulier sur les tuyauteries des circuits RIS et RRA des réacteurs de 1450 et de 1300 MWe de type P'4, à proximité immédiate de certaines soudures. Elles ont conduit à la réalisation de nombreux contrôles et de réparations. Les investigations se poursuivront en 2025 et 2026, notamment sur d'autres systèmes (*voir encadré page précédente*).

2.3 Les enceintes de confinement

2.3.1 Les enceintes de confinement

Les enceintes de confinement, qui constituent la troisième barrière de confinement, font l'objet de contrôles et d'essais destinés à vérifier leur conformité aux exigences de sûreté. En particulier, leur comportement mécanique doit garantir une bonne étanchéité du bâtiment réacteur si la pression à l'intérieur de celui-ci venait à dépasser la pression atmosphérique, ce qui peut survenir dans certains types d'accident. C'est pourquoi ces essais comprennent, à la fin de la construction, puis lors des visites décennales, une montée en pression de l'enceinte interne avec une mesure du taux de fuite. Ces essais sont imposés par les décrets d'autorisation de création de chaque réacteur et par l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (INB).

D'autres matériels participent à la fonction de confinement, tels que les systèmes pour accéder à l'intérieur de l'enceinte de confinement (dénommés « sas » et « tampon matériel »), le circuit de mise en dépression de l'espace inter-enceinte des enceintes de confinement à double paroi et le circuit de ventilation de la salle de commande.

2.3.2 L'évaluation des enceintes de confinement

Gestion globale de la fonction de confinement
Dans son ensemble, la fonction de confinement fait l'objet d'une gestion satisfaisante de la part d'EDF. L'ASN constate toutefois encore des indisponibilités ponctuelles mais répétées affectant certains matériels participant à cette fonction. Ces indisponibilités concernent notamment le système de pressurisation des pénétrations de l'enceinte et de contrôle des fuites, ainsi que le système de ventilation de la salle de commande.

EDF a engagé depuis 2014 un plan d'action afin de garantir que, compte tenu des évolutions des réacteurs depuis leur construction, les débits des systèmes de ventilation répondent aux exigences de sûreté requises pour le confinement et pour le conditionnement thermique des installations. Le plan d'action est déployé, réacteur par réacteur, sur tous les systèmes de ventilation concernés, et inclut un état des lieux des matériels et des gaines. EDF procède, le cas échéant, à des remises en état et à des améliorations ainsi qu'au réglage des débits de ventilation. La dernière phase de ce plan d'action national intègre un programme visant à s'assurer de la pérennité des réglages réalisés. L'ASNR prendra position sur ce programme en 2025.

Les enceintes à simple paroi revêtue sur la face interne d'une peau d'étanchéité métallique
Les épreuves décennales des enceintes des réacteurs de 900 MWe réalisées depuis 2019 dans le cadre de leur quatrième visite décennale n'ont pas mis en évidence de problème générique susceptible de remettre en cause leur exploitation.

En 2024, cinq réacteurs avec enceinte à simple paroi ont réalisé leur épreuve enceinte, dont les résultats ont été satisfaisants.

Les enceintes à double paroi
Les épreuves des enceintes à double paroi réalisées lors des premières visites décennales des réacteurs de 1300 MWe avaient permis de détecter une augmentation, plus importante qu'anticipée lors de la conception, des taux de fuite de la paroi interne de certaines d'entre elles, sous l'effet combiné de déformations du béton et de perte de la précontrainte de certains câbles.

EDF a alors engagé d'importants travaux consistant à recouvrir localement, par un revêtement d'étanchéité en résine, l'intrados et l'extrados de la paroi interne des enceintes des réacteurs de 1300 MWe les plus affectés, ainsi que des réacteurs de 1450 MWe.

Ces travaux ont permis, pour l'ensemble des réacteurs sur lesquels ils ont été effectués, de respecter les critères de taux de fuite lors des épreuves des enceintes.

Les règles générales d'exploitation

Les RGE présentent les dispositions que l'exploitant prévoit de mettre en œuvre pour exploiter son installation dans le respect de la démonstration de sûreté. Elles précisent notamment les règles à respecter en fonctionnement normal, les essais périodiques à réaliser et les opérations de conduite à mener en situation incidentelle ou accidentelle. Elles sont l'une des pièces constitutives de la demande d'autorisation de mise en service d'un réacteur nucléaire.

Les spécifications techniques d'exploitation qui figurent dans les RGE définissent les paramètres à respecter en fonctionnement normal. Elles identifient également les systèmes essentiels au maintien des fonctions de sûreté et prescrivent les conduites à tenir en cas d'indisponibilité momentanée d'un système requis ou de dépassement d'une limite.

En matière d'essais périodiques, les RGE détaillent les contrôles à effectuer, leur fréquence et les critères d'acceptation des résultats. Des essais existent notamment pour vérifier que le cœur du réacteur est conforme au référentiel de conception et à la démonstration de sûreté et pour calibrer les systèmes de régulation et de protection automatique.

Les procédures de conduite en situation incidentelle ou accidentelle, qui figurent dans les RGE, détaillent les actions à entreprendre par les équipes de conduite dans ces situations pour rétablir un fonctionnement normal ou, dans le cas d'un accident, pour ramener l'installation dans un état sûr et limiter ses conséquences.

EDF met régulièrement à jour ces documents pour intégrer le retour d'expérience et pour prendre en compte les modifications apportées aux réacteurs. Des amendements temporaires peuvent également être apportés. Ils nécessitent une justification et la définition de mesures compensatoires pour maîtriser les risques associés. Les modifications notables des RGE qui sont de nature à affecter la sûreté de l'installation ou la protection de l'environnement font l'objet, selon leur importance, soit d'une demande d'autorisation auprès de l'ASN, soit d'une déclaration à l'ASN, préalablement à leur mise en œuvre.

En 2024, un réacteur avec enceinte à double paroi a réalisé son épreuve enceinte, dont le résultat a été satisfaisant. L'ASN reste particulièrement attentive aux évolutions des taux de fuite des enceintes à double paroi et aux dispositions mises en œuvre par EDF pour les maîtriser.

2.4 L'organisation pour l'exploitation des réacteurs

2.4.1 L'exploitation des réacteurs

L'arrêté du 7 février 2012 prévoit que l'exploitant doit disposer des compétences techniques nécessaires pour assurer la maîtrise des activités d'exploitation. Par ailleurs, cet arrêté prescrit à l'exploitant de définir et de mettre en œuvre un système de gestion intégrée (SGI) permettant d'assurer que les exigences relatives à la sûreté et à la protection de l'environnement sont systématiquement prises en compte dans toute décision concernant l'installation. Ce SGI doit préciser les dispositions prises en matière d'organisation et de ressources de tout ordre, en particulier celles retenues pour maîtriser les activités importantes pour la protection des personnes et de l'environnement.

Le fonctionnement normal

Les centrales nucléaires d'EDF sont surveillées en permanence depuis une salle de commande par une équipe de conduite qui est aussi chargée du pilotage des installations.

Les limites d'exploitation entre lesquelles les équipes doivent maintenir l'installation sont définies dans les RGE. L'exploitant s'assure de ce maintien grâce à la documentation d'exploitation normale, notamment les consignes de conduite et les fiches d'alarme. L'exploitant est régulièrement amené à modifier la configuration de l'installation pour assurer l'intervention des équipes de maintenance, pour tester la disponibilité d'un système ou pour changer l'état du réacteur.

Des essais sont régulièrement effectués pour vérifier le bon fonctionnement des systèmes qui pourraient être nécessaires en situation d'incident ou d'accident et pour contrôler le bon comportement du cœur du réacteur. Certains essais sont réalisés lorsque le réacteur fonctionne alors que d'autres ne peuvent être faits que lors des arrêts du réacteur. Les équipes de conduite effectuent elles-mêmes certains de ces essais, tandis que d'autres nécessitent l'intervention d'équipes spécialisées.

La conduite en cas d'incident ou d'accident

Les stratégies et pratiques de conduite à mettre en œuvre en situation d'incident ou d'accident sont développées dans différents documents (règles et consignes de conduite) mis à leur disposition. Ils prescrivent les actions à réaliser par l'équipe de conduite. Pour la gestion de ces situations, l'organisation de l'équipe de conduite évolue et chaque acteur dispose d'un rôle spécifique. Les équipes de conduite sont régulièrement formées à la mise en œuvre de ces stratégies de conduite.

En complément des stratégies de conduite, un plan d'urgence interne (PUI), mis en œuvre par les équipes de crise, est déclenché pour aider les équipes de conduite dans les situations d'incident ou d'accident qui présentent un risque de conséquences à l'extérieur du site.

À la suite d'un accident, si les fonctions de sûreté (maîtrise de la réactivité, du refroidissement et du confinement) ne sont pas assurées du fait d'une succession de défaillances, la situation est susceptible d'évoluer vers un accident grave avec endommagement sévère du combustible. Face à de telles situations, les stratégies de conduite de l'installation privilégient la préservation de l'intégrité de l'enceinte de confinement afin de limiter autant que possible les rejets dans l'environnement. La mise en œuvre de ces stratégies mobilise les compétences des équipes de crise constituées au niveau local et au niveau national.

2.4.2 L'évaluation de l'exploitation des réacteurs et de la documentation opérationnelle

L'ASN instruit le contenu des RGE avant leur mise en œuvre et contrôle leur bonne application au moyen d'inspections.

Plus largement, elle s'assure que les mesures prises par EDF dans le cadre de l'exploitation des réacteurs sont adaptées aux risques que cette exploitation génère.

L'ASN s'intéresse aux conditions qui favorisent ou pénalisent la contribution des intervenants et des collectifs de travail à la sûreté des centrales nucléaires. Elle définit les facteurs organisationnels et humains (FOH) comme l'ensemble des éléments des situations de travail et de l'organisation qui exercent une influence sur le travail des opérateurs.

L'organisation générale

L'organisation mise en place par EDF pour assurer la maîtrise des risques est satisfaisante dans son ensemble. Toutefois, l'ASN a identifié des axes d'amélioration pour certaines centrales en matière de coordination entre les métiers et les projets, au sein de services de maintenance et des équipes de conduite, et sur la cohérence entre les plans de charge, les ressources affectées et le suivi des programmes industriels. Les difficultés observées sont souvent liées à des organisations et des environnements de travail de plus en plus complexes, au nombre important d'interlocuteurs, aux interfaces non définies ou non formalisées entre les entités (relèves, relations entre les équipes de quart et les équipes hors quart ou entre l'exploitant et les prestataires), à l'éloignement géographique, à la mauvaise anticipation des situations de coactivité, aux défauts de ressources (humaines et matérielles) et à la densification de la documentation (*voir encadré page 314*).

Le fonctionnement normal

Lors de ses inspections dans les centrales nucléaires, l'ASN vérifie notamment que l'exploitant respecte les RGE et, le cas échéant, les mesures compensatoires associées à leurs modifications temporaires. Elle contrôle également la cohérence entre la documentation de conduite et les modifications qui ont pu être apportées aux installations. Elle s'assure aussi que les procédures utilisées pour configurer les circuits ou consigner les matériels prennent bien en compte les exigences issues des RGE.

Enfin, elle est attentive à la bonne compréhension et à la bonne application par les équipes de conduite de ces différents documents et à la bonne gestion des activités sensibles, qui sont régulièrement à l'origine d'écarts. Elle mène pour cela des entretiens avec les équipes de conduite et assiste à des opérations d'exploitation des centrales nucléaires.

Les non-respects des RGE constituent des événements significatifs qui doivent être déclarés à l'ASN. L'ASN analyse l'origine et les conséquences de ces événements et vérifie lors de ses inspections que des mesures ont bien été prises par l'exploitant pour corriger les écarts et éviter qu'ils ne se reproduisent.

Sur le plan de l'exploitation et de la conduite des réacteurs, l'ASN considère que les performances se sont maintenues en 2024 à un bon niveau. Les plans d'action sur la rigueur d'exploitation lancés par les centrales nucléaires ces dernières années semblent efficaces. Toutefois, le nombre de situations pour lesquelles les réacteurs ont été exploités en dehors des limites prévues a augmenté en 2024, bien que l'activité industrielle ait été similaire à celle de l'année 2023. L'ASN constate également que la qualité de la surveillance en salle de commande continue à se dégrader. Par ailleurs, en 2024, plusieurs événements marquants en lien avec la maîtrise de la réactivité, mais dont les causes relèvent d'une mauvaise organisation, des défauts de documentation opérationnelle ou d'erreurs de l'équipe de conduite, sont survenus. Compte tenu de l'augmentation de ce type d'événements, l'ASNR intégrera dans son programme d'inspection 2025-2026 des inspections spécifiques sur le sujet.

L'ASN a poursuivi en 2024 sa campagne d'inspection portant sur la maîtrise de la configuration des circuits (*voir encadré ci-contre*). Elle note positivement l'effort réalisé par EDF pour améliorer la performance des outils permettant de prendre en compte la configuration réelle des circuits dans la programmation des activités de maintenance. EDF a aussi instauré en 2024 des stages périodiques de maintien des compétences des agents de terrain impliqués.

L'ASN vérifie que les essais périodiques des matériels importants pour la sûreté permettent de contrôler leur bon fonctionnement et leur niveau de performance. Elle exerce cette vérification lors de l'instruction des demandes d'autorisation de modification des RGE. Elle vérifie aussi au cours d'inspections que ces essais périodiques sont exécutés conformément aux programmes d'essais prévus dans les RGE.

Comme les années précédentes, plusieurs événements significatifs pour la sûreté (ESS) ont eu pour origine les essais périodiques. Les principales causes de ces événements significatifs sont la mauvaise déclinaison des règles d'essais dans les documents opératoires, des défauts d'application de la gamme d'essais lors de la réalisation des essais, des incohérences



Campagne d'inspections sur la maîtrise des configurations de circuits

La maîtrise de la configuration des circuits hydrauliques et électriques des réacteurs nucléaires concourt à la sûreté des installations. La configuration des circuits couvre les activités de lignage (mise en configuration d'un ensemble d'organes afin qu'un circuit remplisse la fonction souhaitée), de consignation (mise en configuration d'un ensemble d'organes dans des positions définies et condamnées afin de garantir les conditions de sécurité requises pour une intervention de maintenance) et de condamnation administrative (immobilisation physique d'un ensemble d'organes dont le maintien en position est essentiel à la sûreté de l'installation).

Après avoir constaté fin 2022 une augmentation des défauts de lignage et de consignation qui fragilisent la sûreté des installations ou induisent des risques d'accident des personnels, l'ASN a engagé en 2023 une campagne d'inspections dédiée au contrôle des mesures prises par EDF pour assurer la maîtrise de la configuration des circuits des installations.

L'ASN a achevé en 2024 cette campagne qui a permis d'inspecter l'ensemble des centrales nucléaires. Les inspecteurs ont examiné le pilotage de l'ensemble des processus qui contribuent à la maîtrise de la configuration des circuits. Ils ont également procédé à des contrôles de la conformité des configurations des installations et ont observé la réalisation de certaines activités. Ils ont enfin procédé à des entretiens d'explicitation avec des personnels chargés de ces activités.

Cette campagne d'inspection a mis en évidence la qualité du suivi des processus liés à cette thématique, mais également des manques dans la préparation et la réalisation de ces activités.

En 2024, l'ASN a rappelé à EDF la nécessité d'accorder la plus grande importance à l'activité de condamnation administrative et de clarifier les pratiques d'immobilisation des organes condamnés. Elle a aussi demandé à EDF de vérifier la pertinence du dispositif d'immobilisation des robinets condamnés administrativement impliqués dans la lutte contre l'incendie. Enfin, elle a alerté EDF sur la nécessité de pérenniser les dispositifs d'indication de position installés sur les organes soumis à condamnation administrative.

À l'issue de cette campagne, l'ASN note positivement l'effort réalisé par EDF pour améliorer la performance des outils permettant de prendre en compte la configuration des circuits dans la programmation des activités de maintenance. EDF a par ailleurs instauré en 2024 des stages périodiques de maintien de compétence des agents directement impliqués dans la configuration des circuits. Les services centraux d'EDF ont renforcé l'animation du processus de condamnation administrative auprès des exploitants sur site. Ces différentes actions sont de nature à améliorer les performances liées à la configuration des circuits dans les années à venir.

La filière indépendante de sûreté

Au sein d'EDF, la filière indépendante de sûreté (FIS) assure la vérification, en matière de sûreté, des actions et décisions prises par les services chargés de l'exploitation des installations.
Au sein de chaque centrale nucléaire, la FIS est notamment composée d'ingénieurs sûreté, qui assurent quotidiennement une vérification du niveau de sûreté des réacteurs.
Le fonctionnement de chaque FIS est contrôlé et évalué, au niveau national, par la FIS de la division de la production nucléaire d'EDF.
Enfin, les services d'inspection interne d'EDF, notamment l'inspecteur général de la sûreté nucléaire, rattaché au président du groupe EDF et assisté d'une équipe d'inspecteurs, constituent le plus haut niveau de vérification indépendante de la sûreté nucléaire au sein du groupe EDF.

entre les documents ou encore des défauts de programmation des essais périodiques.

Dans le cadre du retour d'expérience de ces événements, EDF adapte ses organisations pour assurer un meilleur partage d'information entre les différents acteurs responsables de la définition des essais, de leur programmation et de leur réalisation. À ce titre, EDF a lancé un plan d'action depuis octobre 2023, avec pour objectif de mettre en place un soutien plus structuré et adapté aux sites sur cette thématique, afin d'améliorer la réalisation des essais périodiques.

En 2024, l'ASN a engagé un programme d'inspections spécifique sur l'organisation des sites pour la gestion des essais périodiques. Une grande partie des centrales nucléaires a été inspectée lors de ces contrôles, qui se poursuivront en 2025. L'ASNR dressera un bilan à l'issue de cette campagne.

Complexité du référentiel d'exploitation des réacteurs

La complexité du référentiel d'exploitation, et notamment des RGE, est régulièrement mise en avant. Elle peut être à l'origine d'une perte de sens dans le travail des opérateurs et avoir des effets sur la maîtrise des risques. Depuis le début du fonctionnement des réacteurs, elle a augmenté significativement.

Pour répondre à ces constats, EDF a initié des actions de simplification à court et moyen terme, ainsi qu'un projet de long terme de refonte globale de ses RGE. EDF a pour objectifs d'une part de simplifier le référentiel d'exploitation pour en faciliter la lisibilité et l'utilisation par l'exploitant ; d'autre part de garantir l'exploitabilité des installations, selon une approche proportionnée aux enjeux pour la sûreté.

Des échanges entre l'ASN, l'IRSN et EDF ont eu lieu sur le sujet en 2024.

De son côté, l'ASN a réuni en 2024 la profession au cours d'un cycle de réflexion du Comité d'orientation sur les facteurs sociaux, organisationnels et humains (Cofsoh), ainsi que sur la complexité des activités en lien avec l'exploitation des installations nucléaires. Une synthèse de ces travaux sera publiée en 2025.

L'ASN finance également actuellement une thèse sur les paramètres et les dynamiques de la complexité dans la gouvernance de la sûreté des réacteurs en France. La soutenance de cette thèse et la communication de ses conclusions sont attendues pour fin 2025.

Campagne d'inspections portant sur la gestion d'un accident avec fusion du cœur

L'ASN a mené, entre 2023 et 2024, une campagne d'inspections visant à contrôler la préparation des opérateurs à la gestion d'un accident avec fusion du cœur et à vérifier l'opérabilité des actions de conduite requises.

Si l'ASN a constaté que l'état des matériels requis lors d'un accident avec fusion du cœur était généralement satisfaisant, les inspections ont aussi mis en évidence que le référentiel documentaire établi par les services centraux d'EDF n'était pas toujours bien déployé au sein des centrales nucléaires. En outre, les mises en situation réalisées au cours des inspections ont montré que les agents de terrain étaient mal préparés aux situations d'accident avec fusion du cœur. Par ailleurs la documentation opérationnelle, permettant la mise en œuvre des actions requises, était parfois inadaptée (informations manquantes ou erronées, outillages indisponibles, etc.). Ces écarts s'expliquent notamment par le fait que les sites ne testent pas systématiquement la documentation opérationnelle avant de la valider.

En réponse aux constats réalisés, EDF a défini un plan d'action dont l'ASNR suivra la mise en œuvre.

La gestion des compétences

En 2022 et 2023, l'ASN a mené une campagne d'inspections sur la gestion des compétences des équipes chargées de la conduite des installations. Cette campagne avait conduit EDF à déployer des plans d'action au niveau national et local visant à renforcer les compétences des équipes de conduite et à redynamiser le management des compétences dans sa globalité. EDF a ainsi mis en place des dispositions permettant le renforcement des équipes de formation, la relance des comités de formation, l'accompagnement à la clarification et à l'ancrage des processus de formation et l'augmentation du nombre d'équipements de formation.

En 2024, les difficultés liées à la gestion des compétences, déjà relevées en 2023, perdurent et concernent aussi bien les personnels internes d'EDF que les intervenants extérieurs. L'installation dans le temps de difficultés en matière de gestion des compétences, malgré de nombreux plans d'action, remet en question l'efficience des dispositions mises en œuvre par l'exploitant pour accompagner la montée et le maintien en compétence des équipes. L'ASN a notamment relevé des difficultés dans l'identification des besoins de formation. La mise en place de formations dites par « frottement » (processus d'apprentissage non formalisé fondé sur le contact avec les pairs) sans définition des objectifs pédagogiques complique l'établissement de la vision réelle du niveau de compétences des équipes. De plus, les formations par *e-learning* y compris pour des domaines techniques, limitent la mise en pratique sur le terrain. Des faiblesses ont aussi été constatées dans l'organisation des sessions de recyclage, du fait de l'indisponibilité des moyens de formation ou des formateurs, et de l'utilisation de questionnaires sans mise en pratique. La gestion des compétences liées aux activités sous-traitées présente également des difficultés concernant l'identification des compétences nécessaires et leur pérennisation.

La filière indépendante de sûreté

L'ASN examine lors de ses inspections les actions menées par la FIS (*voir encadré ci-contre*) et vérifie la bonne prise en compte de ses avis par les services opérationnels. Les inspecteurs ont relevé la compétence, le bon fonctionnement et l'indépendance de la FIS. Certains sites rencontrent quant à eux toujours des problèmes de ressources, le nombre d'ingénieurs sûreté étant parfois, pendant de longues périodes, inférieur à la cible. EDF a pris des mesures en 2023 pour renforcer ses effectifs d'ingénieurs sûreté, afin que ceux-ci puissent effectuer sereinement leur vérification indépendante de la sûreté des réacteurs. Ces dispositions permettent d'améliorer la situation progressivement, EDF s'étant fixé une cible à l'horizon 2027.

La conduite en cas d'incident, d'accident ou d'accident grave

L'ASN contrôle les processus d'élaboration et de validation des procédures de conduite en cas d'incident ou d'accident, leur pertinence et leurs modalités de mise en œuvre. Dans ce cadre, l'ASN a mené en 2024 plusieurs inspections sur les dispositions organisationnelles et techniques prévues par EDF en situation d'incident ou d'accident. Ces inspections intègrent systématiquement une mise en situation des équipes de conduite afin de contrôler les modalités d'application des consignes ainsi que les pratiques d'intervention et de communication au sein de ces équipes.

À l'issue de ces inspections, l'ASN a de nouveau constaté, à l'instar des années précédentes, des erreurs et imprécisions dans les documents opératoires.

La validation par simulation en local des consignes opératoires de conduite incidentelle et accidentelle constitue une étape importante pour s'assurer de l'opérabilité de ces consignes. Ces validations permettent généralement de détecter les anomalies. L'ASN a toutefois constaté que certains sites ne réalisent pas systématiquement cette étape de validation. L'ASN considère qu'EDF devrait généraliser cette étape.

Par ailleurs, l'ASN a constaté que les délais de résorption des anomalies détectées à l'issue des validations par simulation locale restent trop importants. Ce retard est notamment lié au fait qu'une part significative de ces anomalies nécessite des échanges et une prise de position des services centraux d'ingénierie.

L'ASN a mené, entre 2023 et 2024, une campagne d'inspections spécifique sur l'opérabilité des actions de conduite requises en cas d'accident avec fusion du cœur. Les conclusions de cette campagne d'inspections sont présentées dans l'encadré dédié (*voir page précédente*).

L'organisation de crise

Lorsque la situation de l'installation se dégrade ou que des moyens supplémentaires sont nécessaires à la gestion de la situation, les procédures de conduite en cas d'incident ou d'accident prévoient le déclenchement du PUI, qui entraîne la mise en place d'une organisation de crise.

En 2024, trois centrales nucléaires ont déclenché leur organisation de crise pour un incendie hors zone contrôlée, c'est-à-dire dans une zone ne contenant pas de substances radioactives : le 10 février à la centrale nucléaire de Chinon, le 28 mai à la centrale nucléaire de Paluel et le 3 juin à la centrale nucléaire de Cattenom.

La centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire a également déployé son organisation de crise lors d'une fuite d'acide chlorhydrique le 22 mai, sans déclenchement de PUI, celui-ci ne prévoyant pas ce type de scénario. De manière réactive, la centrale nucléaire a appliqué les consignes prévues à cet effet et en a informé l'ASN. Un projet de mise à jour de l'organisation spécifique pour gérer les situations d'urgence d'origine non radiologique, dit « PUI TOX », a été transmis à l'ASN. À l'échelle nationale, cette organisation devrait être déployée sur l'ensemble des centrales nucléaires d'ici la fin de l'année 2025.

Ces quatre situations ont eu un impact limité au niveau des installations et n'ont pas nécessité d'action de protection de la population.

Afin d'éprouver l'organisation de crise d'EDF et des pouvoirs publics, l'ASN participe à des exercices nationaux. Quatre exercices de ce type ont eu lieu en 2024 sur des centrales nucléaires (Civaux, Bugey, Belleville-sur-Loire et Tricastin).

L'ASN a également procédé à plusieurs inspections sur l'organisation et les moyens de crise d'EDF. Ces inspections, dont certaines reposent sur une mise en situation inopinée induisant le déclenchement de l'organisation de crise du site, ont également été l'occasion de tester l'opérationnalité du dispositif sur des sujets spécifiques (matériels locaux de crise, documentation, formation, suivi des processus, etc.). Dans l'ensemble, ces exercices et inspections ont permis de s'assurer que les sites d'EDF disposent d'un niveau d'appropriation des principes d'organisation, de préparation et de gestion des situations d'urgence leur permettant d'assurer les actions requises en cas de crise. L'ASN souligne en outre le professionnalisme et la motivation des équipiers d'astreinte mobilisés. Toutefois, EDF doit poursuivre ses efforts concernant le suivi du maintien en condition opérationnelle des moyens mobilisables en situation d'urgence et des procédures associées, des formations et des entraînements des équipiers de crise, ainsi qu'en matière de réalisation et de suivi du retour d'expérience des situations réelles et des exercices. Enfin, EDF doit poursuivre le renforcement de la préparation des situations d'urgence d'origine non radiologique.

2.4.3 Le processus de retour d'expérience

La prise en compte par EDF du retour d'expérience issu de l'exploitation de ses installations et de celles d'autres exploitants est indispensable à l'amélioration continue de la sûreté. Cette prise en compte repose sur la collecte et l'analyse des événements.

Les événements significatifs sont analysés individuellement. Cette analyse vise à identifier leurs causes profondes et les évolutions à apporter pour éviter leur reproduction. Des analyses de tendance et des signaux faibles sont régulièrement réalisées par EDF pour identifier, le plus en amont possible, des dégradations du niveau de sûreté des installations.

EDF prête une attention particulière à la détection et à l'analyse des événements significatifs potentiellement génériques, qui sont détectés sur un réacteur mais qui pourraient en affecter plusieurs.

2.4.4 L'évaluation du processus de retour d'expérience

Le processus de retour d'expérience

L'ASN analyse les déclarations et comptes rendus d'événement significatif transmis par EDF afin de s'assurer de leur pertinence. Elle mène aussi des inspections sur les centrales nucléaires pour s'assurer de la bonne mise en œuvre du processus de retour d'expérience.

La qualité et la disponibilité des ressources affectées à l'analyse approfondie des événements significatifs sont satisfaisantes sur l'ensemble des sites, ce qui constitue un point positif. Toutefois, l'ASN constate que l'implication des spécialistes des FOH est parfois insuffisante, du fait du manque de personnels formés.

Les analyses révèlent que les causes apparentes et les causes profondes sont généralement correctement identifiées et traitées par des mesures adéquates, même si les analyses se limitent encore trop souvent aux défaillances humaines sans suffisamment investiguer les déterminants de la situation de travail ou les processus organisationnels impliqués.

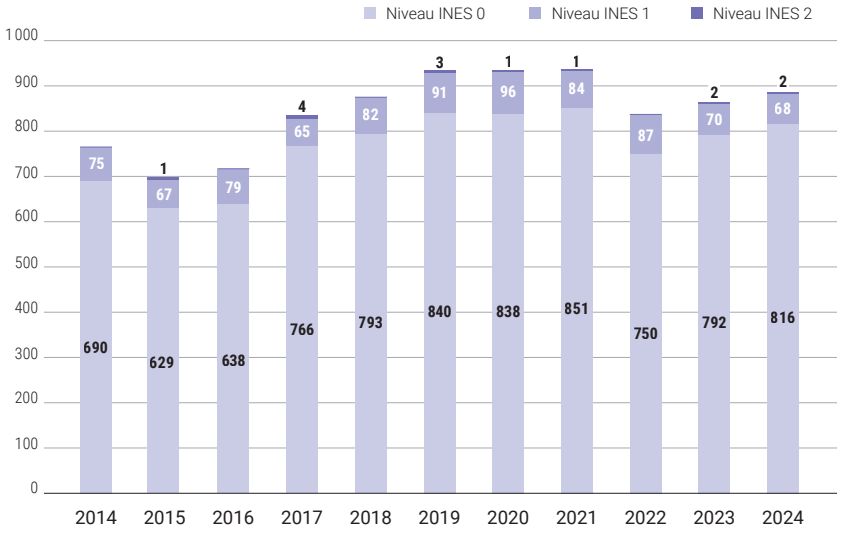
Enfin, l'ASN estime qu'EDF doit encore progresser sur l'évaluation de l'efficacité des actions correctives et sur les conditions de clôture de ces actions. La capitalisation des enseignements et le partage du retour d'expérience restent des points à surveiller.

Les déclarations d'événements significatifs par EDF

En application des règles relatives à la déclaration des événements significatifs (*voir chapitre 3, point 3.3*), l'ASN a reçu de la part d'EDF, en 2024, 756 déclarations d'événements significatifs au titre de la sûreté (ESS), 111 au titre de la radioprotection (ESR) et 60 au titre de la protection de l'environnement (ESE). Il est à noter que, depuis 2021, les événements significatifs de la centrale nucléaire de Fessenheim, arrêtée définitivement en juin 2020, ne sont plus comptabilisés dans ce bilan. Par ailleurs, ce bilan intègre l'exploitation du réacteur EPR de Flamanville mis en service en mai 2024 (50 événements significatifs au titre de la sûreté, dont 15 de niveau 1).

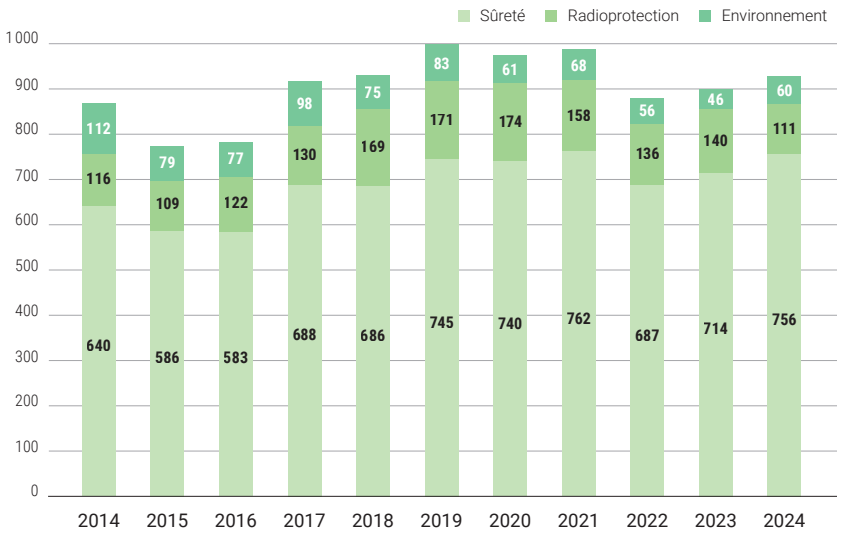
Le graphique 1 (*voir page suivante*) présente l'évolution du nombre d'événements

GRAPHIQUE 1 **Évolution du nombre d'événements significatifs classés sur l'échelle INES dans les centrales nucléaires d'EDF de 2014 à 2024**



Ce graphique intègre les données de la centrale nucléaire de Fessenheim jusqu'en 2020.
Source : ASN

GRAPHIQUE 2 **Évolution du nombre d'événements significatifs par domaine dans les centrales nucléaires d'EDF de 2014 à 2024**



Ce graphique intègre les données de la centrale nucléaire de Fessenheim jusqu'en 2020.
Source : ASN

significatifs déclarés par EDF et classés sur l'échelle INES (*International Nuclear and Radiological Event Scale* – Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques, graduée de 0 à 7 par ordre croissant de gravité) depuis 2014.

Le graphique 2 présente l'évolution depuis 2014 du nombre d'événements significatifs en fonction du domaine de déclaration.

Les événements significatifs affectant plusieurs réacteurs nucléaires sont regroupés sous l'appellation d'événements significatifs à caractère générique. Ont été déclarés, en 2024, 10 événements de ce type dans le domaine de la sûreté nucléaire (26 en 2020, 31 en 2021, 21 en 2022, 16 en 2023).

En 2024, deux événements significatifs de niveau 2 ont été déclarés par EDF. Ces événements concernent tous deux une contamination externe d'un intervenant. Le premier à la centrale nucléaire du Tricastin et le second à la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux (*voir encadré page 324*).

2.4.5 La protection contre les agressions d'origine interne ou externe

Les centrales nucléaires doivent pouvoir faire face à des agressions de natures variées, qui trouvent leur origine à l'intérieur ou à l'extérieur des installations. Les principales agressions présentant un enjeu pour la sûreté sont détaillées ci-dessous.

Les risques liés aux incendies

Un incendie peut entraîner des défaillances d'équipements nécessaires à la maîtrise des fonctions fondamentales de sûreté. Des dispositions doivent donc être mises en œuvre pour protéger les parties sensibles des installations contre l'incendie.

Les centrales nucléaires, comme les autres INB, sont soumises à la décision n° 2014-DC-0417 de l'ASN du 28 janvier 2014 relative aux règles applicables aux INB pour la maîtrise des risques liés à l'incendie.

La prise en compte du risque incendie dans les centrales nucléaires repose sur le principe de défense en profondeur fondé sur les trois niveaux que sont la conception des installations, la prévention, ainsi que la détection et la lutte contre l'incendie.

Les règles de conception visent à empêcher l'extension d'un incendie et à en limiter les conséquences ; elles reposent principalement sur la « sectorisation incendie ». Il s'agit d'un découpage de l'installation en secteurs et zones de cantonnement conçu pour circonscrire le feu dans un périmètre donné et délimité par des éléments (portes, murs et clapets coupe-feu) présentant une durée de résistance au feu spécifiée. Celle-ci a notamment pour objectif d'éviter la transmission d'un incendie à deux matériels assurant de manière redondante une fonction fondamentale de sûreté.

Les risques liés aux explosions

Une explosion peut endommager des éléments essentiels au maintien de la sûreté ou conduire à une rupture du confinement et à la dispersion de substances radioactives dans l'installation, voire dans l'environnement. Des dispositions doivent donc être mises en œuvre par l'exploitant pour protéger les parties sensibles de l'installation.

Les risques liés aux inondations internes

Une inondation interne, c'est-à-dire provenant de l'intérieur de l'installation, peut entraîner des défaillances d'équipements nécessaires à la maîtrise des fonctions fondamentales de sûreté. L'inondation peut notamment être induite par un séisme. Des dispositions sont donc prises pour prévenir les inondations internes (maintenance des tuyauteries véhiculant de l'eau, etc.) ou maîtriser leurs conséquences (présence de siphons de sol et pompes d'exhaure permettant d'évacuer l'eau, mise en place de seuils ou de portes étanches pour éviter la propagation de l'inondation, etc.).

Les risques liés aux séismes
Bien que la sismicité soit modérée en France, la prise en compte de ce risque par EDF dans la démonstration de sûreté de ses réacteurs électronucléaires fait l'objet d'une attention soutenue de la part de l'ASN compte tenu des conséquences potentielles sur la sûreté des installations. Des dispositions parasismiques sont prises dès la conception des installations et sont réexaminées périodiquement au regard de l'évolution des connaissances, à l'occasion des réexamens périodiques.

La règle fondamentale de sûreté (RFS) n° 2001-01 du 31 mai 2001 définit la méthodologie pour déterminer le risque sismique pour les INB de surface.

Cette RFS est complétée par le Guide 2/01 de mai 2006 de l'ASN, qui définit les méthodes de calcul acceptables pour l'étude du comportement sismique des bâtiments nucléaires et d'ouvrages particuliers comme les digues, les galeries et les canalisations enterrées, les soutènements ou les réservoirs.

La conception des bâtiments et matériels importants pour la sûreté des centrales nucléaires doit ainsi leur permettre de résister à des séismes d'intensité supérieure aux plus forts séismes connus survenus dans la région. Les centrales nucléaires d'EDF doivent donc pouvoir faire face à des niveaux de séisme intégrant les spécificités géologiques locales.

Dans le cadre des réexamens périodiques, la réévaluation sismique consiste à vérifier le caractère suffisant du dimensionnement sismique de l'installation en tenant compte du progrès des connaissances en matière de sismicité de la région du site ou de méthodes d'évaluation du comportement sismique des structures et équipements. Les enseignements tirés du retour d'expérience international sont également analysés et intégrés dans ce cadre. Les réévaluations sismiques conduisent régulièrement EDF à renforcer la résistance de ses installations.

Les risques liés aux canicules et aux sécheresses
Au cours des événements caniculaires de 2003 et 2006, certains cours d'eau nécessaires au refroidissement de centrales nucléaires ont connu une réduction de leur débit et un échauffement significatif. Par ailleurs, des augmentations notables de température ont été relevées dans certains locaux des centrales nucléaires abritant des équipements sensibles à la chaleur.

EDF a pris en compte ce retour d'expérience et a réévalué le fonctionnement de ses installations dans des conditions de températures de l'air et de l'eau plus sévères que celles retenues initialement à la conception. En parallèle du développement de ce référentiel de sûreté portant sur les situations dites de « grands chauds », EDF a modifié ses installations (par exemple pour augmenter la capacité de certains échangeurs) et mis en place des pratiques d'exploitation qui optimisent la capacité de refroidissement des équipements et améliorent la tenue des matériels sensibles aux températures élevées.

Dans le cadre des réexamens périodiques des réacteurs, EDF prend en compte le changement climatique et continue à améliorer la capacité de ses installations à se prémunir des effets d'une situation de canicule. Il est notamment prévu d'améliorer la capacité de certains systèmes de refroidissement de matériels requis pour la démonstration de sûreté nucléaire. EDF a également engagé un programme de veille climatique afin d'anticiper les évolutions du climat qui pourraient remettre en cause les hypothèses de températures retenues dans son référentiel.

Comme pour les autres agressions, l'ASN demande à EDF de tirer le retour d'expérience des différents événements caniculaires, ainsi que leurs effets sur les installations.

La prise en compte des agressions naturelles d'intensité extrême
À la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon) survenu le 11 mars 2011, les évaluations complémentaires de sûreté ont conduit l'ASN à prescrire la mise en place d'un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles pour faire face aux situations découlant d'agressions naturelles externes d'intensité extrême, dont la sévérité dépasse celle considérée jusqu'alors dans le référentiel de sûreté de chaque installation. Les agressions naturelles externes retenues pour la conception du « noyau dur » sont les suivantes : le séisme, l'inondation (dont les pluies de forte intensité) et les phénomènes associés (vents extrêmes, foudre, grêle), ainsi que la tornade.

2.4.6 L'évaluation de la maîtrise des risques liés aux agressions

L'ASN contrôle la prise en compte des risques liés aux agressions dans les centrales nucléaires en se fondant notamment sur la réévaluation de la conception des installations dans le cadre des réexamens périodiques, l'analyse des référentiels de sûreté de l'exploitant, l'examen des événements significatifs et les inspections réalisées sur les sites.

L'accident de la centrale nucléaire de Fukushima a conduit EDF à renforcer son organisation pour la maîtrise des risques liés aux agressions. En particulier, des réseaux de référents ont été constitués sur l'ensemble des centrales nucléaires afin de piloter la mise en œuvre des actions définies pour faire face à ces risques. Des revues annuelles sont également menées afin d'améliorer cette organisation.

De manière générale, l'ASN considère que des efforts sont encore nécessaires sur les sites pour améliorer la maîtrise des risques liés aux agressions, en particulier en ce qui concerne :
• la maintenance des équipements (batardeaux, portes coupe-feu, capteurs, siphons de sol, etc.) ;
• les analyses de risque lors des opérations de maintenance et en cas de détection d'un dysfonctionnement d'un équipement ;
• la formation des référents et la sensibilisation du personnel d'EDF et de ses prestataires.

Les risques liés aux incendies
L'ASN ne constate pas d'évolution notable concernant la maîtrise des risques liés aux incendies au sein des centrales nucléaires. Le niveau de performance global reste en deçà des attentes. Si des progrès sont notés sur certains sites, d'autres voient leurs performances se détériorer. Le nombre de départs de feu en 2024 est très légèrement supérieur à celui de 2023. Trois de ces départs de feu survenus ont conduit au déclenchement du PUI sur le site concerné, dont deux pour des incendies de transformateur, qui ont constitué les feux les plus marquants de l'année.

L'ASN a constaté certaines améliorations dans le pilotage de la gestion du risque incendie dans les centrales nucléaires, notamment dans la gestion de la détection et dans la formation des personnels. Toutefois, l'ASN considère nécessaire qu'EDF améliore sur l'ensemble des centrales nucléaires la gestion des entreposages temporaires de matières combustibles lors des chantiers et des opérations de maintenance. L'ASN a également noté la nécessité d'améliorer sur certains sites le contrôle des éléments de sectorisation et du traitement des anomalies les concernant.

L'ASN a constaté qu'EDF poursuit ses actions visant à améliorer la maîtrise des risques liés à l'incendie dans les locaux identifiés comme étant particulièrement sensibles à cette agression au regard des conséquences potentielles pour la sûreté.

Enfin, EDF travaille au déploiement d'une nouvelle organisation de lutte contre l'incendie sur ses sites afin de pouvoir attaquer plus efficacement les feux et éviter leur propagation. Des évolutions sont ainsi prévues en matière d'équipements de protection individuelle des personnels, de formation et d'organisation avec les services départementaux d'incendie et de secours (SDIS). L'objectif d'EDF est d'achever le déploiement de ces évolutions en 2025. Cela se traduira sur plusieurs sites par une amélioration des capacités d'intervention en lien avec les SDIS.

Les risques liés aux explosions

L'ASN contrôle les mesures de prévention et de surveillance du risque d'explosion mises en œuvre par EDF. L'ASN s'assure également, en lien avec ses missions d'inspection du travail, du respect de la réglementation relative aux « atmosphères explosives » (ATEX) pour la protection des travailleurs.

L'ASN considère que, pour l'ensemble des centrales nucléaires, le niveau de maîtrise des risques liés aux explosions n'est pas encore à l'attendu. L'application de la doctrine de maintenance et de contrôle ainsi que, sur certains sites, le respect des mesures de prévention ne sont pas satisfaisants, notamment en ce qui concerne les risques liés à la présence d'hydrogène sur les installations. L'ASN note toutefois les efforts entrepris par EDF pour réduire les écarts constatés. L'ASN considère qu'EDF doit continuer à porter une attention toute particulière sur ce sujet, afin qu'il soit traité avec la rigueur nécessaire sur l'ensemble des sites.

Les risques liés aux inondations internes

En 2019, l'ASN a demandé à EDF de compléter sa démarche de maîtrise du risque d'inondation interne, notamment pour s'assurer du bon fonctionnement des siphons de sol, renforcer la maintenance des tuyauteries susceptibles de conduire à une inondation interne et assurer une meilleure maîtrise de leur vieillissement. En réponse à ces demandes, EDF a mis en place des actions d'amélioration.

Par ailleurs, EDF poursuit ses visites sur le terrain visant à recenser les tuyauteries pouvant être à l'origine d'une inondation interne dans les bâtiments électriques, qui sont particulièrement sensibles à ce risque, afin d'évaluer la nécessité de renforcer leur maintenance. Conformément aux demandes de l'ASN, EDF étendra ces recensements aux autres bâtiments. L'ASN constate de façon positive qu'EDF a engagé une rénovation des circuits de certains systèmes de réfrigération particulièrement sensibles à la corrosion.

Les risques liés aux séismes

Les programmes d'inspection mis en œuvre par EDF conduisent à déclarer régulièrement des ESS pour défaut de résistance au séisme de certains matériels. Ces événements résultent d'actions de contrôle ciblées, progressivement déployées par EDF. Ces non-conformités peuvent avoir, en cas de séisme, des conséquences importantes, qui sont alors systématiquement analysées.

Le 11 novembre 2019, un séisme s'est produit au niveau de la commune du Teil. Il a conduit EDF à mettre à l'arrêt les réacteurs de la centrale nucléaire de Cruas-Meysse afin de procéder à des vérifications, qui n'ont pas révélé d'anomalie. L'ASN a demandé à EDF dès novembre 2019 de déterminer si ce séisme devait conduire à revoir les niveaux de séisme à retenir pour la protection des sites des centrales nucléaires du Tricastin et de Cruas-Meysse. Après des investigations de terrain, EDF a défini un nouveau niveau d'aléa qui est utilisé dans les études de réévaluation sismique associées au quatrième réexamen périodique du site de Cruas-Meysse.

Par ailleurs, l'ASN a demandé à EDF de poursuivre ses investigations afin d'obtenir une meilleure caractérisation des failles existantes autour des centrales nucléaires du Tricastin et de Cruas-Meysse. EDF a entrepris un important programme d'investigations de terrain qui s'est poursuivi en 2024 et dont les conclusions ont vocation à être prises en compte lors du cinquième réexamen périodique des réacteurs des sites concernés.

Les risques liés aux températures extrêmes

Les inspections portant sur les risques associés aux températures extrêmes mettent en évidence que l'organisation d'EDF doit être améliorée sur une majorité de sites. En particulier, l'ASN constate sur plusieurs sites un manque d'anticipation de la préparation de la mise en configuration estivale et hivernale de l'installation ou une déclinaison opérationnelle parfois perfectible des préconisations des règles particulières de conduite.

À la demande de l'ASN, EDF a mené lors des derniers étés des essais de fonctionnement des groupes électrogènes de secours à moteur diesel en période de température élevée. Ces essais, qui se sont poursuivis en 2024, permettent de conforter la démonstration de la qualification de ces matériels en situation de canicule.

Les arrêts de réacteur

Les réacteurs électronucléaires doivent être arrêtés périodiquement pour renouveler leur combustible, qui s'épuise pendant le cycle de production d'électricité. Un tiers ou un quart du combustible est ainsi renouvelé à chaque arrêt.

Ces arrêts rendent momentanément accessibles certaines parties de l'installation qui ne le sont pas en phase de production. Ils sont donc mis à profit par EDF pour réaliser des opérations de contrôle, d'essais et de maintenance, ainsi que pour réaliser des travaux sur l'installation.

Ces arrêts peuvent être de plusieurs types :

- arrêt pour simple rechargement et arrêt pour visite partielle : d'une durée de quelques semaines à quelques mois, ces arrêts sont consacrés au renouvellement d'une partie du combustible et à la réalisation d'un programme de vérification et de maintenance, plus important lors d'une visite partielle que lors d'un arrêt pour simple rechargement ;
- arrêt pour visite décennale : il s'agit d'un arrêt faisant l'objet d'un programme de vérification et de maintenance approfondi. Ce type d'arrêt, qui dure plusieurs mois et intervient tous les dix ans, permet à l'exploitant de procéder à des opérations lourdes telles que la visite complète et l'épreuve hydraulique du circuit primaire, l'épreuve de l'enceinte de confinement ou l'intégration des évolutions de conception résultant des réexamens périodiques.

Ces arrêts sont planifiés et préparés par l'exploitant plusieurs mois à l'avance. L'ASN contrôle les dispositions prises par l'exploitant pour assurer la sûreté de l'installation, la protection de l'environnement et la radioprotection des travailleurs pendant l'arrêt, ainsi que la sûreté du réacteur pour le cycle de production à venir.

Le contrôle réalisé par l'ASN, au regard des dispositions de la décision n° 2014-DC-0444 du 15 juillet 2014 relative aux arrêts et aux redémarrages des REP, s'effectue par sondage. Il porte principalement sur les activités présentant le plus d'enjeux pour la sûreté, ainsi que sur le traitement des éventuels aléas. Il se compose d'inspections sur site et de contrôles documentaires, tout au long de l'arrêt et particulièrement avant le redémarrage du réacteur. C'est à l'issue de ce contrôle que l'ASN donne ou non son accord au redémarrage du réacteur.

2.5 La conformité et la maintenance des installations

2.5.1 La maintenance des installations et la maîtrise des activités sous-traitées

La maintenance des installations

La maintenance préventive constitue une ligne de défense essentielle pour assurer la conformité d'une installation à son référentiel de sûreté.

Afin d'améliorer la fiabilité des équipements importants pour la sûreté, mais aussi la performance industrielle, EDF optimise ses activités de maintenance en s'inspirant des pratiques de l'industrie conventionnelle et des exploitants de centrales nucléaires à l'étranger. EDF a décidé en 2008 de déployer la méthodologie de maintenance dénommée « AP913 », développée par les exploitants nucléaires américains et reposant sur deux axes principaux : l'évolution des organisations pour développer le suivi de la fiabilité des matériels et des systèmes et la mise en œuvre d'un nouveau type de programmes de maintenance préventive.

Le diagnostic de la mise en œuvre de l'AP913 réalisé par EDF mi-2016 a fait apparaître des difficultés liées à la mise en œuvre du suivi des performances et à l'augmentation des tâches de maintenance générée par les programmes de maintenance AP913.

EDF a ainsi défini en 2017 de nouvelles orientations stratégiques en matière de maintenance et de fiabilité. Elle a précisé les rôles des différents services et métiers liés à la réalisation de la maintenance, en réaffirmant que les services de maintenance sont responsables de la maîtrise d'ouvrage des matériels qu'ils entretiennent, en particulier dans un contexte de poursuite du fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans. EDF a également mis en place des bilans de fonction pour obtenir une vision intégrée des matériels et systèmes participant à chaque fonction, ainsi qu'une nouvelle phase de son projet de maîtrise des volumes de maintenance.

La maîtrise des activités sous-traitées

La réalisation des opérations de maintenance des réacteurs est en grande partie sous-traitée par EDF à des entreprises extérieures. EDF motive le recours à la sous-traitance par le besoin de faire appel à des compétences pointues ou rares et par la forte saisonnalité des arrêts de réacteur et donc le besoin d'absorber les pics de charge.

Le choix d'EDF de recourir à la sous-traitance ne doit pas remettre en cause les compétences techniques qu'elle doit conserver pour exercer sa responsabilité d'exploitant en matière de protection des personnes et de l'environnement, et être en mesure de surveiller effectivement la qualité des travaux effectués par les sous-traitants. Une sous-traitance mal maîtrisée est en effet susceptible de conduire à une mauvaise qualité du travail réalisé et d'avoir un impact négatif sur la sûreté de l'installation et la radioprotection des intervenants.

EDF met en place les dispositions nécessaires pour maîtriser les risques associés aux activités sous-traitées et les actualise régulièrement. EDF a ainsi renforcé la préparation des arrêts de réacteur afin, notamment, de sécuriser la disponibilité des ressources humaines et matérielles.

2.5.2 L'évaluation de la maintenance et des activités sous-traitées

La maintenance des installations

La maintenance des centrales nucléaires fait l'objet de contrôles réguliers par l'ASN lors de ses inspections. En 2024, l'ASN considère que la maîtrise de la qualité des activités de maintenance des centrales nucléaires a été assez satisfaisante.

À cet égard, l'ASN constate que les différents sites ont déployé les évolutions de la politique de maintenance engagées par EDF et que leur organisation leur permet de mener à bien les activités de maintenance à réaliser. Néanmoins, l'ASN relève que la charge industrielle conséquente de certains sites est un frein à la mise en place de ces évolutions et les met parfois en difficulté.

L'ASN note positivement que le nombre d'événements significatifs ayant pour origine une anomalie lors d'une opération de maintenance est en diminution depuis 2022. Toutefois, l'ASN constate que, lors de la réalisation de certaines activités de maintenance, la surveillance, les analyses de premier niveau et les essais de requalification n'ont pas été suffisants, car ces leviers n'ont pas systématiquement permis de détecter les anomalies matérielles.

EDF doit poursuivre ses démarches de fond sur la compétence des intervenants et pour améliorer la préparation des activités de maintenance, la prise en compte du retour d'expérience et la qualité des analyses de risques, dans un contexte de forte charge industrielle liée à la poursuite du fonctionnement des réacteurs et au programme « Grand carénage ».

Enfin, la gestion des pièces de rechange demeure une source de défauts de maîtrise des activités de maintenance déjà identifiée en 2022 et en 2023. Plusieurs déprogrammations d'activités de maintenance faute de pièces de rechange ont été constatées en 2024, aussi bien pour des raisons d'indisponibilité des pièces de rechange ou de délais d'approvisionnement que pour des raisons de non-conformité de la pièce de rechange réceptionnée. L'ASN considère important qu'EDF maintienne les efforts engagés pour remédier aux difficultés rencontrées.

L'organisation pour la réalisation de la maintenance

L'ASN note que la planification des activités de maintenance est en nette amélioration sur la majorité des centrales nucléaires, même si des problèmes de coordination avec les autres métiers et les équipes portant des projets subsistent. Par ailleurs, l'examen des programmes de maintenance des équipements des circuits primaire et secondaires par l'ASN révèle régulièrement des erreurs et omissions qu'EDF doit corriger avant mise en application.

La maîtrise des activités sous-traitées

L'ASN contrôle les conditions de préparation (calendrier, ressources requises, etc.) et d'exercice des activités sous-traitées (relations avec l'exploitant, surveillance par l'exploitant, etc.). Elle vérifie aussi que les intervenants disposent des moyens nécessaires (outils, documents opératoires, etc.) à l'accomplissement de leur activité, notamment lorsque ces moyens sont mis à disposition par EDF.

Quelques améliorations ont été notées depuis 2023 dans la maîtrise de la qualité des activités sous-traitées. L'ASN constate également une dynamique positive au sein des centrales nucléaires pour améliorer la compétence des prestataires. EDF met en place des actions concrètes, comme la mise à disposition croissante d'espaces permettant une préparation sur maquette.

Des difficultés persistent cependant sur la qualité de la surveillance exercée (plans de surveillance inadaptés, surveillance trop axée sur l'assurance qualité et les règles de sécurité au détriment du geste technique, prestataires intervenant sans certaines compétences requises, etc.). EDF a également engagé une démarche de réinternalisation de certaines compétences afin d'assurer une meilleure surveillance. Celle-ci reste disparate selon les sites.

2.5.3 Le contrôle de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables

Le maintien de la conformité des installations à leurs exigences de conception, de réalisation et d'exploitation est un enjeu majeur dans la mesure où cette conformité est essentielle pour s'assurer du respect de la démonstration de sûreté. Les processus mis en œuvre par l'exploitant, notamment lors des arrêts des réacteurs, contribuent au maintien de la conformité des installations.

L'identification et le traitement des écarts

Les contrôles engagés par EDF dans le cadre de son référentiel d'exploitation et les vérifications additionnelles demandées par l'ASN au titre, notamment, du retour d'expérience peuvent conduire à la détection d'écarts par rapport aux exigences définies, qui doivent alors être traités. Ces écarts peuvent avoir diverses origines : problèmes de conception, défauts de réalisation lors de la construction, maîtrise insuffisante des opérations de maintenance, dégradations dues au vieillissement, défaillances organisationnelles, etc.

Les actions de détection et de correction des écarts, prescrites par l'arrêté du 7 février 2012, jouent un rôle essentiel dans le maintien du niveau de sûreté des installations.

Les vérifications « au fil de l'eau »

La réalisation des programmes d'essais périodiques et de maintenance préventive sur les matériels et les systèmes contribue à identifier les écarts. Les visites de routine

Le contrôle des fournisseurs de matériels importants pour la sûreté nucléaire

En 2024, l'ASN a réalisé 68 inspections de la chaîne d'approvisionnement des matériels importants pour la sûreté destinés aux centrales nucléaires. Ces inspections ont permis de contrôler les processus de fabrication mis en œuvre par les fournisseurs, leurs dispositions organisationnelles, ainsi que la surveillance exercée par EDF.

Parmi ces inspections, 45 étaient en lien avec la fabrication d'ESPN et l'approvisionnement des composants à destination des premiers réacteurs EPR 2 et des réacteurs en fonctionnement d'EDF. Ces inspections se sont déroulées en France, en Espagne, en Italie et au Japon, dans les usines des fabricants d'ESPN et de leurs sous-traitants (forge et fonderie). L'ASN a ainsi pu contrôler la qualité des fabrications et l'exercice de leurs responsabilités par les fabricants, les organismes habilités pour l'évaluation de la conformité des équipements et EDF au titre de la surveillance des approvisionnements.

Les inspecteurs ont relevé des bonnes pratiques dans l'exécution des activités confiées aux intervenants extérieurs ainsi que des progrès dans la diffusion de la culture de sûreté, notamment grâce au déploiement de la norme ISO 19443 au sein des entreprises. Ces inspections ont cependant également mis en évidence des manques de connaissance et de diffusion au sein de la chaîne de sous-traitance de certaines exigences réglementaires ou techniques, des manques de maîtrise dans la mise en œuvre des procédés ainsi que la nécessité d'améliorer la qualité de la surveillance exercée par EDF. Dans certains cas, les inspections ont également montré que les dispositions organisationnelles des fournisseurs étaient à renforcer, de même que leur culture de sûreté.

En 2024, l'ASN a publié, en français et en anglais, un guide pratique destiné aux fournisseurs de matériels et à leurs sous-traitants. Ce guide a vocation à rendre plus accessibles la réglementation et ses objectifs. Il explicite les exigences de conception et de fabrication des matériels importants pour la sûreté, ainsi que les pratiques industrielles que l'ASN juge satisfaisantes. Les principes décrits sont illustrés d'exemples industriels dans une approche résolument pratique.

sur le terrain et les activités de contrôle technique et de vérification des activités considérées comme importantes pour la protection des personnes et de l'environnement constituent également des moyens efficaces pour détecter des écarts.

Les vérifications lors des arrêts de réacteur

EDF met à profit les arrêts des réacteurs nucléaires pour réaliser les travaux de maintenance et les contrôles qui ne peuvent pas être accomplis lorsque le réacteur est en production. Ces opérations permettent notamment de résorber les écarts déjà connus, mais peuvent également conduire à en détecter de nouveaux. Avant chaque redémarrage de réacteur, l'ASN demande à EDF de lister les écarts non résorbés, de mettre en œuvre des dispositions compensatoires adaptées et de justifier l'acceptabilité de ces écarts au regard de la protection des personnes et de l'environnement pour le cycle de production à venir.

Les vérifications décennales : les examens de conformité

EDF réalise des réexamens périodiques de ses réacteurs nucléaires tous les dix ans, conformément à la réglementation (*voir point 3.2*). EDF réalise alors une revue approfondie de l'état réel des installations par rapport aux exigences de sûreté qui leur sont applicables, notamment à partir du suivi en exploitation qu'elle a réalisé jusqu'alors, et répertorie les éventuels écarts. Ces vérifications sont complétées par un programme d'investigations complémentaires dont le but est de contrôler des parties de l'installation vis-à-vis de modes de dégradation qui ne font pas l'objet de contrôles dans le cadre du programme de maintenance préventive.

Les vérifications additionnelles en réponse à des demandes de l'ASN

En complément des actions menées par EDF dans le cadre de son référentiel d'exploitation, des vérifications complémentaires sont réalisées à la demande de l'ASN, que ce soit, par exemple, au titre du retour d'expérience d'événements survenus sur d'autres installations, à la suite d'inspections ou à l'issue de l'examen des dispositions proposées dans le cadre des réexamens périodiques.

Les exigences de l'ASN en matière de remise en conformité

L'ASN a publié en 2015 le Guide n° 21 relatif au traitement des écarts de conformité. Ce guide précise les attentes de l'ASN en matière de résorption des écarts de conformité et présente la démarche attendue de l'exploitant en application du principe de proportionnalité. Celle-ci s'appuie notamment sur une évaluation des conséquences potentielles ou avérées de tout écart identifié et sur la capacité de l'exploitant à assurer la sûreté du réacteur en cas d'accident par la mise en œuvre de dispositions compensatoires adaptées. Le guide rappelle par ailleurs le principe d'une résorption dès que possible des écarts de conformité, et définit en tout état de cause des délais maximaux.

Contrefaçons, falsifications et suspicions de fraude dans le domaine nucléaire

À la suite de la détection de nouveaux cas de suspicions de fraudes dans le secteur du nucléaire, le collège de l'ASN a auditionné, le 26 février 2024, le président-directeur général d'EDF.

Dans un contexte de lancement de nouveaux projets et au vu des constats de ces dernières années, la lutte contre les fraudes à tous les niveaux de la chaîne de sous-traitance et d'approvisionnement doit constituer un point de vigilance pour l'ensemble de la filière nucléaire. Ainsi, il appartient en premier lieu aux exploitants, responsables de la sûreté nucléaire, de prévenir les fraudes, de les détecter et de prendre les dispositions pour traiter les cas avérés.

L'ASN a ainsi demandé à EDF de renforcer significativement son organisation, ainsi que les actions qu'elle comptait mettre en œuvre pour intensifier la lutte contre les fraudes dans sa chaîne de sous-traitance et d'approvisionnement, que ce soit pour ses réacteurs en exploitation ou ceux en construction ou en projet. L'ASN a insisté sur l'importance d'appuyer ce plan d'action sur une identification des causes profondes amenant un intervenant ou une organisation à frauder.

Le plan d'action défini par EDF est en cours de déclinaison opérationnelle. En 2025, l'ASNR poursuivra le suivi de cette déclinaison et en contrôlera la mise en application.

2.5.4 L'évaluation du contrôle de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables

État des matériels et conformité

L'ASN a constaté par le passé que les dispositions organisationnelles prises par EDF pour traiter les écarts présentaient des fragilités et que les délais de caractérisation, de contrôle et de traitement des écarts n'étaient pas toujours conformes aux exigences de l'arrêté du 7 février 2012. En conséquence, EDF a révisé en 2019 son référentiel interne relatif à la gestion des écarts afin d'améliorer leur traitement et d'assurer une information de l'ASN réactive et proportionnée aux enjeux de sûreté. Depuis l'application de ce nouveau référentiel interne, l'ASN constate qu'EDF résorbe, dans la majorité des situations, les écarts dans les délais requis. Ces efforts devront se poursuivre dans les années à venir, notamment à l'occasion des visites décennales.

Les rejets thermiques des centrales nucléaires pendant les périodes de canicule ou de sécheresse

Pour contribuer au refroidissement de ses réacteurs, une centrale nucléaire prélève de l'eau dans un cours d'eau ou dans la mer. L'eau qui est restituée au cours d'eau est à une température plus élevée, ce qui induit un échauffement du cours d'eau à l'aval de la centrale. Il est de quelques degrés pour les centrales sans tour aéroréfrigérante et de quelques dixièmes de degrés pour les centrales équipées de tours aéroréfrigérantes.

Ces rejets d'eau chaude, dits rejets thermiques, sont susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement aquatique. Ils sont donc encadrés par des décisions de l'ASN propres à chaque centrale nucléaire. Celles-ci fixent des limites d'échauffement du cours d'eau entre l'amont et l'aval de la centrale et de température maximale à l'aval de celle-ci. Lorsque ces limites sont susceptibles de ne pas être respectées, l'exploitant abaisse la puissance des réacteurs et peut aller jusqu'à les mettre à l'arrêt complet. Ces baisses de puissance se produisent notamment lors des périodes de canicule ou de sécheresse.

L'ASN a défini un second niveau de limite, plus élevé, applicable lorsque le gestionnaire du Réseau de transport d'électricité (RTE) exprime le besoin de maintenir une puissance minimale pour assurer la sécurité du système électrique. Il s'applique sans intervention de l'ASN, qui en est informée, ainsi que les autres administrations concernées et la commission locale d'information (CLI). Il est associé à un programme de surveillance renforcée de l'environnement.

En cas de situation exceptionnelle et de nécessité publique, l'ASN peut également modifier temporairement les limites qu'elle a définies. Cela a été le cas au cours de l'été 2022.

Face à la hausse continue des effets du changement climatique, l'ASNR considère nécessaire de développer une vision à moyen et long terme sur la prise en compte des rejets thermiques en période de canicule au regard de leurs enjeux à l'échelle de chaque territoire et des effets cumulés potentiels liés à la présence de plusieurs centrales nucléaires sur un même bassin versant.

Des événements significatifs portant sur plusieurs réacteurs ont à nouveau été déclarés en 2024 à la suite de la détection d'écarts de conformité; certains écarts remontent à l'origine de la construction des réacteurs, d'autres ont été générés lors de la mise en œuvre de modifications ou d'opérations de maintenance des installations.

L'ASNR continuera à être particulièrement attentive à la conformité des installations en 2025, et poursuivra en conséquence les inspections sur l'état des matériels et des systèmes.

2.6 La prévention et la maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires et des risques non radiologiques

2.6.1 Les prélèvements d'eau, les rejets, la gestion des déchets et les impacts sanitaires

La limitation des prélèvements et des rejets dans l'environnement

Les centrales nucléaires sont à l'origine de prélèvements d'eau et de rejets d'effluents liquides et gazeux dans le milieu naturel. Les prélèvements d'eau sont réalisés principalement pour le refroidissement des circuits associés au réacteur et dans une moindre mesure pour des usages industriels tels que la production d'eau déminéralisée ou l'alimentation des circuits de lutte contre l'incendie. Les effluents, qui peuvent être radioactifs ou chimiques, ont pour origine le conditionnement chimique des circuits, qui contribue à leur préservation, la production d'eau déminéralisée, les traitements biocides et les effluents de la station d'épuration des eaux usées.

Pour chaque site, l'ASN fixe les valeurs limites de prélèvement d'eau et de rejet d'effluents, en tenant compte des meilleures techniques disponibles dans des conditions techniquement et économiquement acceptables et en prenant en considération les caractéristiques de l'installation, son implantation et les conditions locales de la ressource en eau. Elle vérifie que ces limites ont des impacts environnemental et sanitaire acceptables.

L'ASN fixe également les règles relatives à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des réacteurs. Ces règles concernent notamment la gestion et la surveillance des prélèvements d'eau et des rejets d'effluents, la surveillance de l'environnement et l'information du public et des autorités (*voir chapitre 3, point 4.1*).

En 2024, l'ASN a mis à jour les décisions encadrant les modalités de prélèvement et de consommation d'eau ainsi que les modalités et limites de rejet dans l'environnement de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire. Cette mise à jour porte principalement sur la mise en œuvre d'un traitement biocide et d'un traitement antitartre de l'eau refroidie par les tours aéroréfrigérantes du site.

Enfin, l'exploitant de chaque centrale nucléaire transmet chaque année à l'ASN un rapport annuel dédié à l'environnement, qui contient notamment un bilan des prélèvements et des rejets dans l'environnement, de leurs impacts éventuels et des événements marquants survenus.

L'impact des rejets thermiques des centrales nucléaires

Les centrales nucléaires sont à l'origine de rejets d'effluents liquides chauds dans les cours d'eau ou dans la mer, soit de manière directe pour les centrales nucléaires fonctionnant en circuit dit «ouvert», soit après refroidissement de ces effluents par circulation dans des tours aéroréfrigérantes permettant une évacuation partielle de la chaleur dans l'atmosphère. Ces rejets thermiques conduisent à une élévation de la température du milieu naturel entre l'amont et l'aval du rejet qui peut aller, suivant les réacteurs, de quelques dixièmes de degrés à plusieurs degrés. Ces rejets thermiques sont réglementés par des décisions de l'ASN propres à chaque centrale nucléaire.

Depuis 2006, des dispositions sont intégrées aux décisions de l'ASN pour définir à l'avance les modalités de fonctionnement des centrales nucléaires dans des conditions climatiques exceptionnelles conduisant à un échauffement significatif des cours d'eau à l'amont des centrales nucléaires. Ces dispositions particulières ne sont néanmoins applicables que si la sécurité du réseau électrique est en jeu (*voir encadré page ci-dessus*).

La gestion des déchets

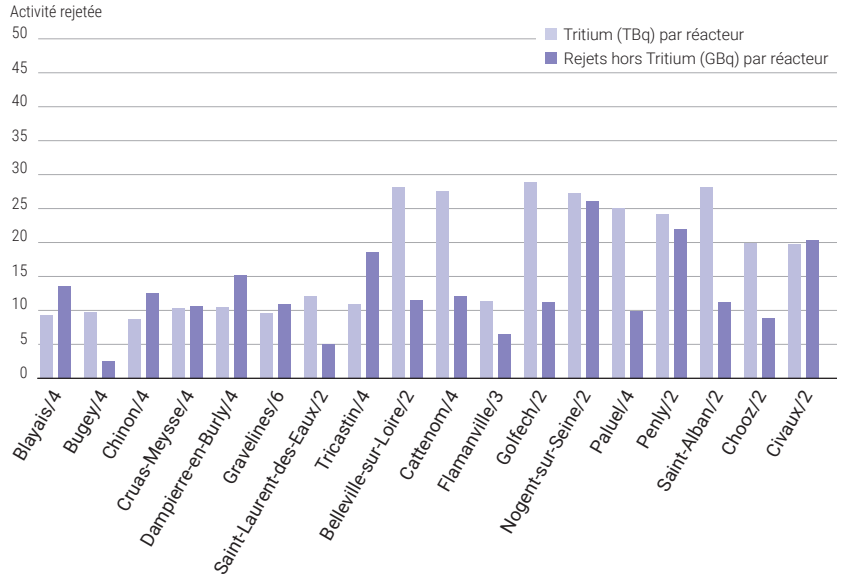
Conformément aux dispositions du code de l'environnement, EDF procède à un tri à la source des déchets, en distinguant notamment les déchets issus de zones nucléaires des autres déchets. EDF réalise pour chaque installation une synthèse de la gestion de ces déchets, présentant en particulier le descriptif des opérations à l'origine de la production des déchets, les caractéristiques des déchets produits ou à produire, une estimation des flux de production et un plan de zonage des déchets.

Par ailleurs, chaque site transmet annuellement à l'ASN le bilan de sa production de déchets et des filières d'élimination associées, une comparaison avec les résultats des années précédentes, un bilan de l'organisation du site et des différences constatées par rapport aux modalités de gestion prévues dans l'étude sur la gestion des déchets et la liste des faits marquants survenus et des perspectives.

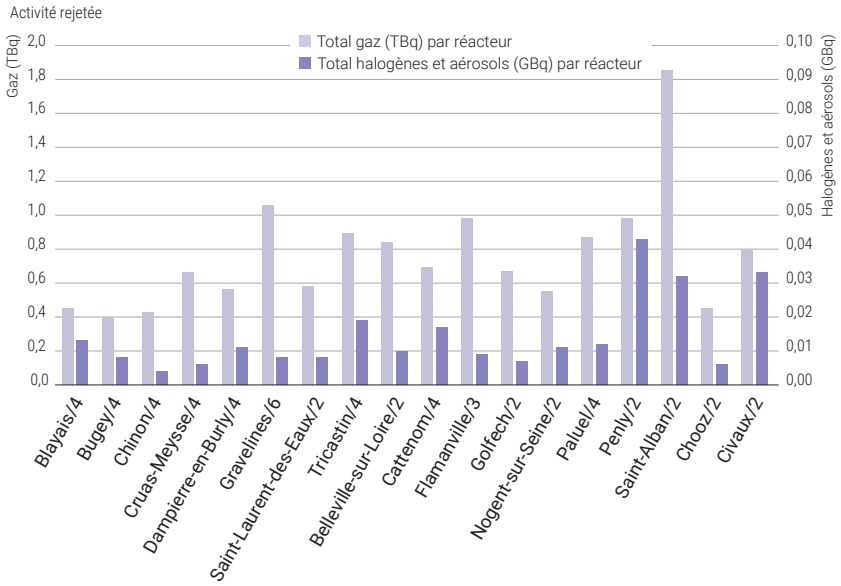
La prévention des impacts sanitaires induits par le développement des légionelles et des amibes dans certains circuits de refroidissement des circuits secondaires des centrales nucléaires

Les circuits secondaires de refroidissement des réacteurs nucléaires équipés d'une tour aéroréfrigérante constituent des milieux favorables au développement des légionelles et des amibes. EDF assure la surveillance des concentrations en légionelles et

GRAPHIQUE 3 **Rejets radioactifs liquides pour les centrales nucléaires en 2024 (par réacteurs)**



GRAPHIQUE 4 **Rejets radioactifs gazeux pour les centrales nucléaires en 2024 (par réacteurs)**



Chaque site pouvant avoir un nombre de réacteurs différent, pour permettre la comparaison d'un site à l'autre, les résultats sont ramenés par réacteur. Cela revient donc à diviser les rejets du site par le nombre de réacteurs, par exemple pour le site de Golfech qui a deux réacteurs, les rejets sont divisés par deux ; pour le site de Chinon qui a quatre réacteurs, les rejets sont divisés par quatre ; pour le site de Gravelines qui a six réacteurs, les rejets sont divisés par six.

amibes et engage des actions préventives et, le cas échéant, curatives conformément aux dispositions de la décision n° 2016-DC-0578 de l'ASN du 6 décembre 2016 relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes (légionelles et amibes) par les installations de refroidissement des circuits.

Pour la plupart de ces réacteurs, les actions préventives et curatives, visant à limiter le développement des légionelles et amibes, reposent sur l'injection d'un biocide (la monochloramine) dans le circuit de refroidissement.

2.6.2 La prévention et la maîtrise des risques non radiologiques

La prévention des risques non radiologiques ayant des effets par voie aérienne

Les accidents dont les effets sont dits « non radiologiques » sont des accidents pouvant être induits par la libération de potentiels de danger non spécifiques à l'activité nucléaire, dans la mesure où ils ne concernent pas des substances radioactives. Ces potentiels de danger, qui peuvent être également présents dans d'autres industries relevant du régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), sont associés aux entreposages et aux procédés mettant en œuvre des substances chimiques gazeuses ou liquides.

La prise en compte de ces accidents de nature non radiologique figure dans la démonstration de sûreté nucléaire selon les dispositions du titre III de l'arrêté du 7 février 2012, au travers d'une étude spécifique dite étude des risques non radiologiques. Cette étude est établie avec la méthodologie applicable aux ICPE. L'objectif de cette étude est de justifier que les effets thermiques et toxiques, les projectiles ou les surpressions générés par la libération des potentiels de danger présents n'entraînent pas d'effets en dehors des limites du site. Cette justification repose, d'une part, sur l'identification des potentiels de dangers (entreposages ou procédés) et de leurs agresseurs potentiels ; d'autre part, sur la caractérisation des phénomènes dangereux possibles et les mesures de prévention propres à en réduire la probabilité et les effets.

Chaque centrale dispose ainsi d'une étude des risques non radiologiques qui analyse et identifie, le cas échéant, les phénomènes dangereux possibles, ainsi que les dispositions matérielles et organisationnelles propres à prévenir ces phénomènes ou à en limiter les effets.

La prévention des pollutions liquides induites par les déversements accidentels de substances dangereuses

L'exploitation d'une centrale nucléaire induit, tout comme de nombreuses activités industrielles, la manipulation et l'entreposage de substances liquides chimiques dangereuses. La gestion de ces substances et la prévention des pollutions, qui relèvent de la responsabilité de l'exploitant, sont encadrées par l'arrêté du 7 février 2012 et la décision n° 2013-DC-0360 de l'ASN du 16 juillet 2013 et doivent répondre par ailleurs aux exigences des textes européens. L'exploitant a des obligations en matière de gestion opérationnelle de ces substances et d'identification des dangers potentiels associés. Il doit également pouvoir prendre les mesures nécessaires en cas de situation incidentelle ou accidentelle qui donnerait lieu à une pollution.

Ainsi, l'exploitant doit, par exemple, identifier précisément la localisation de chaque substance dangereuse sur son site, ainsi que les quantités associées. Les fûts et réservoirs doivent être étiquetés en conformité avec le règlement européen CLP (*Classification, Labelling, Packaging*) et disposer de rétentions conçues pour pouvoir recueillir les éventuels déversements.

Par ailleurs, les centrales nucléaires doivent mettre en œuvre une organisation et des moyens pour prévenir la pollution du milieu naturel (nappe, fleuve, estuaire, mer, sol).

Depuis quelques années et à la demande de l'ASN, EDF mène des actions pour accroître sa maîtrise du risque de pollution en travaillant à améliorer le confinement des substances liquides dangereuses sur ses sites.

2.6.3 L'évaluation de la maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires et des risques non radiologiques

L'ASN contrôle les dispositions organisationnelles et matérielles mises en place par EDF pour prévenir les risques non radiologiques et les pollutions liquides pouvant être induits par les substances dangereuses présentes dans ses installations. Elle contrôle également celles destinées à garantir la maîtrise des inconvénients issus de l'exploitation des installations tels que les prélèvements en eau, les rejets d'effluents dans le milieu naturel et les risques pathogènes.

Comme chaque année, l'ASN a mené en 2024 des inspections sur ces dispositions. En particulier, l'ASN a mené une campagne d'inspections renforcées au sein des centrales nucléaires de Golfech, du Blayais et de Civaux sur les thèmes de la maîtrise du confinement liquide en cas de déversement d'une substance liquide dangereuse ou radioactive, ainsi que de la conformité réglementaire et des performances environnementales.

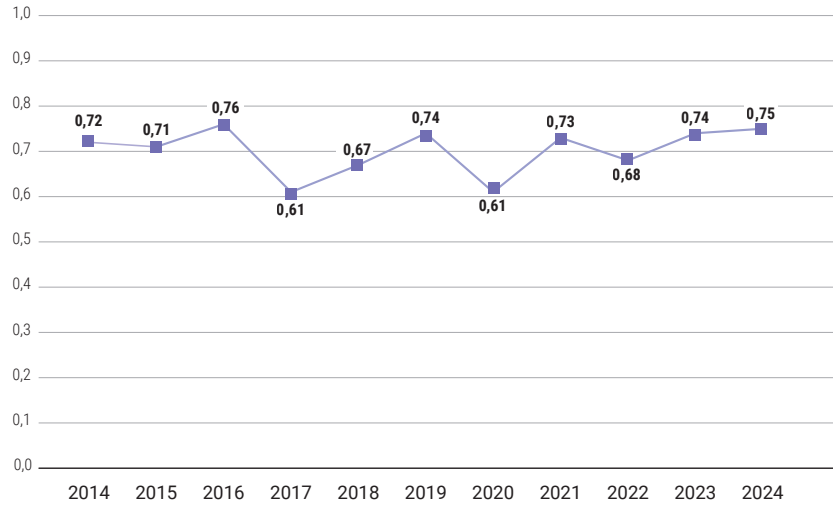
Concernant la maîtrise du confinement liquide, l'ASN considère que les sites doivent encore progresser dans la mise en œuvre des actions associées aux contrôles préalables des moyens et ouvrages de confinement qui sont actuellement utilisés, à la déclinaison de la documentation opérationnelle en cas de crise, ainsi qu'à la sensibilisation et à la formation des acteurs concernés. Par ailleurs, les inspecteurs ont souligné, pour chacune des centrales concernées, la nécessité de vérifier sur le terrain les hypothèses prises en compte pour le dimensionnement des dispositions pérennes de confinement liquide mises en œuvre pour répondre aux exigences fixées par la décision n° 2013-DC-0360 de l'ASN du 16 juillet 2013.

Enfin, l'ASN a relevé que certaines installations en lien avec le traitement de l'eau ou des effluents font l'objet de programmes de rénovation ou de diagnostics visant à identifier à court terme les améliorations à apporter. À cet égard, les inspecteurs considèrent qu'EDF doit intégrer davantage, dans ses diagnostics et programmes de rénovation, les objectifs de réduction de consommation d'eau et de rejet d'effluents. Plus généralement, l'ASN souligne l'importance que chaque site associe, aux choix d'exploitation ou de maintenance de ses installations, une vision prospective prenant en compte les évolutions hydro-climatiques et la sensibilité de la ressource en eau, afin d'identifier les mesures d'atténuation possibles des impacts sur cette ressource.

D'une manière plus générale, l'ASN a constaté en 2024 que, si la gestion des rejets reste globalement maîtrisée, la situation dans ce domaine est plus contrastée qu'en 2023. En effet, les écarts portants sur le non-respect des modalités de contrôles et de surveillance des effluents ou de l'environnement fixées par l'ASN ont augmenté en 2024. Par exemple, le nombre d'événements associés au contournement des voies normales de rejet des effluents a plus que doublé entre 2023 et 2024. L'ASNR sera particulièrement vigilante aux actions mises en œuvre par EDF pour corriger ces écarts et les prévenir à l'avenir.

En matière de gestion des déchets, la tendance générale à l'amélioration observée depuis 2022 se poursuit en 2024. Toutefois, les contrôles menés par l'ASN relèvent encore des cas de non-respect des référentiels d'exploitation, en particulier concernant les durées d'entreposage et la tenue des inventaires, ainsi que des entreposages non-conformes. Plus largement, l'ASN relève sur de nombreux sites une saturation des espaces d'entreposage des déchets à conditionner dans les bâtiments prévus à cet effet, rendant plus complexe leur gestion.

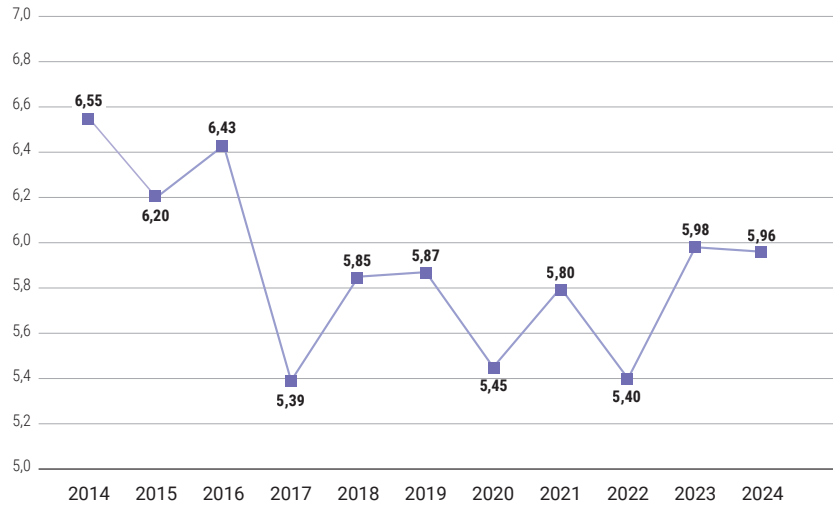
GRAPHIQUE 5 Dose collective moyenne par réacteur (Homme.Sv/réacteur)



Ce graphique intègre les données de la centrale nucléaire de Fessenheim jusqu'en 2020 et n'intègre pas les données du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville en 2024.

Source : EDF

GRAPHIQUE 6 Dose collective pour une heure de travail en zone contrôlée (en µSv)



Ce graphique intègre les données de la centrale nucléaire de Fessenheim jusqu'en 2020 et n'intègre pas les données du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville en 2024.

Source : EDF

Contamination externe de deux travailleurs dans les centrales nucléaires du Tricastin et de Saint-Laurent-des-Eaux

En 2024, deux situations de contamination significative d'un travailleur, chacune détectée lors du contrôle radiologique réalisé en sortie du bâtiment réacteur, ont conduit à la déclaration de deux ESR classés au niveau 2 de l'échelle INES(*).

Le premier événement est survenu le 6 juin 2024 à la centrale nucléaire du Tricastin. Il concerne la contamination au niveau du pied d'un travailleur ayant réalisé dans le bâtiment du réacteur 4 une opération de repose de calorifuges.

Le second événement est survenu le 25 octobre 2024 à la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux. Il concerne la contamination à la tête d'un travailleur ayant supervisé la décontamination de la piscine du bâtiment du réacteur 2.

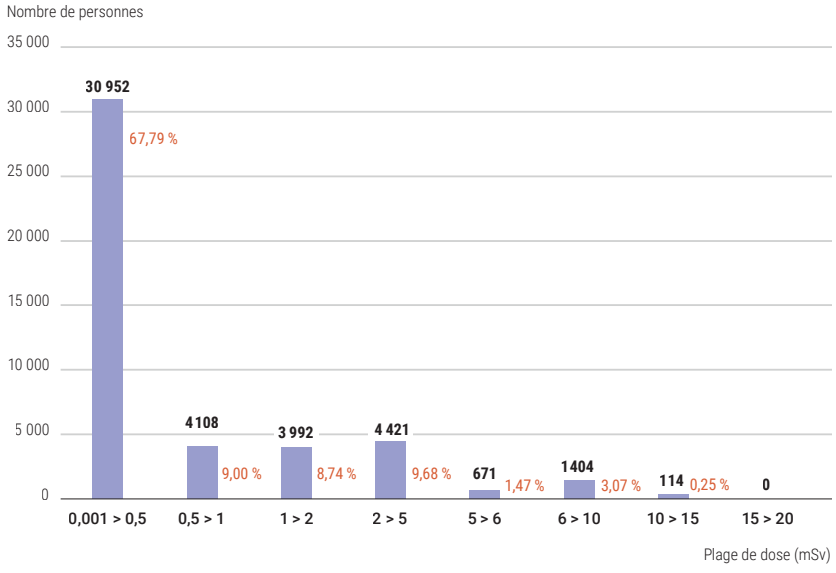
Dans les deux cas, les travailleurs ont été pris en charge par le service médical, qui a retiré la particule radioactive à l'origine de la contamination. Malgré les investigations menées sur leur parcours, les zones à l'origine de leur contamination n'ont pas pu être déterminées. Les doses susceptibles d'avoir été reçues ont donc été estimées sur la base d'hypothèses pénalisantes en termes de durée d'exposition. Elles ont ainsi été évaluées supérieures à la limite réglementaire annuelle pour la dose équivalente à la peau, fixée à 500 mSv pour une surface de 1 cm² de peau.

EDF a déclaré un ESR pour ces deux situations. En raison du dépassement d'une limite réglementaire d'exposition d'un travailleur, ces événements ont été classés au niveau 2.

À la suite de la déclaration de ces événements, l'ASN a mené une inspection dans les centrales nucléaires du Tricastin et de Saint-Laurent-des-Eaux afin de vérifier qu'EDF avait pris toutes les mesures nécessaires pour gérer ces événements de manière adéquate et pour en analyser les causes.

* Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques, graduée de 0 à 7 par ordre croissant de gravité.

GRAPHIQUE 7 Nombre et pourcentage de travailleurs par plage de dose en 2024



Ce graphique n'intègre pas les données du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville en 2024.
Source : EDF

2.7 La radioprotection des travailleurs

2.7.1 L'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants

L'exposition aux rayonnements ionisants dans un réacteur électronucléaire provient majoritairement de l'activation des produits de corrosion du circuit primaire et des produits de fission du combustible. Tous les types de rayonnement sont présents (neutrons, α, β et γ), avec un risque d'exposition externe et interne. Les doses reçues proviennent majoritairement des expositions externes aux rayonnements β et γ et sont principalement liées aux opérations de maintenance lors des arrêts de réacteur.

En 2024, la dosimétrie collective moyenne par réacteur (*voir graphique 5 page précédente*), ainsi que de la dose moyenne reçue par les travailleurs pour une heure de travail en zone contrôlée (*voir graphique 6 page précédente*) sont comparables aux valeurs relevées pour l'année 2023.

Le graphique 7 (*voir ci-contre*) présente la répartition des intervenants en fonction de la dosimétrie externe pour le corps entier. En 2024, la part des travailleurs exposés à une dose inférieure à un millisievert (mSv) reste comparable aux années précédentes (environ 76 %). Aucun dépassement de la limite réglementaire annuelle relative à la dosimétrie externe pour le corps entier (20 mSv) n'a été relevé en 2024.

Le graphique 8 (*voir page suivante*) présente l'évolution de la dosimétrie individuelle moyenne pour le corps entier en fonction des catégories de métiers des travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires. Comme les années précédentes, les travailleurs les plus exposés sont les personnels chargés du calorifugeage. La dosimétrie individuelle moyenne a augmenté pour cette catégorie de métiers en 2024 (+15 % par rapport à 2023). Les autres catégories de métiers les plus exposés demeurent inchangées : soudeurs, personnels chargés des activités de contrôles non destructifs, de la mécanique et des servitudes. Néanmoins, pour ces dernières catégories de métiers, la dose individuelle moyenne a diminué en 2024 par rapport à 2023.

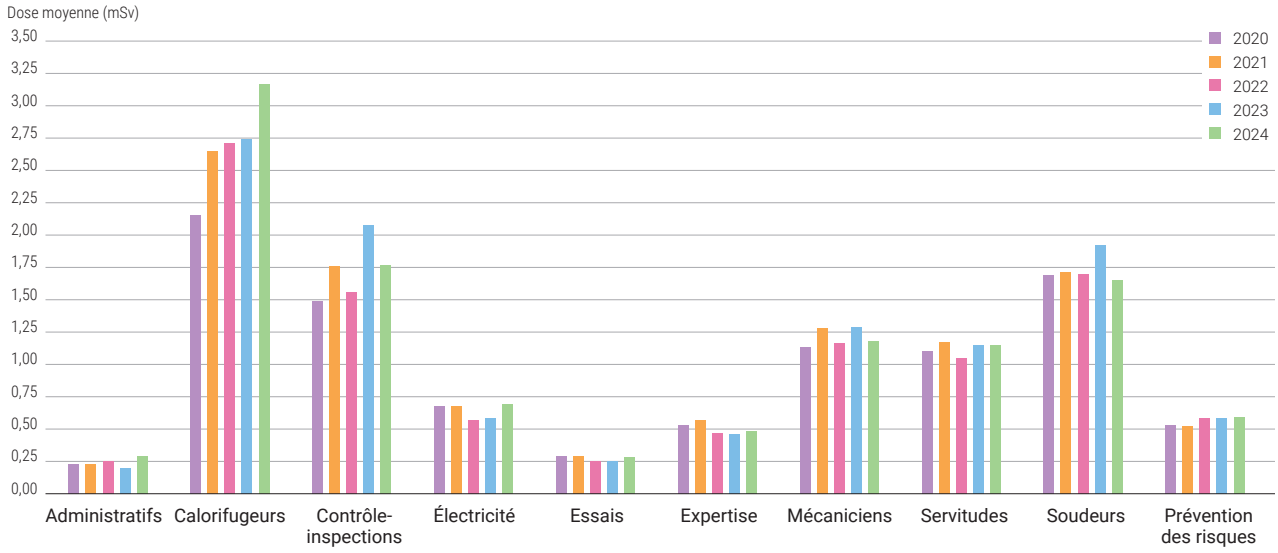
Les événements significatifs de contamination

EDF a déclaré en 2024 sept événements de contamination significative de travailleurs dans les centrales nucléaires, contre deux en 2023. Cinq de ces événements (classés au niveau 1 sur l'échelle INES) ont entraîné pour les travailleurs concernés une exposition supérieure au quart de la limite réglementaire annuelle pour la peau, et deux d'entre eux (classés au niveau 2 sur l'échelle INES) ont entrainé une exposition supérieure à la limite réglementaire annuelle pour la peau (*voir encadré ci-dessus*). Si les travailleurs concernés par ces événements ont bien été pris en charge pour le retrait des particules radioactives responsables de leur contamination, l'ASN considère que la hausse du nombre d'événements déclarés, survenus dans des situations de travail variées, doit conduire EDF à se réinterroger quant à la prise en compte du risque de contamination dans la préparation des chantiers.

2.7.2 L'évaluation de la radioprotection des travailleurs

L'ASN contrôle le respect de la réglementation relative à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants dans les centrales nucléaires. À ce titre, l'ASN s'intéresse à l'ensemble des travailleurs évoluant sur les sites, tant le personnel d'EDF que celui des entreprises prestataires.

GRAPHIQUE 8 **Évolution de la dose individuelle moyenne en fonction des catégories de métiers des travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires**



Ce graphique intègre les données de la centrale nucléaire de Fessenheim jusqu'en 2020 et n'intègre pas les données du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville en 2024.
Source : EDF

Ce contrôle est réalisé dans chaque centrale nucléaire lors d'inspections, soit spécifiquement sur le thème de la radioprotection, soit sur les activités réalisées pendant les arrêts de réacteur, ou encore à la suite d'événements spécifiques. Ce contrôle est aussi réalisé à l'occasion de l'examen de dossiers abordant la radioprotection des travailleurs (rapports d'événement significatif, dossiers de conception, de maintenance ou de modification, documents d'application de la réglementation élaborés par EDF, etc.).

Au cours des inspections menées en 2024, en particulier lors des inspections renforcées sur le thème de la radioprotection dans les centrales nucléaires de Saint-Alban, Nogent-sur Seine, Chooz et Cattenom, les inspecteurs ont constaté une démarche volontariste d'EDF pour maîtriser les sources d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants *via* les programmes de suivi et d'élimination des points chauds.

En 2024, l'ASN a de nouveau relevé dans plusieurs centrales nucléaires des écarts concernant la prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants pour les travailleurs les plus vulnérables (alternants en contrat à durée déterminée). En 2025, l'ASNR poursuivra ses actions de contrôle sur ce sujet. Concernant les chantiers de radiographie industrielle, l'ASN relève que le nombre d'événements significatifs déclarés dans ce domaine a nettement diminué par rapport à 2023. Cependant, au regard des conséquences potentielles sur l'exposition des travailleurs de certains de ces événements, EDF doit encore progresser en matière de coordination de la prévention des risques.

Enfin, l'ASN a encore constaté sur le terrain des points sur lesquels des améliorations sont attendues dans la maîtrise du risque de dispersion de la contamination au sein des installations. L'ASN constate parfois des chantiers à risque de dispersion de contamination dont les dispositions de confinement ne sont pas à l'attendu, ou des contrôles insuffisants de la propreté radiologique des voiries sur lesquelles peuvent circuler des matériels contaminés. Ces constats, que les inspecteurs relèvent depuis plusieurs années, doivent conduire EDF à se réinterroger sur les actions engagées dans ce cadre, afin qu'elles se traduisent désormais par des améliorations effectives sur le terrain pour l'ensemble des centrales nucléaires. À l'occasion des inspections programmées en 2025, l'ASNR sera particulièrement vigilante sur ce point.

2.8 Le droit du travail dans les centrales nucléaires

2.8.1 L'inspection du travail dans les centrales nucléaires

L'ASN exerce les missions d'inspection du travail dans les installations des 57 réacteurs de production d'électricité, dont le réacteur EPR mis en service en 2024 et 11 autres installations, pour la plupart des réacteurs en démantèlement. Entre 800 et 2 000 personnes travaillent dans chaque centrale nucléaire selon le nombre de réacteurs. Environ 23 000 salariés d'EDF et 11 000 salariés des entreprises prestataires sont ainsi affectés sur ces installations nucléaires.

L'inspection du travail a pour mission de veiller à l'application de l'ensemble du code du travail par les employeurs, qu'il s'agisse d'EDF ou des entreprises prestataires.

L'inspection du travail, qui contribue à la vision intégrée du contrôle recherchée par l'ASN, mène ses actions de contrôle en lien avec les autres activités de contrôle de la sûreté des installations et de la radioprotection.

2.8.2 L'évaluation de la santé et de la sécurité, des relations professionnelles et de la qualité de l'emploi dans les centrales nucléaires

En 2024, les inspecteurs du travail de l'ASN ont notamment réalisé trois campagnes de contrôle sur les équipements de travail mobiles et de levage, la circulation sur les sites et l'aération et la ventilation des locaux à pollution spécifique.

Globalement, les contrôles réalisés par les inspecteurs du travail mettent en évidence que la préparation des chantiers doit être améliorée, afin de limiter notamment les risques d'exposition à l'amiante et au plomb. Les opérations de levage et les règles de circulation sur sites restent également des points d'attention pour les inspecteurs. L'ASNR sera vigilante au déploiement effectif des plans d'action définis en réponse par EDF.

Les inspecteurs du travail ont également procédé à des rappels concernant les exigences de sécurité lors des situations de travail isolé et la prévention des risques lors des épisodes de canicule. De plus, les protections collectives contre les chutes de hauteur (maintien en état des garde-corps, caillebotis et des échelles à crinoline) ont fait l'objet de plusieurs demandes.

Enfin, les inspecteurs du travail ont suivi les événements mettant en cause la sécurité des travailleurs survenus sur les sites, engageant des enquêtes en cas d'accident

grave ou mortel ou de presqu'accident grave. Ils ont aussi été sollicités pour traiter des dossiers en lien avec les risques psychosociaux et la durée du travail.

L'ASN relève que, selon les données d'EDF, l'accidentologie globale en 2024 a été en hausse de 12,7 % par rapport à 2023 (+11,5 % pour les accidents avec arrêt de travail et +13,9 % pour les accidents sans arrêt de travail). Ces accidents de travail concernent principalement les risques de chute de plain-pied, de manutention manuelle et de la manipulation d'objets ou d'outils.

En 2024, le climat social a présenté ponctuellement quelques tensions, notamment à l'occasion de la révision des notes d'organisation, ou au sujet de l'organisation des métiers de maintenance. En 2024, les centrales nucléaires se sont engagées dans la modification de leurs règlements intérieurs pour y intégrer une démarche concernant l'addictologie.

3 — La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

3.1 L'âge des centrales nucléaires

Les centrales nucléaires actuellement en fonctionnement en France ont été construites sur une période de temps assez courte : 45 réacteurs électronucléaires représentant près de 50 000 MWe, soit les trois quarts de la puissance délivrée par l'ensemble des réacteurs électronucléaires français, ont été mis en service entre 1980 et 1990, et sept réacteurs, représentant 10 000 MWe, entre 1991 et 2000. En décembre 2024, la moyenne d'âge des 56 réacteurs en fonctionnement (hors réacteur EPR), calculée à partir des dates de première divergence, se répartit comme suit :

- 42 ans pour les 32 réacteurs électronucléaires de 900 MWe ;
- 37 ans pour les 20 réacteurs électronucléaires de 1 300 MWe ;
- 27 ans pour les quatre réacteurs électronucléaires de 1 450 MWe.

3.2 Le réexamen périodique

Le principe du réexamen périodique

Tous les dix ans, EDF doit procéder au réexamen périodique de ses installations. Les réexamens périodiques des réacteurs électronucléaires comportent les deux étapes suivantes :

- la vérification de l'état de l'installation et de sa conformité : cette première étape vise à évaluer la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables. Elle s'appuie sur un ensemble de contrôles et d'essais complémentaires à ceux réalisés au fil de l'eau. Ces vérifications peuvent comprendre des revues de conception, des contrôles sur le terrain de matériels ou encore des essais décennaux comme les épreuves des enceintes de confinement. Les éventuels écarts détectés lors de ces investigations font ensuite l'objet de remises en conformité dans des délais adaptés aux enjeux. La maîtrise du vieillissement est également intégrée à ce volet du réexamen ;
- la réévaluation de sûreté : cette seconde étape vise à améliorer le niveau de sûreté en tenant compte notamment de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances, des exigences applicables aux installations les plus récentes, ainsi que des meilleures pratiques internationales. À l'issue des études de réévaluation, EDF identifie les modifications de ses installations qu'elle compte mettre en œuvre pour en renforcer la sûreté.

Le processus de réexamen des réacteurs électronucléaires d'EDF

Afin de tirer bénéfice de la standardisation de ses réacteurs électronucléaires, EDF procède tout d'abord au réexamen des dispositions communes à l'ensemble des réacteurs d'un même type (réacteurs de 900 MWe, de 1 300 MWe ou de 1 450 MWe). Les résultats de ce programme sont ensuite déclinés pour chacun d'eux à l'occasion de leur réexamen périodique. En particulier, EDF réalise une partie importante des contrôles et des modifications liés aux réexamens périodiques lors des visites décennales de ses réacteurs. Conformément aux dispositions de l'article L. 593-19 du code de l'environnement, à l'issue de ce réexamen, l'exploitant adresse à l'ASN un rapport de conclusion du réexamen périodique. Dans ce rapport, l'exploitant prend position sur la conformité de son installation et détaille les modifications réalisées visant à remédier aux écarts constatés ou à améliorer la sûreté de l'installation et précise, le cas échéant, les améliorations complémentaires qu'il mettra en œuvre.

L'analyse de l'ASN

L'ASN instruit les réexamens périodiques en plusieurs étapes. Elle prend tout d'abord position sur les objectifs du réexamen et les orientations des programmes génériques de vérification de l'état de l'installation et de la réévaluation de la sûreté proposés par EDF, après avoir recueilli l'avis des groupes permanents d'experts (GPE).

Sur cette base, EDF réalise les études de réévaluation de la sûreté et définit les modifications à mettre en œuvre. L'ASN prend ensuite position sur les résultats de ces études et sur ces modifications, après avoir consulté à nouveau les GPE. Cette position clôt la phase générique du réexamen, commune à tous les réacteurs.

Cet examen générique ne tenant pas compte d'éventuelles spécificités individuelles, l'ASN prend position sur l'aptitude à la poursuite du fonctionnement de chaque réacteur électronucléaire en s'appuyant notamment sur les résultats des contrôles de conformité et sur l'évaluation du rapport de conclusion du réexamen périodique du réacteur remis par EDF. À la suite de l'instruction de ce rapport, l'ASN communique son analyse au ministre chargé de la sûreté nucléaire. Elle peut édicter de nouvelles prescriptions pour encadrer la poursuite de son fonctionnement.

Le rapport de conclusion des réexamens périodiques au-delà de la 35e année de fonctionnement d'un réacteur électronucléaire fait l'objet d'une enquête publique. Cinq ans après la remise de ce rapport, l'exploitant remet à l'ASN un rapport intermédiaire rendant compte de la mise en œuvre des prescriptions prises à l'occasion du réexamen, au vu duquel l'ASN peut compléter ses prescriptions.

3.3 Les réexamens périodiques en cours des centrales nucléaires

3.3.1 Les réacteurs de 900 MWe

Le quatrième réexamen périodique

Les 32 réacteurs de 900 MWe d'EDF en fonctionnement ont été mis en service entre 1978 et 1987. Plus de la moitié ont atteint l'échéance de leur quatrième réexamen périodique.

Ce quatrième réexamen périodique présente des enjeux particuliers :

- certains matériels atteignent la durée de vie prise en compte pour leur conception. Les études portant sur la conformité des installations et la maîtrise du vieillissement des matériels doivent donc être réexaminées en prenant en compte les mécanismes de dégradation réellement constatés et les stratégies de maintenance et de remplacement mises en œuvre par EDF ;

Le vieillissement des équipements des centrales nucléaires

Comme dans toute installation industrielle, les équipements des centrales nucléaires sont sujets au vieillissement. Ce vieillissement résulte de phénomènes physiques (corrosion des métaux, durcissement des polymères, durcissement de certains aciers sous l'effet de l'irradiation ou de la température, gonflement de certains bétons, etc.) qui peuvent dégrader leurs caractéristiques en fonction de leur âge ou de leurs conditions d'exploitation. Ces dégradations obligent l'exploitant à réparer ou remplacer des matériels ou à limiter la durée de vie des équipements irremplaçables, tels que la cuve du réacteur (*voir point 2.2.4*).

Le processus de maîtrise du vieillissement mis en place par EDF s'appuie sur trois axes principaux : l'anticipation des effets du vieillissement dès la conception, la surveillance de l'état réel de l'installation et la réparation ou le remplacement des matériels dégradés par les effets du vieillissement. En particulier, les équipements importants pour la sûreté font l'objet, avant d'être installés, d'un processus de qualification visant à s'assurer de leur capacité à remplir leurs fonctions dans les conditions correspondant aux situations dans lesquels ils seront nécessaires, en particulier les situations d'accident.

La maîtrise du vieillissement des matériels, ainsi que celle du risque d'obsolescence – qui désigne les difficultés liées au maintien dans le temps de l'approvisionnement en pièces de rechange – sont essentielles au maintien d'un niveau de sûreté satisfaisant. Elles contribuent également au maintien dans le temps de la conformité des réacteurs aux règles qui leur sont applicables.

L'ASN est particulièrement attentive à la maîtrise du vieillissement dans le cadre des quatrièmes réexamens périodiques. Les dispositions mises en œuvre ou prévues par EDF font l'objet d'instructions et d'inspections, afin de s'assurer que les risques associés au vieillissement et à l'obsolescence sont maîtrisés de façon satisfaisante. EDF prévoit de reconduire une démarche similaire pour le cinquième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe.

• la réévaluation de la sûreté de ces réacteurs et les améliorations qui en découlent doivent être réalisées au regard des objectifs de sûreté des réacteurs de nouvelle génération, comme l'EPR, dont la conception répond à des exigences de sûreté significativement renforcées.

Les modifications associées à ce réexamen périodique intègrent celles liées au déploiement du « noyau dur ».

Position de l'ASN sur la phase générique du réexamen

EDF a proposé en 2013 à l'ASN des objectifs pour ce réexamen périodique, notamment le niveau de sûreté à atteindre pour poursuivre le fonctionnement des réacteurs.

Après instruction, avec l'appui de l'IRSN, des objectifs proposés par EDF et consultation de ses GPE, l'ASN a pris position sur ces objectifs et a formulé des demandes complémentaires en avril 2016. EDF a complété son programme de travail et présenté en 2018 à l'ASN les mesures qu'elle envisage pour répondre à ces demandes.

L'ASN a finalisé en 2020, avec l'appui de l'IRSN, l'instruction des études génériques liées à ce réexamen. Elle a pris position, au début de l'année 2021, sur les conditions de la poursuite de fonctionnement des réacteurs. L'ASN a considéré que l'ensemble des dispositions prévues par EDF et celles qu'elle a prescrites ouvrent la perspective d'une poursuite de fonctionnement de ces réacteurs pour les dix ans qui suivent leur quatrième réexamen périodique.

En octobre 2023, EDF a sollicité auprès de l'ASN un report des échéances de certaines des prescriptions de la décision adoptée en février 2021. La survenue d'aléas techniques lors de la mise en œuvre de certaines dispositions, les évolutions de la programmation des arrêts pour renouvellement du combustible liées notamment à la découverte de corrosion sous contrainte des lignes auxiliaires, à des arrêts fortuits de longue durée ou aux besoins du réseau électrique durant la période hivernale, ainsi que la concomitance des autres réexamens périodiques, entraînant une tension sur ses capacités d'ingénierie, ont conduit EDF à revoir sa capacité à réaliser dans les délais les activités nécessaires au respect des prescriptions. L'ASN a considéré la demande d'EDF comme acceptable au vu des justifications apportées.

Le déploiement du réexamen périodique sur les sites

EDF a réalisé la première des quatrièmes visites décennales en 2019 (réacteur 1 de la centrale nucléaire du Tricastin). Fin 2024, EDF a réalisé ou engagé 22 de ces visites décennales. Ces visites constituent une étape majeure des quatrièmes réexamens périodiques. Pendant ces arrêts, EDF réalise les contrôles attendus et déploie la majeure partie des améliorations de sûreté associées au réexamen. Les quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe se poursuivront jusqu'en 2031.

En 2024, les enquêtes publiques liées au quatrième réexamen périodique des réacteurs 1 et 3 de la centrale nucléaire de Gravelines ont eu lieu.

Le cinquième réexamen périodique

EDF a transmis à l'ASN en 2023 les orientations envisagées pour le programme d'études de la phase générique du cinquième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe.

Compte tenu des modifications importantes mises en œuvre dans le cadre du quatrième réexamen périodique, dont la réalisation se poursuivra jusqu'en 2036 pour le dernier réacteur, EDF prévoit d'axer le cinquième réexamen :
• sur la vérification de la conformité des installations à leurs exigences applicables, le maintien de la qualification des matériels et la maîtrise du vieillissement pour un fonctionnement jusqu'à 60 ans ;
• sur la réévaluation de la maîtrise des risques et inconvénients, en anticipant les effets du changement climatique (agressions externes, ressource en eau, etc.).

L'ASN a pris position, après consultation du public et avis du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR), en décembre 2024 sur ces orientations (*voir fait marquant page 20*). Ce réexamen périodique permettra de définir les conditions de la poursuite de fonctionnement des réacteurs au-delà de leurs 50 ans.

L'ASN considère que les orientations générales retenues par EDF pour ce réexamen sont pertinentes et cohérentes avec l'état actuel des connaissances. Ce cinquième réexamen périodique doit permettre de consolider les améliorations importantes en matière de sûreté apportées aux réacteurs lors de leur quatrième réexamen périodique et de renforcer la prise en compte des effets du changement climatique. Toutefois, l'ASN demande à EDF de compléter ou de préciser certains de ces objectifs généraux.

3.3.2 Les réacteurs de 1 300 MWe

Le troisième réexamen périodique

L'ASN a pris position début 2015 sur les aspects génériques de la poursuite du fonctionnement des réacteurs de 1 300 MWe au-delà de 30 années de fonctionnement. À cette occasion, l'ASN a souligné l'importance des modifications apportées par EDF à l'issue de leur troisième réexamen périodique. EDF déploie notamment dans le cadre de ce réexamen des modifications matérielles et de conduite en vue de limiter les conséquences des accidents de rupture d'un tube de GV, de prévenir l'occurrence des accidents graves avec perte précoce du confinement, et de réduire le risque de dénoyage des assemblages de combustible présents dans la piscine d'entreposage. Concernant les agressions, EDF modifie ses installations afin de garantir le fonctionnement des équipements nécessaires à la sûreté de ses réacteurs en cas de canicule, de protéger les matériels importants pour la sûreté à l'encontre des projectiles induits par des vents violents et de prévenir les risques d'explosion induits en cas de séisme.

Dans le cadre de la conclusion de la phase générique de ce réexamen, l'ASN a formulé en 2021 des demandes complémentaires applicables à tous les réacteurs de 1 300 MWe, visant à renforcer leur sûreté.

Les troisièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe se dérouleront jusqu'en 2025.

Le quatrième réexamen périodique

En juillet 2017, EDF a transmis à l'ASN les orientations qu'elle envisageait pour la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe. En 2019, l'ASN a pris position sur ces orientations, après avoir associé le public et consulté le GPR : l'ASN a jugé les objectifs généraux retenus par EDF pour ce réexamen acceptables dans leur principe. Similaires à ceux retenus pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, ces objectifs visent à montrer qu'en cas d'accident de dimensionnement il ne serait pas nécessaire de mettre en œuvre des mesures de protection de la population et, en cas d'accident grave, seules des mesures de protection de population limitées dans l'espace et le temps seraient requises. Concernant la sûreté de la piscine d'entreposage du combustible, l'ASN a demandé à EDF de retenir comme objectif l'absence de découvrement des assemblages et de ramener à terme et de maintenir durablement l'installation dans un état correspondant à une absence d'ébullition de l'eau de la piscine. Par ailleurs, les modifications associées à ce réexamen périodique intégreront celles liées au déploiement du « noyau dur ».

En 2024, l'ASN a poursuivi les instructions réalisées dans le cadre de la phase générique de ce réexamen périodique. L'ASN a réuni à quatre reprises ses GPE sur les agressions, les accidents sans fusion du cœur, les accidents graves et la tenue en service des cuves des réacteurs et les évolutions des méthodes de calcul utilisées pour justifier la tenue mécanique des équipements des CPP et CSP. Sur la base des conclusions de ces expertises, l'ASNR prendra position en 2025 sur la phase générique de ce réexamen périodique. EDF engagera la première visite décennale associée à ce réexamen début 2026.

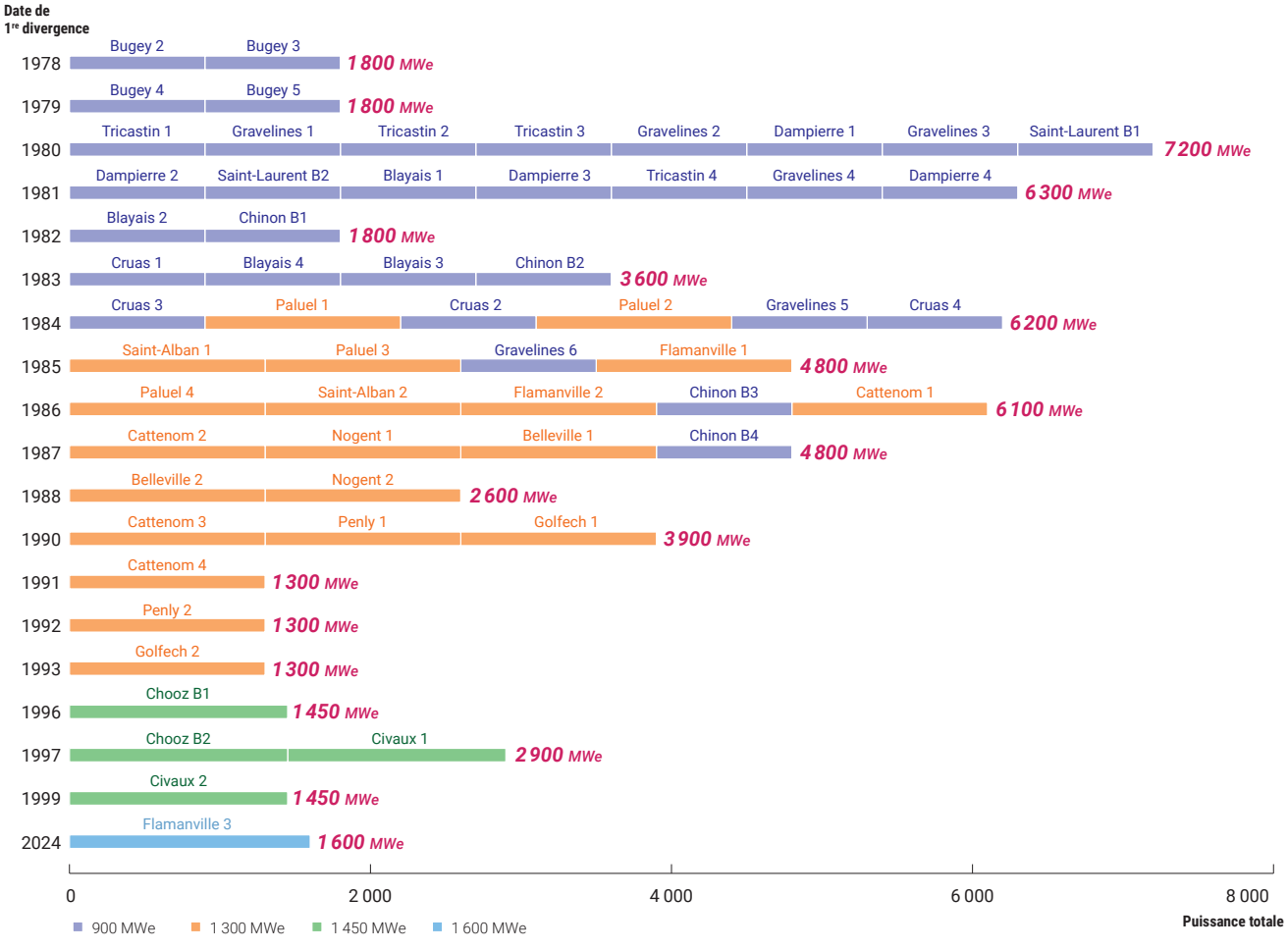
3.3.3 Les réacteurs de 1 450 MWe

Le deuxième réexamen périodique

EDF a transmis en 2011 les orientations qu'elle envisageait pour le programme générique d'études du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1 450 MWe, qui porte notamment sur la prévention de la fusion du cœur et la limitation des conséquences des accidents graves.

L'ASN a pris position en février 2015 sur les orientations de ce deuxième réexamen périodique. Elle a notamment demandé à EDF de rechercher des dispositions visant à limiter les conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement et des dispositions à fort impact en matière de prévention et de limitation des conséquences des accidents graves.

Chronologie de première divergence des réacteurs électronucléaires français



L'ASN a pris position en 2022 sur cette phase générique. Elle a souligné les améliorations significatives de sûreté apportées aux réacteurs à l'occasion de ce réexamen périodique.

Les rapports de conclusions de réexamen des quatre réacteurs de 1 450 MWe ont été remis entre 2020 et 2023.

Le troisième réexamen périodique

L'ASN a pris position, après consultation du public et avis du GPR, en juillet 2023 sur les orientations envisagées par EDF pour son programme d'études de la phase générique du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1 450 MWe. Ce réexamen permettra de définir les conditions de la poursuite de fonctionnement de ces réacteurs jusqu'à leurs 40 ans. L'ASN a considéré que les objectifs généraux retenus par EDF pour ce réexamen étaient acceptables dans leur principe. Ces objectifs sont cohérents avec ceux retenus pour les quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe et de 1 300 MWe. L'ASN a demandé à EDF de compléter ou de préciser certains de ces objectifs généraux, de la même façon qu'elle l'avait fait pour les réacteurs de 900 MWe et de 1 300 MWe. La réévaluation de la sûreté de ces réacteurs et les améliorations qui en découlent seront réalisées au regard des objectifs de sûreté des réacteurs de nouvelle génération, comme l'EPR, dont la conception répond à des exigences de sûreté significativement renforcées. De plus, les modifications associées à ce réexamen périodique intégreront celles liées au déploiement du « noyau dur ».

L'association du public au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe

Après avoir organisé en 2023 avec l'IRSN et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli) des journées de dialogue technique portant sur les enjeux du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe, l'ASN a participé en 2024 à la concertation nationale tenue sous l'égide du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) sur les dispositions proposées par EDF dans le cadre de la phase générique de ce réexamen périodique.

Cette concertation nationale s'est déroulée du 18 janvier au 30 septembre 2024 sur un site Internet dédié et au travers de réunions publiques organisées à proximité de chaque centrale nucléaire de 1 300 MWe, avec le concours des CLI, et lors de webinaires.

Cette concertation nationale a permis d'aborder différentes thématiques techniques, telles que le vieillissement des installations, l'adaptation au changement climatique ou la prévention et la limitation des conséquences des accidents.

L'ASNR prendra en compte les conclusions de cette concertation préalable pour préparer sa position sur la phase générique de ce réexamen périodique, prévue en 2025. Cette position fera elle-même l'objet d'une consultation du public sur le site de l'ASNR.

4 — Le contrôle du réacteur EPR de Flamanville

L'EPR est un REP dont la conception comporte plusieurs évolutions par rapport à celle des réacteurs actuellement en fonctionnement en France. Il répond à des objectifs de sûreté renforcés : réduction de la fréquence des incidents ou accidents, limitation des rejets, réduction du volume et de l'activité des déchets, réduction des doses individuelles et collectives reçues par les travailleurs (en fonctionnement normal et en situation d'incident), réduction de la fréquence globale de fusion du cœur, en tenant compte de tous les types de défaillances et d'agressions, et réduction des conséquences radiologiques des accidents, en particulier en cas de fusion du cœur.

EDF a déposé en mai 2006, auprès des ministres chargés de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, une demande d'autorisation d'un réacteur de type EPR d'une puissance de 1 600 MWe sur le site de Flamanville, déjà équipé de deux réacteurs de 1 300 MWe.

Le Gouvernement en a autorisé la création par le décret n° 2007-534 du 10 avril 2007, après un avis favorable rendu par l'ASN à l'issue de l'instruction. Ce décret a été modifié en 2017 et en 2020 pour prolonger le délai alloué avant la mise en service du réacteur.

Après la délivrance de l'autorisation de création et du permis de construire, la construction du réacteur EPR de Flamanville a débuté au mois de septembre 2007. Les premiers coulages de béton pour les bâtiments de l'îlot nucléaire ont eu lieu en décembre 2007.

Les gros composants nucléaires que sont la cuve et les GV ont été introduits dans le bâtiment réacteur en 2014 et 2015. Les principaux essais d'ensemble de l'installation ont débuté en 2017.

Le combustible a été entreposé sur site à partir de 2020, puis chargé dans la cuve du réacteur en mai 2024 après l'autorisation de mise en service délivrée par l'ASN. EDF a depuis engagé les essais de démarrage avec le cœur chargé. EDF a en particulier procédé à la première divergence du réacteur en septembre 2024.

4.1 L'autorisation de mise en service

Par décision du 7 mai 2024, l'ASN a autorisé la mise en service du réacteur EPR de Flamanville. Cette autorisation a permis à EDF de charger le combustible nucléaire dans le réacteur et de procéder aux essais de démarrage puis à l'exploitation du réacteur.

Cette autorisation a conclu l'instruction menée par l'ASN, avec l'appui de l'IRSN, de la demande d'autorisation d'EDF. L'ASN a également contrôlé la construction du réacteur et a ainsi mené près de 600 inspections au cours de celle-ci. En particulier, au début de l'année 2024, l'ASN a procédé à des inspections des essais de démarrage préalables à la mise en service, de l'achèvement de l'installation, de la conformité des équipements sous pression nucléaires et de la préparation des équipes appelées à exploiter le réacteur.

L'autorisation délivrée par l'ASN est accompagnée de prescriptions techniques qui :
- encadrent la réalisation et le suivi des essais de démarrage de l'installation après le chargement du combustible nucléaire dans le réacteur ;
- précisent les modalités de prise en compte du retour d'expérience de l'exploitation des autres réacteurs de type EPR dans le monde ;
- définissent l'échéance de remplacement des échangeurs entre les circuits RRI et SEC afin d'assurer, sur l'ensemble de la durée de vie de l'installation, un niveau de performance suffisant ;
- définissent l'échéance du remplacement des corps de deux soupapes de protection des CSP.

Par ailleurs, l'ASN avait déjà prescrit le remplacement du couvercle de la cuve, qui interviendra durant le premier arrêt pour rechargement du réacteur.

Au cours de son instruction, l'ASN a consulté le public sur le dossier d'EDF et le projet d'autorisation de mise en service. L'ASN a également recueilli les avis de l'Autorité environnementale et des

collectivités territoriales intéressées par le projet. Elle a enfin auditionné la CLI constituée autour de la centrale nucléaire de Flamanville.

L'ASN a publié un rapport synthétisant les conclusions de son instruction, ainsi qu'une synthèse des consultations du public réalisées dans le cadre de cette instruction. Ces consultations ont conduit l'ASN à compléter les prescriptions techniques annexées à la décision d'autorisation de mise en service afin qu'EDF informe régulièrement la CLI et le public sur le déroulement des essais de démarrage.

4.2 Le contrôle du démarrage et des débuts du fonctionnement du réacteur

L'autorisation de mise en service a permis à EDF d'engager les opérations de chargement des 241 assemblages de combustible nucléaire dans le réacteur ; ces opérations se sont terminées le 15 mai 2024. Elles ont fait l'objet d'une inspection dédiée le 10 mai 2024. L'ASN considère qu'elles ont été bien préparées et réalisées.

La fermeture de la cuve du réacteur a été réalisée fin mai 2024 : cette étape a permis à EDF de débuter les essais précritiques à froid puis à chaud qui ne pouvaient être réalisés qu'une fois le cœur du réacteur chargé en cuve.

L'avancement des activités d'exploitation et d'essais fait l'objet d'une information périodique de l'exploitant, qui permet notamment à l'ASN d'effectuer son contrôle.

La décision de mise en service a fixé plusieurs jalons nécessitant un accord de l'ASN lors des opérations de démarrage du réacteur :

- avant la mise en service du CPP et des CSP, EDF a transmis un dossier à l'ASN listant notamment les interventions et les contrôles réalisés par EDF sur ces circuits. L'ASN a instruit ce dossier et procédé à une inspection ;
- avant la première divergence du réacteur, EDF a transmis un dossier à l'ASN présentant le bilan des essais de démarrage et la conformité de la constitution du cœur du réacteur. L'ASN a également instruit ce dossier et a mené une campagne de cinq inspections inopinées. Par décision du 2 septembre 2024, l'ASN a autorisé EDF à procéder aux premières opérations de recherche de criticité et de première divergence du réacteur.

À l'automne 2024, EDF a poursuivi les essais de démarrage avec notamment les essais du cœur à puissance nulle puis à 10 % de la puissance nominale du réacteur, ainsi que de nombreux essais sur la partie non nucléaire de l'installation utilisant de la vapeur (turbine notamment). L'ASN a contrôlé ces activités et a par ailleurs procédé à plusieurs inspections thématiques, comme elle le fait périodiquement pour les autres réacteurs en fonctionnement d'EDF.

Depuis la mise en service du réacteur, EDF a déclaré un nombre important d'ESS, dont un tiers environ ont été classés au niveau 1 de l'échelle INES. L'ASN est particulièrement vigilante quant à l'analyse des causes profondes de ces événements et aux actions menées par EDF pour en tirer pleinement le retour d'expérience et sécuriser les activités de démarrage à venir et la future exploitation du réacteur. Le nombre important d'événements déclarés est notamment lié à la montée en compétence des agents dans la mise en œuvre des premiers gestes d'exploitation du réacteur et au passage d'une culture de chantier à une culture d'exploitation. En effet, la grande majorité des événements ont des causes organisationnelles et humaines et peu sont liés à des défaillances matérielles. Par ailleurs, une part importante des événements est liée à des erreurs humaines immédiatement détectées et aboutissant à une remise en conformité rapide de l'installation. L'ASN considère que les mesures mises en place par EDF à la suite de ces constats sont pertinentes et adaptées aux difficultés rencontrées durant cette phase.

Retour d'expérience international

L'ASN participe au forum des autorités contrôlant la sûreté des réacteurs EPR dans le monde. Elle rencontre ainsi régulièrement les Autorités de sûreté nucléaire finlandaise, chinoise et anglaise afin de bénéficier de leur expérience en matière d'essais de démarrage, de préparation à l'exploitation et de fonctionnement des réacteurs EPR.

L'ASN examine avec attention les enseignements du retour d'expérience des réacteurs EPR en exploitation et contrôle régulièrement leur prise en compte par EDF à Flamanville. En particulier, plusieurs phénomènes liés au comportement physique du cœur constatés lors du démarrage des premiers EPR ont été pris en compte avant la mise en service.



Vue du réacteur EPR de Flamanville.

5 — Le contrôle du projet de réacteurs EPR 2

EDF a engagé un programme de construction de réacteurs de type EPR 2 en France. Une première paire de réacteurs est prévue sur le site de Penly en Seine-Maritime, une deuxième sur le site de Gravelines dans le Nord et une troisième sur le site du Bugey dans l'Ain.

Pour le site de Penly, un débat public a été organisé du 27 octobre 2022 au 27 février 2023, à la suite duquel EDF a déposé, fin juin 2023, une demande d'autorisation de création d'INB auprès de la ministre chargée de la sûreté nucléaire. Les travaux préparatoires nécessaires à l'implantation des réacteurs ont été autorisés par un décret du 3 juin 2024. La construction de l'îlot nucléaire ne pourra être entreprise qu'après la délivrance de l'autorisation de création.

Pour le site de Gravelines, un débat public a été organisé du 17 septembre 2024 au 17 janvier 2025.

Options de sûreté des réacteurs EPR 2

L'EPR 2 est un nouveau modèle de REP, qui a pour ambition d'intégrer le retour d'expérience issu de la conception, de la construction et de la mise en service des réacteurs EPR, ainsi que le retour d'expérience issu de l'exploitation des réacteurs existants. Comme les réacteurs EPR, il vise à répondre aux objectifs généraux de sûreté des réacteurs de troisième génération. Par ailleurs, il a vocation à intégrer, dès sa conception, l'ensemble des enseignements tirés de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima. Cela se traduit, en particulier, par un renforcement de la conception vis-à-vis des agressions naturelles externes et par une consolidation de l'autonomie de l'installation et du site en situation accidentelle (avec ou sans fusion du cœur) avant l'intervention de moyens extérieurs au site.

L'ASN a mené l'instruction du dossier d'options de sûreté de ce projet de réacteur avec l'appui de l'IRSN, en tenant compte des recommandations du Guide n° 22 relatif à la conception des REP. Dans son avis publié le 16 juillet 2019, l'ASN a considéré que les objectifs généraux de sûreté, le référentiel de sûreté et les principales options de conception étaient globalement satisfaisants et a identifié, dans son avis puis dans un courrier transmis à EDF en juillet 2021 qui le complète, les sujets à approfondir en vue d'une future demande d'autorisation de création d'INB.

Instructions techniques menées en 2024

Comme le prévoit l'article L. 592-29 du code de l'environnement, la ministre chargée de la sûreté nucléaire a saisi l'ASN pour qu'elle procède à l'instruction technique de la demande d'autorisation de création des deux réacteurs EPR 2 du site de Penly. Cette instruction est en cours. Elle s'inscrit dans la continuité de l'instruction des options de sûreté des réacteurs EPR 2. En 2024, l'ASN a notamment fait part à EDF de ses demandes sur les référentiels de prise en compte des agressions d'origine interne et sur la démarche de classement retenue pour déterminer les exigences applicables aux éléments assurant une fonction nécessaire à la démonstration de sûreté nucléaire.

En complément de l'instruction technique du dossier de demande d'autorisation de création, l'ASN a engagé une démarche de contrôle de l'organisation mise en place par EDF pour conduire son projet. L'objectif de cette démarche est de vérifier que les exigences liées à la protection des personnes et de l'environnement auxquelles doivent répondre les réacteurs EPR 2 sont prises en compte de manière appropriée au cours des phases de conception puis de construction de ces réacteurs.

S'agissant des équipements destinés à constituer la chaudière de ces réacteurs, l'ASN a poursuivi en 2024 les instructions relatives au contrôle de leur conception et de leur fabrication. Entre 2021 et 2024, l'ASN a pris position sur les options de conception des principaux équipements destinés aux CPP et CSP de ces réacteurs, tels que la cuve et les GV.

Par ailleurs, l'ASN a donné son accord au démarrage de la fabrication de certains équipements, comme la cuve et les GV.

En parallèle de l'évaluation de la documentation de conception, les approvisionnements des composants destinés à ces équipements font l'objet de contrôles, en particulier pour les gros composants forgés. L'objectif de ces contrôles est de vérifier que les procédés de fabrication retenus présentent des garanties suffisantes pour produire des matériaux répondant au niveau de qualité visé.

L'ASN a également engagé le contrôle de la chaîne d'approvisionnement des autres matériels importants pour la sûreté nucléaire destinés aux réacteurs EPR 2, afin d'évaluer la maîtrise des activités de fabrication par les fournisseurs et la surveillance exercée par EDF sur ces derniers.

11

L’émergence des projets de petits réacteurs modulaires

Sommaire

1 **L'appel à projets du Gouvernement** p. 335

2 **Des réacteurs de puissance aux petits réacteurs modulaires** p. 335

3 **Panorama par filière des projets de petits réacteurs modulaires suivis par l'ASN et l'IRSN** p. 336

4 **Mise en place d'un cadre progressif d'échanges techniques avec l'ASN et l'IRSN** p. 337

5 **Des enjeux de sûreté nouveaux et des objectifs de sûreté à adapter** p. 338

6 **La nécessité d'une vision intégrant le « cycle du combustible »** p. 339

7 **Un enjeu de standardisation et de coopération internationale** p. 339



Plusieurs projets de petits réacteurs modulaires (PRM ou *Small Modular Reactors* – SMR) sont en cours de développement dans le monde. Il s'agit de réacteurs d'une puissance inférieure à 300 mégawatts électriques (MWe), principalement fabriqués en usine. Ils utilisent des technologies variées : celle des réacteurs à eau sous pression (REP) ou des technologies avancées (réacteurs à haute température, à sels fondus, à neutrons rapides, etc.).

Les caractéristiques des PRM, en particulier leur faible puissance et leur compacité, constituent des facteurs favorables pour la sûreté. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) considère que ces caractéristiques doivent être mises à profit pour concevoir des réacteurs répondant à des objectifs de sûreté plus ambitieux que les réacteurs de forte puissance actuels.

L'ASN participe à des groupes de travail internationaux portant sur les PRM. Dans ce cadre, elle échange avec ses homologues étrangers dans l'objectif de promouvoir l'établissement de référentiels internationaux ambitieux, de partager ses pratiques et de bénéficier du retour d'expérience de ses homologues.

1 — L'appel à projets du Gouvernement

Le Gouvernement a lancé en mars 2022 un programme d'appel à projets de réacteurs nucléaires innovants visant à faire émerger un nouvel écosystème de start-ups nucléaires, complémentaires avec les champions du secteur.

S'inscrivant dans le cadre du plan France 2030 visant à décarboner l'économie, cet appel à projet vise notamment au développement de nouveaux concepts de réacteurs nucléaires permettant :
• en plus de la production d'électricité, de répondre également au besoin de production de chaleur avec des températures de plusieurs centaines de degrés constituant ainsi, pour de nombreux procédés industriels, une alternative à l'utilisation du gaz ;
• de favoriser la fermeture du « cycle du combustible nucléaire[1] » et d'améliorer la gestion des déchets radioactifs, en permettant la réduction de leur volume ou de leur activité.

C'est dans ce contexte que sont apparues en France en 2022 et 2023 une dizaine de nouvelles sociétés porteuses de projet de PRM.

Cette émergence de nombreux projets de PRM est globale et n'est pas un phénomène uniquement national : de très nombreux pays sont concernés, au premier rang desquels se trouvent les grandes nations nucléarisées que sont les États-Unis, le Canada, la Chine et la Russie. Au total, ce sont plus d'une soixantaine de projets de PRM qui sont en cours de développement au niveau mondial.

2 — Des réacteurs de puissance aux petits réacteurs modulaires

Jusqu'à présent, les réacteurs nucléaires industriels exploités en France visaient uniquement la production massive d'électricité. Le parc électronucléaire français s'est ainsi construit progressivement avec une tendance régulière à l'accroissement de la puissance de ces réacteurs, passant de 900 MWe pour les premiers réacteurs à 1 600 MWe pour le réacteur EPR de Flamanville.

Visant en particulier le marché de la fourniture directe d'énergie à des clients industriels, les nouveaux concepteurs de réacteurs répondant à l'appel à projets du Gouvernement s'inscrivent en rupture avec le modèle historique en développant des réacteurs de 10 à 400 fois moins puissants que le réacteur EPR de Flamanville, d'où leur qualificatif de « petits » réacteurs (*voir tableau 1*).

Cette réduction significative de puissance implique également une adaptation radicale du modèle économique de développement de ces petits réacteurs, d'une part en cherchant à réduire les délais de construction, d'autre part en s'appuyant sur une standardisation et une production de série.

C'est ce nouveau modèle industriel d'une production de série avec une large part de préfabrication en usine qui a déterminé ce qualificatif de petits réacteurs « modulaires ».

TABLEAU 1 Puissance thermique comparée des réacteurs

	Puissance thermique (*) du cœur du réacteur (MWth)
Réacteur EPR de Flamanville	4 300
Petits réacteurs modulaires ayant répondu à l'appel à projets	20 à 540

* Au regard d'une fourniture d'énergie dorénavant non exclusivement sous forme électrique, la puissance caractéristique de ces PRM est exprimée en matière de puissance thermique de leur cœur et non de puissance électrique délivrée.

1. La France a fait le choix d'un « cycle du combustible nucléaire » incluant le retraitement des combustibles usés. Ce retraitement permet la récupération de matières valorisables (uranium et plutonium), tandis que les autres composés (produits de fission et actinides mineurs) constituent les déchets ultimes. À l'heure actuelle, seule une partie des matières issues du retraitement sont effectivement réemployées pour la fabrication de nouveaux combustibles. La notion de « cycle du combustible nucléaire "fermé" » correspond à l'objectif de retraiter plusieurs fois les combustibles et de réemployer la totalité des matières récupérées, voire, pour certains projets de réacteurs innovants, de consommer également les déchets tels que les produits de fission et actinides mineurs.

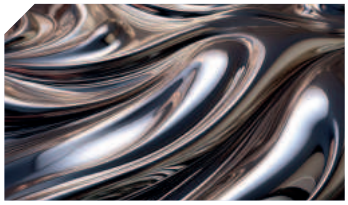
3 — Panorama par filière des projets de petits réacteurs modulaires suivis par l'ASN et l'IRSN

Les différents types de technologies de PRM en France



Réacteurs à eau légère

- Combustible solide uranium
- Modérateur eau
- Caloporteur eau



Réacteurs à métal liquide

- Combustible solide
  Mélange uranium et plutonium (MOX-RNR)
- Pas de modérateur
- Caloporteur métal liquide (sodium, plomb)



Réacteurs à haute température

- Combustible solide uranium (particules TRISO)
- Modérateur graphite ou eau lourde
- Caloporteur gaz hélium ou sodium



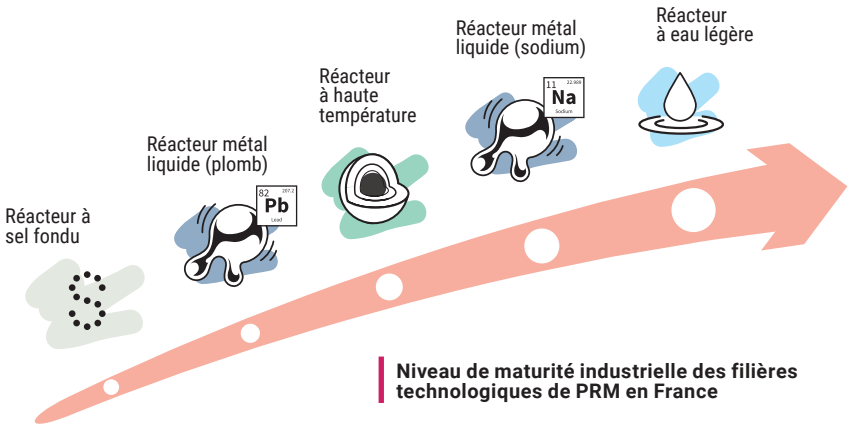
Réacteurs à sel fondu

- Combustible liquide plutonium sous la forme d'un sel
- Pas de modérateur
- Caloporteur sel fondu

Les réacteurs à eau constituent la grande majorité des réacteurs exploités actuellement dans le monde, tandis que les autres technologies de PRM, déjà connues et développées depuis de nombreuses années, n'avaient en général jusqu'à présent conduit à la réalisation que de quelques réacteurs expérimentaux ou de prototypes, sans exploitation à une échelle industrielle.

En 2015, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) avait évalué le niveau de maturité de ces autres technologies de réacteurs et avait identifié les besoins de développement de connaissances scientifiques et techniques. L'IRSN avait conclu que seuls les réacteurs à neutrons rapides (RNR) refroidis au sodium (tels que les réacteurs Phénix et Superphénix qui ont été exploités en France) et les réacteurs à haute température (HTR) refroidis au gaz utilisant du graphite comme modérateur, disposaient d'un retour d'expérience exploitable pour envisager à court terme un passage vers une possible phase industrielle.

Cette variété de degrés de maturité des différentes filières technologiques implique notamment pour certains projets de commencer par une étape de développement d'un réacteur expérimental avant d'envisager de développer un prototype industriel.



Niveau de maturité industrielle des filières technologiques de PRM en France

Le tableau 2 présente la liste des dix projets de PRM actuellement suivis par l'ASN et l'IRSN, classés en fonction du degré de maturité technologique de la filière du réacteur.

TABLEAU 2 Projets de PRM en cours d'étude

Filière technologique	Projet	Puissance d'un réacteur (MWth)	Étape visée à court terme
Réacteur à eau légère	Nuward	540	Prototype industriel
	Calogena	30	
Réacteur refroidi au sodium	Otrera	300	
	Hexana	400	
Réacteur à haute température	Jimmy	20	
	Blue Capsule	150	
Réacteur refroidi au plomb	Newcleo	90	Réacteur expérimental
Réacteur à sel fondu	Naarea	20	
	Stellaria	Quelques centaines de kWth	
	Thorizon	250	Prototype industriel

4 — Mise en place d'un cadre progressif d'échanges techniques avec l'ASN et l'IRSN

Afin de se préparer au mieux à d'éventuelles demandes d'autorisation de création de ces projets de réacteurs innovants, et en vue d'une mobilisation des ressources proportionnée au niveau de maturité de chaque projet, un cadre progressif d'échanges techniques en quatre phases a été mis en place.

PHASE 1

Suivi prospectif

Au cours d'une première réunion, le porteur de projet est invité à présenter à l'ASN :
• les grandes caractéristiques de son projet de réacteur (technologie, puissance, forme d'énergie délivrée, amont et aval du « cycle du combustible », etc.),
• l'état d'avancement de la conception du réacteur et de sa démonstration de sûreté,
• le calendrier de développement de son projet,
• les capacités techniques et financières actuelles de la société porteuse du projet, ainsi que son plan de croissance (appels de fonds et croissance des effectifs).

À l'issue de ce contact prospectif, l'ASN apprécie la maturité de l'ensemble du projet au regard des trois éléments suivants :

• **Maturité minimale du projet technique :** le porteur de projet dispose d'une première esquisse conceptuelle complète et stabilisée de son projet ;

• **Capacité du porteur de projet à engager des échanges techniques :** le porteur de projet dispose en propre d'une équipe technique suffisante pour pouvoir engager des échanges techniques avec l'ASN sur l'ensemble des thèmes techniques associés à la démonstration de la sûreté de son réacteur ;

• **Pérennité financière minimale du porteur de projet :** la société porteuse du projet dispose de garanties financières suffisantes pour assurer son développement à moyen terme.

Dans le cas où la maturité d'ensemble n'apparait pas suffisante pour engager une revue préparatoire, le porteur du projet est invité à poursuivre son développement avant de reprendre contact avec l'ASN.

PHASE 2

Revue préparatoire du projet

Lorsque la maturité du projet répond aux trois critères précédents, un cycle de réunions thématiques d'échanges est mis en place.

Ce cycle de réunions vise à permettre à l'ASN, au travers de présentations et d'un dialogue technique, de disposer d'une vision d'ensemble du projet, de comprendre ses choix de conception, de faire un point sur l'état des connaissances disponibles ou à acquérir, et d'appréhender les principales orientations de sûreté sur lesquelles le porteur de projet compte s'appuyer pour établir et justifier sa démonstration de sûreté.

Un séminaire de synthèse peut être organisé pour clôturer ce cycle de réunions.

Cette phase ne constitue qu'un échange d'informations préparatoire à de futures instructions. Aucun avis ni décision n'est établi sur le projet à ce stade par l'ASN.

PHASE 3

Une pré-instruction des options de sûreté structurantes du projet

Avant de finaliser la conception détaillée de son réacteur, le porteur de projet a ensuite la possibilité de demander à l'ASN, au titre de l'article R. 593-14 du code de l'environnement, un avis officiel et public sur une partie des éléments structurants de son projet préalablement à l'engagement d'une procédure d'autorisation de création.

Dans le cadre de projets de réacteurs innovants, l'ASN recommande aux porteurs de projet de recourir à cette phase de pré-instruction qui permet d'engager de premières expertises techniques et de disposer de positions ciblées sur une liste concertée de sujets identifiés à enjeu à l'issue de la phase de revue préparatoire.

PHASE 4

L'instruction de la demande d'autorisation de création

Enfin, une fois que la conception détaillée du projet de réacteur est prête, le dépôt d'une demande d'autorisation de création peut être envisagé.

Cette phase constitue une nouvelle montée en puissance de l'engagement des ressources de l'ASN et de l'IRSN car, outre l'évaluation technique complète du projet, intervient également une évaluation des caractéristiques du site d'implantation et la réalisation d'un programme d'inspections du pétitionnaire, qui acquiert *de facto* le statut d'exploitant. Il s'agit notamment de contrôler son système de management et sa capacité à maîtriser sa sous-traitance.

TABLEAU 3 État des échanges techniques entre les porteurs de projet de PRM, l'ASN et l'IRSN au 31 décembre 2024

Projet	Suivi prospectif	Revue préparatoire	Pré-instruction (options de sûreté)	Instruction demande d'autorisation de création
Nuward			Dossier retiré (*)	
Calogena			En cours (**)	
Otrera	x			
Hexana	x			
Jimmy				En cours (***)
Blue Capsule	x			
Newcleo		Terminée		
Naarea		Terminée		
Stellaria	x			
Thorizon		En cours		

* EDF a retiré le 12 septembre 2024 sa demande d'avis sur les options de sûreté du réacteur Nuward SMR.
** La société Calogena a déposé le 31 octobre 2024 une demande d'avis à l'ASN sur une partie des options de sûreté retenues pour son projet de PRM CAL30.
*** Dépôt d'une demande de décret d'autorisation de création le 3 mai 2024 pour la construction d'un réacteur destiné à fournir de la chaleur industrielle à une usine du Groupe Cristal Union, située sur le site de Bazancourt (51). L'analyse de recevabilité du dossier par l'ASN est terminée. Les suites à donner à cette analyse sont en cours d'examen par la Mission de la sécurité nucléaire et de la radioprotection.

Demande d'autorisation de création du premier petit réacteur modulaire en France

Le 3 mai 2024, la société Jimmy Energy a déposé auprès du ministre chargé de la sûreté nucléaire une demande d'autorisation de création de son premier PRM dénommé « Fermi ». Il s'agit d'un projet de réacteur HTR d'une puissance de 20 mégawatts thermiques (MWth) destiné à fournir de la chaleur industrielle décarbonée à une usine du Groupe Cristal Union située sur le site de Bazancourt (51), à une distance d'environ 15 km de Reims (*voir carte ci-dessous*).

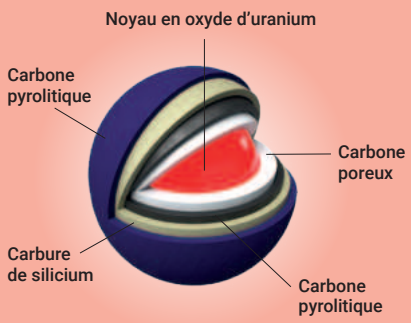
Cette technologie de réacteur se caractérise notamment par l'utilisation de combustible particulier, conditionné sous la forme de billes appelées « particules TRISO ». Ces particules d'environ 1 mm de diamètre se composent d'un noyau d'oxyde d'uranium enrobé de couches successives de céramique et de carbure de silicium.

L'intérêt de l'utilisation de ces particules TRISO est que leurs caractéristiques en matière de résistance et d'étanchéité sont censées permettre d'assurer intrinsèquement le maintien du confinement des matières radioactives qu'elles renferment dans toutes les situations accidentelles susceptibles d'affecter le réacteur.

L'ASN, avec l'appui de l'IRSN, a achevé en 2024 l'analyse de la recevabilité du dossier déposé. Les conclusions et les suites qui seront données par le ministre chargé de la sûreté nucléaire en matière de recevabilité du dossier sont attendues début 2025.



Particules TRISO
(TRi-structural ISOtropic)



5 — Des enjeux de sûreté nouveaux et des objectifs de sûreté à adapter

Alors que le site d'implantation d'un nouveau réacteur électronucléaire de puissance est un des éléments du projet qui peut, dans une certaine mesure, faire l'objet d'un choix, ce n'est pas le cas pour de nombreux projets de PRM.

En effet, en visant en particulier le marché de la production de chaleur industrielle, le site d'implantation d'un PRM est imposé par la localisation du client à qui il va délivrer son énergie. Aussi, de nombreux projets de PRM ambitionnent de se déployer sur des sites industriels situés à proximité, voire au sein même de zones urbaines.

Une telle implantation près de zones de forte densité de population ou industrielles est envisagée par les porteurs de projet, car ces PRM sont susceptibles de pouvoir atteindre des niveaux de sûreté significativement supérieurs à ceux des gros réacteurs électrogènes actuels. En effet, sur ces PRM, la plus faible puissance à évacuer en cas d'accident permettrait de combiner des systèmes de sûreté passifs et actifs, apportant une meilleure diversification des dispositions de sûreté, des délais de grâce[2] allongés et une meilleure protection des barrières de confinement. En outre, certaines des nouvelles filières proposées présentent des caractéristiques spécifiques (telles que la performance de confinement intrinsèque des combustibles particuliers des HTR) qui permettent également de viser une diminution significative des rejets radioactifs en cas d'accident, même les plus graves.

Si ces PRM peuvent prétendre *a priori* atteindre des niveaux de sûreté supérieurs à ceux des réacteurs électrogènes de grande puissance, l'ASN considère qu'il est nécessaire de définir le niveau de sûreté requis pour pouvoir envisager une telle implantation proche des populations et d'installations industrielles existantes présentant elles-mêmes des risques.

L'ASN a donc mis en place un cadre pluraliste d'échanges associant des parties prenantes pour mener une réflexion sur des objectifs de sûreté renforcés à fixer pour envisager de telles implantations. Les premiers éléments issus de ces échanges, qui traduisent des attentes sociétales sur le niveau de sûreté renforcé attendu pour de tels projets d'implantation de réacteurs à proximité de zones urbaines, ont été valorisés par l'ASN dans le cadre des travaux d'harmonisation engagés avec ses homologues européens.

2. Délai pendant lequel la sûreté peut être assurée sans qu'aucune intervention ne soit nécessaire (par exemple, le délai pendant lequel, en cas de perte totale des alimentations électriques, la sûreté peut être assurée de manière passive en attendant le rétablissement d'une source d'alimentation de secours).

6 — La nécessité d'une vision intégrant le « cycle du combustible »

De manière connexe avec le développement de ces projets de réacteurs modulaires apparaît inévitablement le sujet de la disponibilité du combustible nécessaire à leur fonctionnement. Cette disponibilité s'entend non seulement en matière d'existence de moyens de production industrielle des combustibles, mais également en matière de capacité de production (*voir tableau 4*).

Deux porteurs de projet de PRM ont également engagé des échanges techniques avec l'ASN et l'IRSN sur des projets de développement d'une usine de fabrication de leur combustible :
• Jimmy, concernant un projet d'usine de fabrication de combustible TRISO ;
• Newcleo, concernant un projet d'usine de fabrication de combustible MOX[3] pour RNR.

Concernant les projets de réacteurs à sels fondus (Naarea, Stellaria et Thorizon), ces porteurs de projet travaillent en collaboration avec Orano, qui pourrait envisager de développer à terme des moyens de production de ce type de combustible.

Au-delà du sujet de leur fabrication, l'ASN souligne également la nécessité de faire agréer les moyens de transport de ces nouveaux combustibles, neufs et usés, et de prévoir le développement des filières de retraitement et de gestion des déchets associés.

TABLEAU 4 **Présentation des filières technologiques et des combustibles associés envisagés dans les PRM**

Filière technologique	Disponibilité actuelle du combustible spécifique associé
Réacteur à eau légère	• Capacité industrielle existante
Réacteur à neutrons rapides, refroidi au sodium ou au plomb	• Capacité de production industrielle à développer
Réacteur à haute température	• Aucune capacité industrielle de production de ce type particulier de combustible (TRISO)(*) + • Nécessité de disposer d'uranium enrichi à près de 20 % (HALEU)(**)
Réacteur à sel fondu	• Aucune capacité industrielle de production de ce type particulier de combustible (mélange d'uranium et de plutonium intégré dans des sels de chlorure) • Nécessité de développer des capacités d'enrichissement du chlore naturel(***) en chlore-37 pour éviter la formation de chlore-36

* Le combustible à particules est dit « TRISO » pour *TRi-structural ISOtropic*. Le noyau constitué d'oxyde d'uranium, de carbone et d'oxygène est entouré de trois couches isolantes qui servent de première barrière de confinement pour retenir les produits de fission.
** L'uranium de type HALEU (*High-Assay Low-Enriched Uranium*) est enrichi à une teneur en isotope d'uranium-235 plus élevée (elle varie de 5 à 20 %) que l'uranium faiblement enrichi (*Low Enriched Uranium* – LEU) conventionnel utilisé dans les combustibles des REP.
*** Le chlore naturel est constitué de deux isotopes stables : le chlore-35 (à 75 %) et le chlore-37 (à 25 %). Le problème du chlore-35 est que dans le cœur d'un réacteur, il se transforme par capture d'un neutron en chlore-36 qui est un isotope radioactif de très longue durée de vie et dont la solubilité et la mobilité au travers des couches géologiques en font un déchet difficile à gérer.

7 — Un enjeu de standardisation et de coopération internationale

Malgré le niveau déjà élevé d'harmonisation des standards de sûreté de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et, à l'échelle européenne, des objectifs et des niveaux de référence de sûreté adoptés par WENRA (*Western European Nuclear Regulators Association*), chaque projet de construction d'un nouveau modèle de réacteur dans un pays conduit généralement à en adapter la conception pour se conformer au contexte réglementaire national et aux exigences propres de l'exploitant local (notamment l'organisation envisagée à la fois pour l'exploitation courante, mais aussi pour la gestion des situations d'urgence, en lien avec les pouvoirs publics locaux).

Le modèle économique des PRM repose sur une fabrication en série pour réduire les coûts par des économies d'échelle. Les porteurs de projet visent ainsi à ce qu'un même modèle puisse être autorisé dans plusieurs pays.

Afin de lever les freins potentiels au développement de ces nouveaux petits réacteurs pouvant contribuer à la décarbonation de l'économie mondiale, plusieurs initiatives internationales émergent. L'AIEA mobilise ses membres au travers d'une initiative baptisée « NHSI » (*Nuclear Harmonization and Standardisation Initiative*) visant à développer et à encourager des modes de coopération internationale pour réaliser des instructions conjointes d'un même modèle de réacteur par plusieurs autorités de sûreté, ou pour permettre à un pays de prendre connaissance des évaluations déjà réalisées par d'autres pays en vue d'éventuellement alléger sa propre charge d'instruction.

L'ASN participe à ces travaux et a présenté à l'occasion de la Convention internationale sur la sûreté nucléaire les enseignements et les résultats concrets de la pré-évaluation conjointe (*Joint Early Review* – JER) du réacteur Nuward réalisée avec les autorités de sûreté nucléaire finlandaise (STUK) et tchèque (SUJB). Au regard de l'intérêt et du succès de cette coopération entre trois autorités de sûreté, Nuward a souhaité approfondir cette JER en lançant une seconde phase à laquelle, en plus de la participation de ces trois autorités de sûreté déjà impliquées, se sont jointes également les autorités de sûreté nucléaire des Pays-Bas (ANVS) et de la Pologne (PAA).

Au niveau des autorités de sûreté européennes, WENRA avait pris position dès 2021 sur le fait que les objectifs de sûreté fixés en 2010 pour tout nouveau réacteur restaient applicables pour les PRM, mais en les considérant comme un niveau d'exigence minimal. WENRA estimait en effet que l'état de l'art de la conception et des technologies mises en œuvre pour ces petits réacteurs doivent permettent d'atteindre une réduction significative des rejets radioactifs des accidents par rapport aux réacteurs actuels de forte puissance.

Sur la base de ce constat, WENRA a alors constitué un groupe de travail (GT) pour élaborer des propositions de révision de ces objectifs de sûreté. L'ASN, avec le support d'autres autorités de sûreté, a soutenu au sein de ce GT la position affichée devant l'OPECST en janvier 2024, à savoir que l'implantation envisagée par les industriels de réacteurs nucléaires, à proximité de zones urbaines densément peuplées ou de zones industrielles, ne pouvait être envisagée qu'à condition d'atteindre un niveau de sûreté plus élevé, garantissant que les rejets radiologiques resteront négligeables en cas d'accident, y compris les plus graves. Les échanges se poursuivent car, à ce stade, aucun consensus n'a pu être trouvé au niveau européen sur le fait de réviser ou non les objectifs de sûreté actuels, afin d'expliciter cet attendu de renforcement de la sûreté. En effet, quelques pays défendent un *statu quo* sur les objectifs de sûreté actuels publiés (correspondant au niveau de sûreté des réacteurs de type EPR) et envisagent de se prononcer au cas par cas et de manière discrétionnaire sur le caractère suffisant du niveau de sûreté de chaque projet.

3. Le combustible MOX est un combustible nucléaire constitué par un mélange d'oxyde d'uranium appauvri et de plutonium produit par l'usine Melox d'Orano. Il peut être utilisé dans les 24 réacteurs de 900 MWe. En France, le combustible MOX utilise exclusivement du plutonium civil, extrait du combustible irradié.

12

Les installations du « cycle du combustible nucléaire »

Sommaire

1

Le « cycle du combustible » p. 344

1.1 Amont du « cycle du combustible »

1.2 Fabrication du combustible

1.3 Aval du « cycle du combustible » – retraitement

1.4 La cohérence du « cycle du combustible » du point de vue de la sûreté et de la radioprotection

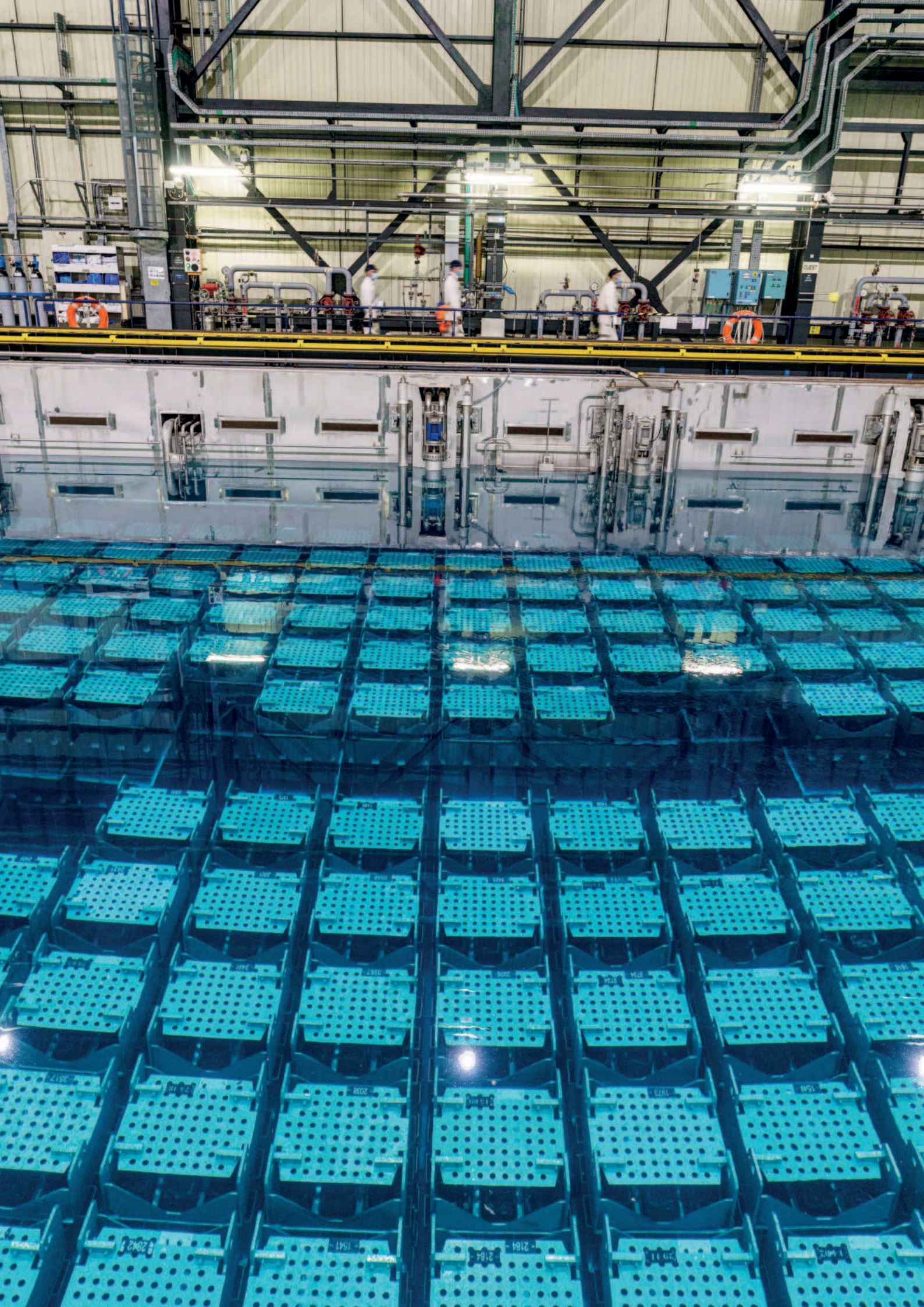
1.5 Perspectives : les installations en projet

2

Les actions de l'ASN dans le champ des installations du « cycle du combustible » : une approche graduée p. 349

2.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

2.2 Les réexamens périodiques des installations du « cycle du combustible »



Le « cycle du combustible nucléaire » débute avec l'extraction du minerai d'uranium et s'achève avec le conditionnement, en vue de leur stockage, des déchets radioactifs provenant du retraitement des combustibles usés. En France, les dernières mines d'uranium étant fermées depuis 2000, le « cycle du combustible » concerne la fabrication du combustible, son retraitement à l'issue de son utilisation dans les réacteurs nucléaires, la valorisation des produits issus du retraitement qui peuvent l'être, et la gestion des déchets.

Les installations nucléaires concourant au « cycle du combustible », dont chacune est unique, constituent les maillons d'une chaîne dont le fonctionnement peut être significativement perturbé si l'une d'entre elles est défaillante.

Les exploitants des usines du « cycle » font partie des groupes Orano ou EDF (Framatome) : Orano exploite l'usine Melox à Marcoule, les usines de La Hague, l'ensemble des usines du Tricastin, ainsi que les installations de Malvési. Framatome exploite les installations du site de Romans-sur-Isère. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) contrôle la sûreté de ces installations industrielles, qui manipulent des substances radioactives comme de l'uranium ou du plutonium, et présentent des enjeux de sûreté spécifiques, notamment des risques radiologiques associés à des risques toxiques.

L'ASN contrôle par ailleurs la cohérence globale des choix industriels faits en matière de « cycle du combustible » qui pourraient avoir des conséquences sur la sûreté.

En 2024, Orano a procédé à la mise en service, sur le site de La Hague, de trois nouveaux évaporateurs concentrateurs de produits de fission (NCPF R2) de l'usine UP2-800, achevant ainsi le remplacement des équipements précédents qui présentaient une corrosion plus avancée que prévue à leur conception. Les projets visant à retrouver des marges pour l'entreposage de combustibles usés et de matières plutonifères se sont poursuivis en vue d'une mise en œuvre possible en 2025 après obtention des autorisations de l'ASN. L'amélioration de la situation de l'usine Melox, constatée en 2023, s'est confirmée en 2024. Ces éléments contribuent à stabiliser le fonctionnement du « cycle du combustible », même si celui-ci présente toujours des marges limitées en cas d'aléas et que la mise en place de parades restituant de telles marges reste à déployer, notamment la densification des piscines de La Hague, autorisée par l'ASN en décembre 2024.

En 2024, Orano et EDF ont présenté une mise à jour des projections de volumes de combustibles usés à entreposer selon différents scénarios prospectifs de production des usines de La Hague et de Melox, au regard des orientations nouvelles de politique nucléaire, et notamment dans l'hypothèse d'une poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe) d'EDF au-delà de 50 ans. Ces projections conduisent à repousser la perspective de saturation des capacités d'entreposage de combustibles usés à l'horizon 2040. EDF a également annoncé l'abandon du projet de piscine d'entreposage centralisé au profit de nouvelles capacités d'entreposage exploitées par Orano dont la mise en service interviendrait également à l'horizon 2040.

Dans ce contexte, l'ASN considère que le fonctionnement d'ensemble du « cycle du combustible » est stabilisé. Néanmoins, l'ASN reste vigilante compte tenu des marges durablement limitées, de l'absence de redondance d'un certain nombre d'équipements et du caractère ambitieux des hypothèses de production et d'absence d'aléas bloquant des usines de La Hague et de Melox.

1 — Le « cycle du combustible »

Le minerai d'uranium est extrait, puis purifié et concentré sous forme de *Yellow Cake* sur les sites miniers. Le concentré solide est ensuite transformé en hexafluorure d'uranium (UF_6) à la suite d'opérations de conversion. Ces opérations sont réalisées dans les usines Orano de Malvési et du Tricastin. Ces usines, réglementées au titre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), utilisent de l'uranium naturel dont la teneur en uranium-235 est de l'ordre de 0,7 %.

La plupart des réacteurs électronucléaires dans le monde utilisent de l'uranium légèrement enrichi en uranium-235. La filière des réacteurs à eau sous pression (REP) nécessite, par exemple, de l'uranium enrichi en isotope-235. En France, l'enrichissement de l'UF_6 entre 3 % et 6 % est réalisé par ultracentrifugation dans l'usine Georges Besse II (GB II) du Tricastin.

Cet UF_6 enrichi est ensuite transformé en oxyde d'uranium sous forme de poudre dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère. Les pastilles de combustible fabriquées avec cet oxyde sont introduites dans des gaines pour constituer des « crayons », lesquels sont réunis pour former les assemblages de combustible.

Ces assemblages sont ensuite introduits dans le cœur des réacteurs où ils délivrent de l'énergie, notamment par fission des noyaux d'uranium-235. L'irradiation de ces assemblages en cœur conduit à la création de plutonium. Avant leur utilisation dans les réacteurs, les combustibles nucléaires neufs peuvent être entreposés dans un des deux magasins interrégionaux (MIR) exploités par EDF au Bugey et à Chinon. Par ailleurs, Framatome a repris en 2023 la fabrication d'assemblages combustibles à base d'uranium issu du retraitement enrichi (URE) à destination de la centrale nucléaire de Cruas-Meysse.

Après une période d'utilisation de l'ordre de trois à quatre ans, les assemblages de combustibles usés sont extraits du réacteur puis refroidis en piscine, d'abord sur le site même de la centrale où ils ont été mis en œuvre, puis dans l'usine de retraitement Orano de La Hague.

Dans cette usine, l'uranium et le plutonium des combustibles usés sont alors séparés des produits de fission et des autres éléments transuraniens[1]. L'uranium et le plutonium sont conditionnés puis entreposés en vue d'une réutilisation ultérieure.

Le plutonium issu du traitement des combustibles d'oxyde d'uranium est utilisé dans l'usine Melox exploitée par Orano à Marcoule, pour fabriquer du combustible MOX (Mélanges d'OXydes) qui est utilisé dans des réacteurs électronucléaires de 900 MWe en France. Les combustibles nucléaires MOX ne sont actuellement pas retraités après avoir été utilisés dans les réacteurs. Dans l'attente de leur retraitement ou de leur stockage, les combustibles MOX irradiés sont entreposés dans les piscines du site de La Hague.

Les principaux flux liés au « cycle du combustible » sont présentés dans le tableau 1 (*voir page suivante*).

D'autres installations sont nécessaires au fonctionnement des installations nucléaires de base (INB) citées ci-après, notamment l'installation IARU (ex-Socatri) qui assure la maintenance et le démantèlement d'équipements nucléaires, ainsi que le traitement des effluents nucléaires et industriels de la plateforme Orano du Tricastin.

1.1 Amont du « cycle du combustible »

En amont de la fabrication de combustibles pour les réacteurs, le minerai d'uranium doit subir un certain nombre de transformations chimiques, de la préparation du *Yellow Cake* jusqu'à la conversion en UF_6, forme sous laquelle il est enrichi. Ces opérations se déroulent principalement sur les sites Orano de Malvési, dans l'Aude, et du Tricastin dans la Drôme et le Vaucluse (également connu sous le nom de site de Pierrelatte).

Orano exploite sur le site du Tricastin :
- l'installation TU5 (INB 155) de conversion de nitrate d'uranyle, issu du retraitement de combustibles usés à La Hague, en sesquioxyde d'uranium (U_3O_8) ;
- l'usine W (ICPE dans le périmètre de l'INB 155) de conversion d'UF_6 appauvri en U_3O_8 ;
- l'installation ex-Comurhex (INB 105) de conversion de tétrafluorure d'uranium (UF_4) en UF_6 qui comprend l'usine Philippe Coste ;
- l'installation d'enrichissement de l'UF_6 par ultracentrifugation GB II (INB 168) ;
- le laboratoire d'analyse Atlas (INB 176) ;
- des parcs d'entreposage d'uranium et de thorium sous diverses formes (INB 93, 178, 179 et 180) ;
- l'installation IARU (INB 138) qui assure la gestion de déchets du site du Tricastin, ainsi que la maintenance et le démantèlement d'équipements nucléaires (ex-Socatri) ;
- une installation nucléaire de base secrète (INBS), qui regroupe notamment des parcs d'entreposage de substances radioactives, pour la quasi-totalité à usage civil.

L'installation TU5 et l'usine W d'Orano – INB 155

L'INB 155, dénommée TU5, peut mettre en œuvre jusqu'à 2 000 tonnes d'uranium par an, ce qui permet de traiter la totalité du nitrate d'uranyle issu de l'usine Orano de La Hague pour le convertir en U_3O_8 (composé solide stable permettant de garantir des conditions d'entreposage de l'uranium plus sûres que sous forme liquide ou gazeuse). Une fois converti, l'uranium de retraitement est entreposé sur le site du Tricastin.

Les usines de conversion de l'uranium d'Orano – INB 105

L'INB 105, qui transformait notamment le nitrate d'uranyle de retraitement en UF_4 ou en U_3O_8, est en démantèlement (*voir chapitre 14*).

L'usine Philippe Coste est incluse dans son périmètre et est dédiée à la fluoration de l'UF_4 en UF_6 pour permettre son enrichissement ultérieur dans l'usine GB II.

Elle a une capacité de production de l'ordre de 14 000 tonnes d'UF_6 à partir de l'UF_4 provenant de l'établissement Orano de Malvési. Elle relève du statut des ICPE soumises à autorisation avec servitude (installations dites « Seveso ») et est contrôlée par l'ASN sous ce régime.

L'usine d'enrichissement par ultracentrifugation Georges Besse II – INB 168

L'INB 168, dénommée GB II dont la création a été autorisée en 2007, est une usine d'enrichissement de l'uranium par ultracentrifugation gazeuse. Ce procédé consiste à injecter de l'UF_6 dans un cylindre en rotation à très grande vitesse. Sous l'effet de la force centrifuge, les molécules les plus lourdes (contenant l'uranium-238) sont séparées des plus légères (contenant l'uranium-235). En associant plusieurs centrifugeuses, qui constituent une cascade, il est possible de disposer d'un flux d'uranium enrichi en isotope 235 fissile et d'un flux appauvri. L'usine GB II est composée de deux unités d'enrichissement (unité Sud et unité Nord) et d'un atelier support, REC II. Le 19 juin 2023, Orano a transmis à la ministre chargée de la sûreté nucléaire une demande d'autorisation de modification substantielle visant à augmenter la capacité nominale de production de l'usine GB II de 30 %.

L'enrichissement d'uranium issu du retraitement, qui serait soumis à autorisation préalable de l'ASN, n'est pas mis en œuvre actuellement dans cette usine.

1. *Les éléments transuraniens sont des éléments chimiques qui sont plus lourds que l'uranium (numéro atomique 92). Les principaux sont le neptunium (93), le plutonium (94), l'américium (95), le curium (96). Dans un réacteur, ils dérivent de l'uranium lors de réactions secondaires, autres que la fission.*

L'installation Atlas – INB 176

L'installation Atlas a pour fonction :
• la réalisation d'analyses physico-chimiques et radiochimiques industrielles ;
• le suivi des rejets liquides et atmosphériques et la surveillance de l'environnement des installations du Tricastin.

L'installation Atlas, mise en service en 2017, répond aux exigences de sûreté les plus récentes.

L'installation Parcs uranifères du Tricastin – INB 178

À la suite du déclassement d'une partie de l'INBS de Pierrelatte par décision du Premier ministre, l'INB 178, dite « Parcs uranifères du Tricastin », a été créée. Cette installation regroupe des parcs d'entreposage d'uranium, ainsi que les nouveaux locaux de gestion de crise de la plateforme. L'ASN a enregistré cette installation en décembre 2016. Elle comprend l'atelier de maintenance des conteneurs 2 (AMC2), destiné au lavage et au rinçage de conteneurs dédiés au transport et à l'entreposage d'UF_6, autorisé par décret n° 2023-1220 du 19 décembre 2023.

L'installation P35 – INB 179

Dans la continuité du processus de déclassement de l'INBS de Pierrelatte par décision du Premier ministre, l'INB 179, dite « P35 » a été créée. Cette installation regroupe dix bâtiments d'entreposage d'uranium. L'ASN a enregistré cette installation en janvier 2018.

L'installation FLEUR – INB 180

Le décret n° 2022-391 du 18 mars 2022 autorise la société Orano Chimie-Enrichissement à créer une INB d'entreposage dénommée « Fourniture locale d'entreposage d'uranium de retraitement » (FLEUR), destinée à l'entreposage de conteneurs d'uranium appauvri principalement issu du retraitement des combustibles usés. Elle est actuellement composée de deux bâtiments, et pourra, à terme, contenir jusqu'à quatre bâtiments.

L'installation IARU (ex-Socatri) – INB 138

L'installation réalise principalement des activités de réparation, de décontamination et de démantèlement de matériels industriels ou nucléaires, des activités de traitement d'effluents liquides radioactifs et industriels, et des activités de traitement et de conditionnement de déchets radioactifs.

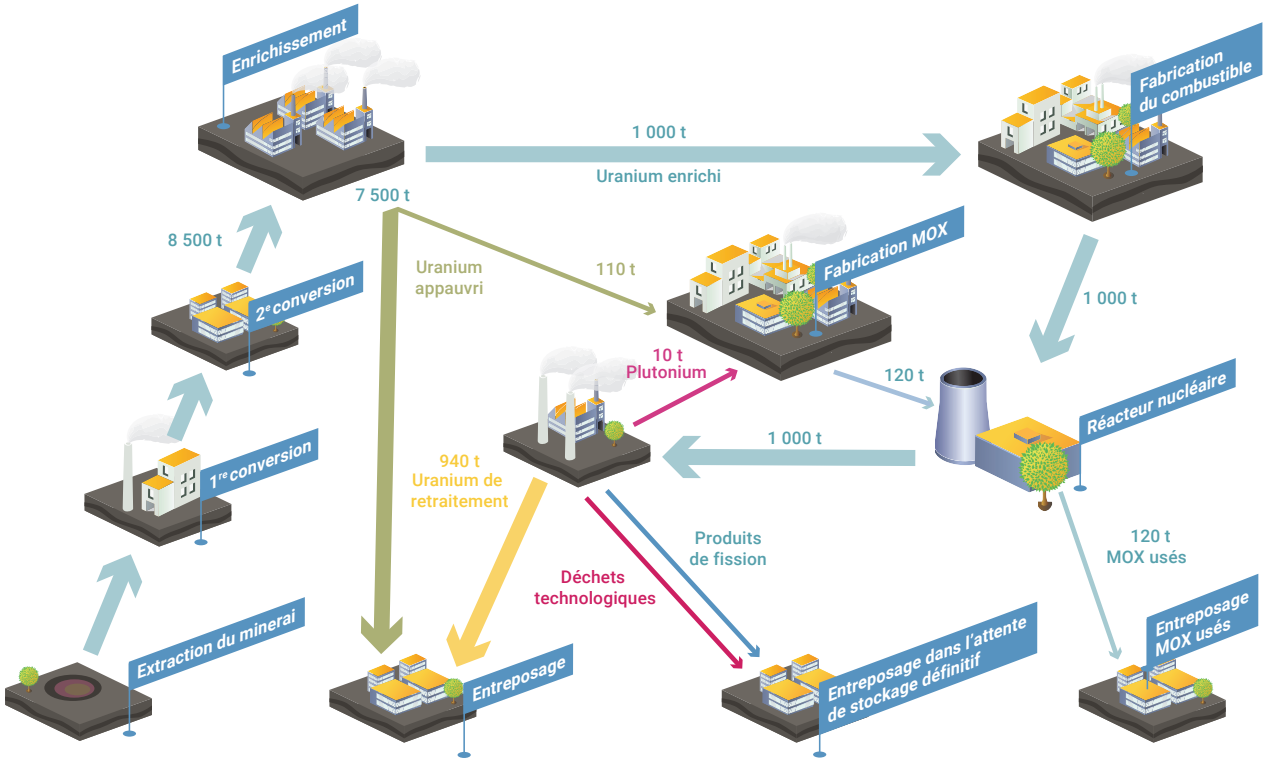
1.2 Fabrication du combustible

La fabrication du combustible pour les réacteurs électronucléaires nécessite de transformer l'UF_6 en poudre d'oxyde d'uranium. Les pastilles fabriquées à partir de cette poudre dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère, dite « FBFC », sont placées dans des gaines métalliques en zirconium pour constituer les crayons de combustible, ensuite réunis pour former les assemblages.

TABLEAU 1 Flux de l'industrie du « cycle du combustible » en 2024

	Produit traité			Produit élaboré		Produit expédié	
Installation	**Origine**	**Produit traité**	**Tonnage**	**Produit élaboré**	**Tonnage**	**Destination**	**Tonnage**
Orano Tricastin Conversion	Orano Malvési	UF_4	13 155	UF_6	15 722	Parcs Orano Tricastin	15 722
Orano Tricastin Atelier TU5	Orano La Hague	Nitrate d'uranyle	1 557	U_3O_8	462	Parcs Orano Tricastin	444
Orano Tricastin Usine W	Orano Tricastin GB II	UF_6 appauvri	8 829	U_3O_8	7 023	Parcs Orano Tricastin	7 087
Orano Tricastin GB II	Orano Tricastin Conversion	UF_6	11 632	UF_6 appauvri	9 948	Orano Usine W Tricastin	9 948
				UF_6 enrichi	1 483	Usines de fabrication de combustibles	1 483
Framatome Romans	Orano Tricastin GB II	UF_6 enrichi	492	Assemblages combustibles	642	EDF	579
	Urenco (Pays-Bas, Allemagne et États-Unis)		74			Taishan (Chine)	53
	Tenex (Russie)		62			OL3 (Finlande)	4
	ANF Lingen (Allemagne)	Crayons gadolinium	10	Poudre UO_2 et U_3O_8	4	Framatome Richland (États-Unis)	8
						CEA	4
						Enusa (Espagne)	3
Orano Melox Marcoule	WSE Vasteras (Suède)	UO_2 appauvri	72	Assemblages combustibles MOX	63	EDF	70
	Orano La Hague	PuO_2	7				
Orano La Hague	**Combustibles traités dans l'établissement de La Hague**						
	EDF et autres exploitants	UOX et MOX	871	Uranium sous forme de nitrate d'uranyle	882	Orano Tricastin	563
				PuO_2	11	Melox Marcoule	8
	Combustibles entreposés dans les piscines de l'établissement de La Hague						
	EDF et autres exploitants	Éléments combustibles irradiés	10 156	–	–	–	–

Schéma du « cycle du combustible »



Les tonnages représentés sur le schéma correspondent à un fonctionnement « nominal », qui n'a pas été observé ces dernières années.

Les combustibles utilisés dans les réacteurs expérimentaux sont plus variés, certains d'entre eux utilisent, par exemple, de l'uranium très enrichi sous forme métallique. Ces combustibles sont fabriqués dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère usuellement appelée « Cerca ».

Les usines FBFC et Cerca ont été réunies en une seule INB (63-U), par décret du 23 décembre 2021.

Le combustible MOX est fabriqué dans l'INB 151 Melox, exploitée par Orano, située sur le site nucléaire de Marcoule, par mélange et pastillage de poudres d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium, ensuite placées dans des gaines et assemblages de même géométrie que ceux produits par FBFC.

1.3 Aval du « cycle du combustible » – retraitement

Les usines de retraitement Orano de La Hague en fonctionnement

Les usines de La Hague, destinées au traitement des assemblages de combustibles usés dans les réacteurs nucléaires, sont exploitées par Orano.

La mise en service des différents ateliers des usines de traitement d'éléments combustibles irradiés provenant des réacteurs nucléaires à eau ordinaire (UP3-A – INB 116 et UP2-800 – INB 117) et de la Station de traitement des effluents (STE3 – INB 118) s'est déroulée de 1986 (réception et entreposage des assemblages combustibles usés) à 2002 (atelier de traitement du plutonium R4), avec la mise en service de la majorité des ateliers de procédé en 1989-1990.

Les décrets du 10 janvier 2003 fixent la capacité individuelle de traitement de chacune des deux usines à 1 000 tonnes par an (t/an), comptées en quantité d'uranium et de plutonium contenus dans les assemblages combustibles avant irradiation (passage en réacteur) et limitent la capacité totale des deux usines à 1 700 t/an. Les limites et conditions de rejet et de prélèvement d'eau du site fixées en 2015 ont été mises à jour par deux décisions de l'ASN du 16 juin 2022 (décision n°2022-DC-0724 et décision n°2022-DC-0725). Les décisions modifient notamment la valeur maximale mensuelle de l'activité volumique des gaz rares, dont le krypton-85, ainsi que l'encadrement des limites et modalités de contrôle des rejets en mer de 11 substances chimiques, détectées par l'exploitant en faible quantité dans les rejets dans le cadre d'une démarche d'évaluation de la conformité réglementaire.

Les opérations réalisées dans les usines

Les usines de retraitement comprennent plusieurs unités industrielles, chacune destinée à une opération particulière. On distingue ainsi les installations de réception et d'entreposage des assemblages de combustibles usés ; de cisaillage et de dissolution de ceux-ci ; de séparation chimique des produits de fission, de l'uranium et du plutonium ; de purification de l'uranium et du plutonium et de traitement des effluents, ainsi que de vitrification et conditionnement des déchets.

À leur arrivée dans les usines, les assemblages de combustibles usés disposés dans leurs emballages de transport sont déchargés soit « sous eau » en piscine, soit à sec en cellule blindée étanche. Les assemblages sont alors entreposés pour plusieurs années dans des piscines pour leur refroidissement.

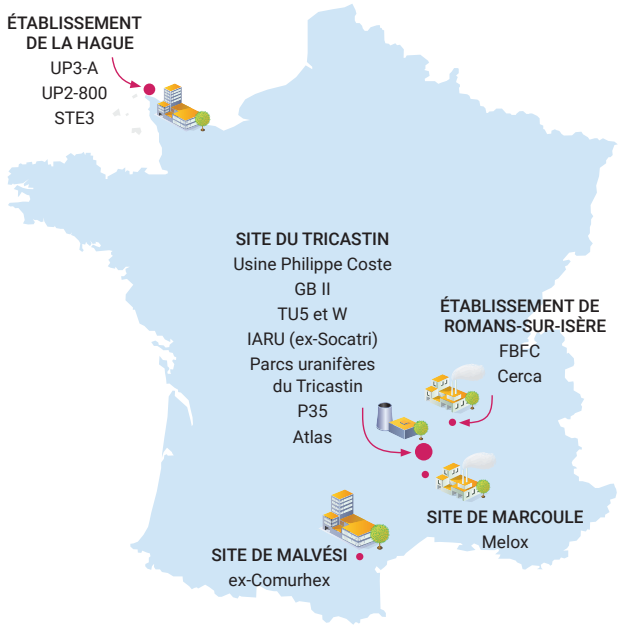
Les assemblages sont ensuite cisaillés et dissous dans l'acide nitrique afin de séparer les morceaux de gaine métallique du combustible nucléaire usé. Les morceaux de gaine, ainsi que les grilles de maintien et les embouts des assemblages de combustible insolubles dans l'acide nitrique, sont transférés vers une unité de compactage et de conditionnement.

La solution d'acide nitrique comprenant les substances radioactives dissoutes est ensuite traitée afin d'en extraire l'uranium et le plutonium, et d'y laisser les produits de fission et les autres éléments transuraniens.

Après purification, l'uranium est concentré et entreposé sous forme de nitrate d'uranyle en solution. Il est destiné à être converti dans l'installation TU5 du site du Tricastin en un composé solide (U_3O_8), dit « uranium de retraitement ».

Après purification et concentration, le plutonium est retransformé en oxyde de plutonium, conditionné en boîtes étanches et entreposé. Il est ensuite destiné à la

Installations du « cycle du combustible » en fonctionnement



fabrication de combustibles MOX dans l'usine Orano de Marcoule (Melox).

Les effluents et les déchets produits par le fonctionnement des usines

Les produits de fission et autres éléments transuraniens issus du retraitement sont concentrés, vitrifiés et conditionnés en colis standards de déchets vitrifiés (CSD-V). Les morceaux de gaines métalliques sont compactés et conditionnés en colis standards de déchets compactés (CSD-C).

Par ailleurs, ces opérations de retraitement mettent en œuvre des procédés chimiques et mécaniques qui, par leur exploitation, produisent des effluents gazeux et liquides, ainsi que des déchets solides.

Les effluents gazeux se dégagent principalement lors du cisaillage des assemblages et pendant l'opération de dissolution. Le traitement de ces effluents gazeux s'effectue par lavage dans une unité de traitement des gaz. Les gaz radioactifs résiduaires, en particulier le krypton et le tritium, sont contrôlés avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

Les effluents liquides sont traités et généralement recyclés. Certains radionucléides, tels que l'iode et le tritium, sont dirigés, après contrôle et dans le respect des limites de rejet, vers l'émissaire marin de rejet en mer. Les autres sont dirigés vers des unités de conditionnement du site (en matrice solide de verre ou de bitume).

Les déchets solides sont conditionnés sur le site soit par compactage, soit par enrobage dans du ciment, soit par vitrification. Les déchets radioactifs solides issus du traitement des assemblages de combustibles usés dans des réacteurs français sont, selon leur composition, envoyés au Centre de stockage des déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) de Soulaines (*voir chapitre 15*) ou entreposés sur le site Orano de La Hague dans l'attente d'une filière pour leur stockage définitif ; c'est notamment le cas pour les CSD-V et CSD-C, dont le stockage définitif est envisagé dans l'installation Cigéo en projet (*voir chapitre 15*). Conformément à l'article L. 542-2 du code de l'environnement, les déchets radioactifs issus du traitement des assemblages de combustibles usés d'origine étrangère sont réexpédiés vers le pays producteur. Cependant, il est impossible de séparer physiquement les déchets en fonction des combustibles dont ils proviennent. Afin de garantir une répartition équitable des déchets issus du traitement des combustibles de ses différents clients, l'exploitant a proposé un système comptable permettant le suivi des entrées et des sorties de l'usine de La Hague. Ce système, appelé « Exper », a été approuvé par arrêté du ministre chargé de l'énergie du 2 octobre 2008.

1.4 La cohérence du « cycle du combustible » du point de vue de la sûreté et de la radioprotection

La fabrication du combustible nucléaire utilisé dans les réacteurs des centrales nucléaires, son entreposage, son retraitement après irradiation et la gestion des déchets qui en proviennent constituent le « cycle du combustible nucléaire ». Il implique différents exploitants : Orano, Framatome, EDF et l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

L'ASN contrôle la cohérence globale des choix industriels faits en matière de gestion du combustible qui pourraient avoir des conséquences sur la sûreté. Au-delà des enjeux de sûreté propres à chaque installation, le « cycle du combustible » présente en effet des enjeux de sûreté d'ordre systémique, notamment du point de vue de l'équilibre du fonctionnement des différentes installations, et de la maîtrise des inventaires de substances radioactives et des besoins en entreposage associés.

L'ASN a rendu le 18 octobre 2018 son avis n° 2018-AV-0316 sur le dossier « Impact cycle 2016 », rédigé conjointement avec les acteurs industriels du « cycle ». Ce dossier présente les conséquences sur chaque étape du « cycle du combustible » de la stratégie mise en œuvre par EDF pour l'utilisation des différents types de combustibles dans ses réacteurs, de différents scénarios de mix énergétique envisagés par la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), ou encore d'aléas de fonctionnement d'usines contribuant au « cycle du combustible ».

Elle souligne le besoin d'anticiper au minimum d'une dizaine d'années toute évolution stratégique du fonctionnement du « cycle du combustible », afin qu'elle puisse être conçue et réalisée dans des conditions de sûreté et de radioprotection maîtrisées. Il s'agit, par exemple, de s'assurer que, compte tenu des délais incompressibles de développement des projets industriels, les besoins de création de nouvelles installations d'entreposage de combustibles usés, ou encore d'emballages de transport, sont suffisamment anticipés.

EDF, en collaboration avec Framatome, Orano et l'Andra, met à jour annuellement ses perspectives de gestion du « cycle du combustible » selon des scénarios de mix énergétique cohérents avec les orientations de la politique énergétique de la France. Des travaux prospectifs de simulation sont régulièrement présentés à l'ASN par les exploitants concernés, notamment dans le cadre d'auditions conjointes d'Orano et d'EDF par le collège de l'ASN. Au regard des orientations nouvelles de politique nucléaire, et notamment dans l'hypothèse d'une poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe d'EDF au-delà de 50 ans, les exploitants auditionnés ont présenté à l'ASN, en 2024, les projections de volumes de combustibles usés à entreposer selon différents scénarios prospectifs de production des usines de La Hague et de Melox.

Dans ce nouveau contexte, l'ASN a pris note que la saturation des capacités d'entreposage de combustibles usés, qui était envisagée avant 2030 sur la base de la PPE publiée en avril 2020, n'interviendrait désormais qu'à l'horizon 2040.

Cependant, l'ASN relève que, si les inventaires de combustibles usés à entreposer paraissent ainsi stabilisés pour environ dix années supplémentaires, les marges disponibles dans les piscines du site de La Hague restent durablement limitées et reposent sur des hypothèses ambitieuses de production et d'absence d'aléas

bloquant des usines de La Hague et de Melox. Par conséquent, l'ASN appelle les exploitants à une grande prudence et souligne la nécessité que les installations du « cycle » et les capacités d'entreposage associées présentent des marges significatives par rapport aux différents scénarios énergétiques envisagés, et vis-à-vis des aléas susceptibles d'affecter leur fonctionnement opérationnel.

Aussi, au regard des enjeux liés au risque de saturation des entreposages de combustibles usés, l'ASN souligne que les nouvelles capacités d'entreposage de long terme de combustibles usés prévues par Orano à La Hague devront être mises en service dans les délais prévus, et avec des objectifs de sûreté de haut niveau. Dans l'attente, la mise en place de parades restituant des marges avant d'atteindre la saturation, et qui pourraient être utilisées en cas d'aléas, doit être considérée comme une priorité.

L'ASN considère que le fonctionnement d'ensemble du « cycle du combustible » est stabilisé, mais reste vigilante. En effet :
• le plan d'action mis en œuvre par Orano depuis 2019 pour surmonter les difficultés de production de Melox est toujours en cours. L'utilisation d'une poudre d'uranium appauvri dite « voie humide », qualifiée en septembre 2022, se poursuit. La production de l'usine Melox en 2024 a été légèrement supérieure à celle de 2023. La production de matières radioactives contenant du plutonium non conformes pour une utilisation comme combustible dans des réacteurs, qualifiées de « rebuts MOX », s'est également stabilisée à un niveau bas. L'utilisation de cette poudre « voie humide » permet ainsi d'améliorer la situation, dans l'attente de l'utilisation d'une poudre d'uranium comparable provenant d'un nouvel atelier appelé « nouvelle voie humide » (NVH) dont Orano prévoit la qualification dans son usine de Malvési en 2025, avant d'entreprendre une phase de qualification à Melox ;
• les difficultés de production de Melox ont entraîné une saturation plus rapide que prévu des capacités d'entreposage des matières plutonifères, ce qui implique la création de nouveaux locaux d'entreposage pour ces matières à La Hague. Une première extension a été autorisée par l'ASN en avril 2022, une seconde en avril 2023 et une troisième est en cours d'instruction par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) en vue d'une mise en service en 2025 ;
• le remplacement des évaporateurs concentrateurs de produits de fission (chantier « NCPF ») de l'usine UP3-A a été achevé en 2023, celui de l'usine UP2-800 a été achevé en 2024. Leur mise en service s'est déroulée de manière satisfaisante ;
• la densification des piscines de La Hague a été autorisée par l'ASN en décembre 2024, en vue d'un déploiement prévu à partir de juin 2025. Ce projet, consistant à remplacer les paniers actuellement utilisés dans les piscines par des paniers plus compacts et dans le respect des limites fixées par les décrets d'autorisation de création (DAC) des INB 116 et 117, constitue une des parades pour faire face au report de la mise en service de nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés. Ce projet n'implique pas à ce stade de modification des limites relatives à la masse de combustible entreposé, aux puissances thermiques et à la température de l'eau des piscines. La mise en service de ces paniers restituera des marges d'entreposage, qui pourraient être utilisées en dernier recours pour faire face à une éventuelle saturation, mais pas en exploitation courante. Ce recours serait alors soumis à une autorisation spécifique de l'ASNR.

1.5 Perspectives : les installations en projet

Construction de nouvelles capacités d'entreposage de colis de déchets sur le site de La Hague

Afin d'anticiper la saturation des capacités d'entreposage des CSD-V (ateliers R7, T7 et E/EV/SE), la construction de nouveaux ateliers d'entreposage dits « extension d'entreposage des verres sur le site de La Hague » (E/EV/LH) a commencé en 2007. Ces ateliers sont constitués module par module, par construction successive d'unités identiques appelées « fosses ». Le 8 septembre 2022, l'ASN a autorisé l'introduction de colis de déchets radioactifs dans la fosse 50 de l'atelier E/EV/LH2. La fosse 60 est en construction pour accroître la capacité d'entreposage.

Par ailleurs, une extension de l'entreposage de CSD-C, autorisée par le décret du 27 novembre 2020, est en cours de construction ; la première introduction de substances radioactives dans cette extension est envisagée en 2025 après autorisation délivrée par l'ASNR.

En 2023, Orano a déposé une demande de modification substantielle du DAC de l'INB 116 (UP3-A) pour accroître la capacité d'entreposage de colis de déchets CSD-C et de colis de déchets CSD-V. Cette demande fera l'objet d'une enquête publique.

Projet d'extension de l'unité Nord de l'usine George Besse II sur le site du Tricastin

En juillet 2022, Orano a transmis à l'ASN un dossier d'options de sûreté (DOS) portant sur un projet d'extension de l'unité Nord de l'usine GB II afin d'augmenter la capacité de production de l'usine d'environ 30 %. L'ASN a pris position sur le dossier le 7 février 2023. Une concertation préalable a été organisée sur ce projet par Orano, sous l'égide de la Commission nationale du débat public (CNDP) du 1er février au 9 mars 2023. Les garants désignés par la CNDP ont remis le bilan de la concertation le 9 mai 2023, auquel Orano a répondu le 13 juin 2023 en indiquant souhaiter poursuivre le projet.

Le 19 juin 2023, Orano a déposé une demande de modification du DAC afin d'augmenter la capacité de production de l'usine GB II d'environ 30 %. La demande a fait l'objet d'une enquête publique en 2024 et est en cours d'instruction par l'ASN.

Projet de piscine d'entreposage centralisé à La Hague

Lors du débat public préalable à la 5e édition du Plan national de gestion de matières et déchets radioactifs (PNGMDR) qui a eu lieu en 2019, EDF avait réaffirmé que sa stratégie d'augmentation des capacités d'entreposage de combustibles usés repose sur la construction d'une nouvelle piscine d'entreposage centralisé. Cette nouvelle installation devait permettre l'entreposage des combustibles usés dont le retraitement ou le stockage ne sont envisageables qu'à long terme. La durée d'exploitation envisagée pour cet entreposage était donc de l'ordre du siècle.

Le 15 octobre 2024 lors de la réunion plénière du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), EDF et Orano ont annoncé l'abandon du projet de piscine d'entreposage centralisé des combustibles usés porté par EDF au profit d'un autre projet, toujours à La Hague, mais sous maîtrise d'ouvrage Orano. Ces nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés devraient être mises en service en 2040. L'ASN rappelle l'importance de disposer de nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés répondant aux standards de sûreté les plus récents, afin d'apporter une solution pérenne au risque de saturation des capacités actuelles.

Projet d'entreposage à sec des combustibles usés sur le site de La Hague

Orano a remis en novembre 2021 une première version d'un DOS à l'ASN, insuffisante à ce stade pour permettre à l'ASN de se prononcer. La mise à jour du DOS transmise par Orano en 2023 est en cours d'instruction par l'ASNR et fera l'objet d'une position en 2025.

2 — Les actions de l'ASN dans le champ des installations du « cycle du combustible » : une approche graduée

2.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

À chaque étape du « cycle du combustible », les installations présentent des enjeux différents :
• les installations de conversion et d'enrichissement présentent principalement des risques toxiques (du fait de la forme chimique des substances radioactives qu'elles mettent en œuvre), des risques de criticité (lorsqu'elles mettent en œuvre des matières enrichies) et de dissémination de substances radioactives (qui se présentent en poudre, sous forme liquide ou cristallisée) ;
• les installations de fabrication de combustible induisent principalement des risques toxiques (quand elles ont des unités de conversion), de criticité, d'incendie ou d'explosion (procédés utilisant des moyens de chauffe), de dissémination de substances radioactives (qui se présentent en poudre) et d'exposition à des rayonnements ionisants (lorsqu'elles mettent en œuvre des substances issues du retraitement) ;
• les installations de retraitement de combustible usé induisent principalement des risques de dissémination de substances radioactives (les substances mises en œuvre étant notamment liquides ou en poudre), de criticité (les substances fissiles mises en œuvre changent de forme géométrique) et d'exposition à des rayonnements ionisants (les combustibles contiennent des substances très irradiantes).

Leur point commun est que les réactions en chaîne n'y sont jamais recherchées (prévention du risque de criticité) et qu'elles mettent en œuvre des substances dangereuses, du fait de leurs propriétés radiologiques ou chimiques, dans des quantités industrielles. Les risques industriels classiques y sont souvent prépondérants ; certaines usines d'Orano du Tricastin et à La Hague ou de Framatome à Romans-sur-Isère relèvent à ce titre de la directive Seveso.

L'ASN s'attache à appliquer un contrôle proportionné aux enjeux de chaque installation. Celles-ci sont ainsi classées par l'ASN dans l'une des trois catégories définies au regard de l'importance des risques et impacts sur la sûreté, la santé et l'environnement qu'elles présentent. Cette classification des INB permet d'adapter le contrôle des installations et de renforcer celui des installations à enjeux importants, en matière d'inspection et de profondeur des instructions menées par l'ASN.

Lorsque les installations sont modifiées de manière substantielle ou lorsqu'elles sont définitivement arrêtées, l'ASN est chargée de l'instruction de ces modifications qui font l'objet d'un décret modificatif par le Gouvernement, dont l'ASN est préalablement saisie. L'ASN établit aussi les prescriptions qui encadrent ces grandes étapes. Enfin, l'ASN instruit également les dossiers de sûreté justifiant le fonctionnement de chacune des INB.

L'ASN contrôle, pour chaque installation, l'organisation et les moyens retenus par l'exploitant pour lui permettre d'assurer ses responsabilités en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection, de gestion de crise en cas d'accident, ainsi que de protection de l'environnement, de la santé et de la salubrité publiques. L'ASN contrôle le fonctionnement des organisations mises en place par les exploitants, principalement au travers d'inspections, notamment celles consacrées au management de la sûreté.

2.2 Les réexamens périodiques des installations du « cycle du combustible »

Depuis la publication du décret du 2 novembre 2007, l'ensemble des exploitants d'INB doivent réaliser des réexamens périodiques de leurs installations au moins tous les dix ans. Ces exercices ont été conduits graduellement sur les installations du « cycle du combustible ». Le développement des démarches de réexamen peut présenter une certaine complexité car la plupart de ces installations, contrairement aux réacteurs électronucléaires, sont uniques en leur genre ; il existe donc peu de référentiels ou d'installations avec lesquelles une comparaison soit aisée.

L'instruction de ces réexamens périodiques a confirmé la pertinence de définir en amont, dans une phase dite « d'orientation », les sujets prioritaires à examiner par l'exploitant durant le réexamen périodique, et les méthodologies associées, telles que les analyses probabilistes qui pourraient enrichir les démonstrations de sûreté. Le réexamen de l'usine UP2-800 (INB 117) s'est achevé en 2024 avec l'édiction par l'ASN de prescriptions techniques encadrant la poursuite du fonctionnement de cette INB. Pour l'usine UP3-A (INB 116), Orano a transmis fin 2020 son rapport de conclusion du réexamen, qui fera l'objet d'un examen par le Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et les usines (GPU) au cours de plusieurs réunions prévues entre 2023 et 2026. En novembre 2022, à l'issue de l'instruction du rapport de conclusion du réexamen de la STE3 (INB 118) et considérant que les dispositions mises en place ou planifiées par l'exploitant dans ce cadre sont appropriées, l'ASN a validé la poursuite du fonctionnement de cette installation. Concernant les usines de fabrication de combustible neuf, l'exploitant de l'usine Melox a remis son rapport de conclusion du réexamen en septembre 2021. L'instruction de ce rapport (hors séisme) a fait l'objet d'un examen par le GPU en juin 2024. Le réexamen périodique des usines FBFC et Cerca, réunies en une seule INB (63-U) par décret du 23 décembre 2021, remis par Framatome en juin 2023, doit être significativement complété en 2025 avant d'engager son instruction.

Concernant les installations de l'amont du « cycle du combustible », le réexamen périodique des parcs d'entreposage uranifères du Tricastin (INB 178, 179 et 180) s'est conclu en 2023 avec l'édiction par l'ASN de prescriptions techniques encadrant la poursuite du fonctionnement de ces INB. Le réexamen périodique de l'usine GB II (INB 168) et celui de l'installation IARU (INB 138) sont en cours d'instruction par l'ASN. Le réexamen périodique de l'installation TU5 (INB 155) a été remis par Orano en novembre 2024 et fera l'objet d'une instruction par l'ASNR.

Les réexamens montrent l'importance d'une vérification *in situ* de la conformité des éléments importants pour la protection (EIP) la plus exhaustive possible, ou la plus représentative possible des EIP non accessibles. Ils illustrent aussi le besoin de disposer d'une démarche robuste pour la maîtrise du vieillissement des installations du « cycle du combustible ». C'est notamment le cas pour les installations de l'aval du « cycle », pour lesquelles la maîtrise du vieillissement constitue un enjeu prioritaire ; celui-ci fait l'objet d'inspections dédiées et d'une vigilance accrue lors de l'instruction des réexamens périodiques en cours.

13

Les installations nucléaires de recherche et industrielles diverses

Sommaire

1 Les installations de recherche, laboratoires et autres installations en France p. 353

1.1 **Les réacteurs de recherche**

1.2 **Les laboratoires et installations industrielles diverses**

1.2.1 Les laboratoires

1.2.2 Les accélérateurs de particules

1.2.3 Les installations industrielles d'ionisation

1.3 **Les installations d'entreposage de matières**

2 Les actions de l'ASN dans le champ des installations de recherche : une approche graduée p. 356

2.1 **L'approche graduée en fonction des enjeux des installations**

2.2 **Les réexamens périodiques**


E 794

Les installations nucléaires de recherche ou industrielles sont distinctes des installations nucléaires de base (INB) directement liées à la production d'électricité (réacteurs électronucléaires et installations du « cycle du combustible ») ou à la gestion des déchets. Elles sont, historiquement et majoritairement, exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), mais également par d'autres organismes de recherche (par exemple, l'Institut Laue-Langevin – ILL, l'organisation internationale ITER et le Grand Accélérateur national d'ions lourds – Ganil) ou par des industriels (par exemple, CIS bio international, Steris et Ionisos, qui exploitent des installations de production d'éléments radiopharmaceutiques ou des irradiateurs industriels).

1 — Les installations de recherche, laboratoires et autres installations en France

1.1 Les réacteurs de recherche

Les réacteurs de recherche ont pour objectif de contribuer à la recherche scientifique et technologique et à l'amélioration de l'exploitation des centrales nucléaires. Certaines de ces installations produisent également des radionucléides[1] à usage médical. Ce sont des installations dans lesquelles une réaction en chaîne est créée et entretenue, permettant de produire un flux de neutrons plus ou moins dense utilisé, en premier lieu, à des fins d'expériences scientifiques. Contrairement aux centrales nucléaires, l'énergie thermique produite par le cœur des réacteurs de recherche n'est pas exploitée mais simplement évacuée par refroidissement. Les quantités de substances radioactives mises en œuvre sont moindres que dans les réacteurs électronucléaires.

Un panorama des différents types de réacteurs de recherche présents en France et des principaux risques associés est présenté ci-après.

Dans leur dimensionnement, ces réacteurs prennent en compte des accidents de référence de fusion du cœur « sous eau » (défaillance dans le système de refroidissement) et de fusion du cœur « en air » (après dénoyage du cœur ou lors d'une manutention). En outre, ils prennent en compte des accidents spécifiques à la conception particulière de certains réacteurs de recherche.

Les réacteurs à faisceaux de neutrons

Les réacteurs à faisceaux de neutrons sont de type piscine. Ils sont principalement destinés à la recherche fondamentale (physique du solide, physico-chimie moléculaire, biochimie, etc.), en utilisant la méthode de diffraction neutronique pour l'étude de la matière. Les neutrons sont produits dans le réacteur, à différentes gammes d'énergie, et sont captés par des canaux dans le réacteur pour être acheminés vers des aires expérimentales.

En France, il n'existe plus qu'un réacteur à faisceaux de neutrons en fonctionnement : le réacteur à haut flux (RHF – INB 67) exploité par l'ILL à Grenoble (puissance nominale limitée à 58 mégawatts thermiques – MWth). Le RHF fonctionne par cycles de 50 à 100 jours environ. Les principaux enjeux de sûreté sont la maîtrise de la réactivité, du refroidissement et du confinement.

En 2024, l'ASN a autorisé des travaux d'amélioration de la sûreté de l'installation définis dans le cadre du dernier réexamen périodique, en particulier la jouvence du pont polaire du bâtiment réacteur, le renforcement de la protection incendie, ainsi que l'évacuation du tritium résiduel de l'installation. L'ILL a engagé ces travaux à la suite de l'arrêt long de l'installation débuté en juillet 2024.

Le réacteur Orphée (INB 101), exploité par le CEA à Saclay (puissance nominale limitée à 14 MWth), a été arrêté définitivement fin 2019.

Les réacteurs « d'essais »

Les réacteurs « d'essais » sont de type piscine. Ils sont destinés à l'étude de situations accidentelles. Ils permettent de reproduire, de façon contrôlée et à petite échelle, certains accidents postulés dans la démonstration de sûreté des réacteurs électronucléaires et de mieux connaître l'évolution de paramètres physiques lors des situations accidentelles.

En France, il existe un réacteur « d'essais » en fonctionnement soumis au contrôle de l'ASN : le réacteur Cabri (INB 24), exploité par le CEA à Cadarache. Ce réacteur, d'une puissance limitée à 25 MWth, permet de produire le flux neutronique nécessaire aux expériences. Les enjeux de sûreté sont semblables à ceux des autres réacteurs : la maîtrise de la réactivité du cœur nourricier, le refroidissement pour évacuer la puissance et le confinement des substances radioactives situées dans les crayons de combustibles composant le cœur.

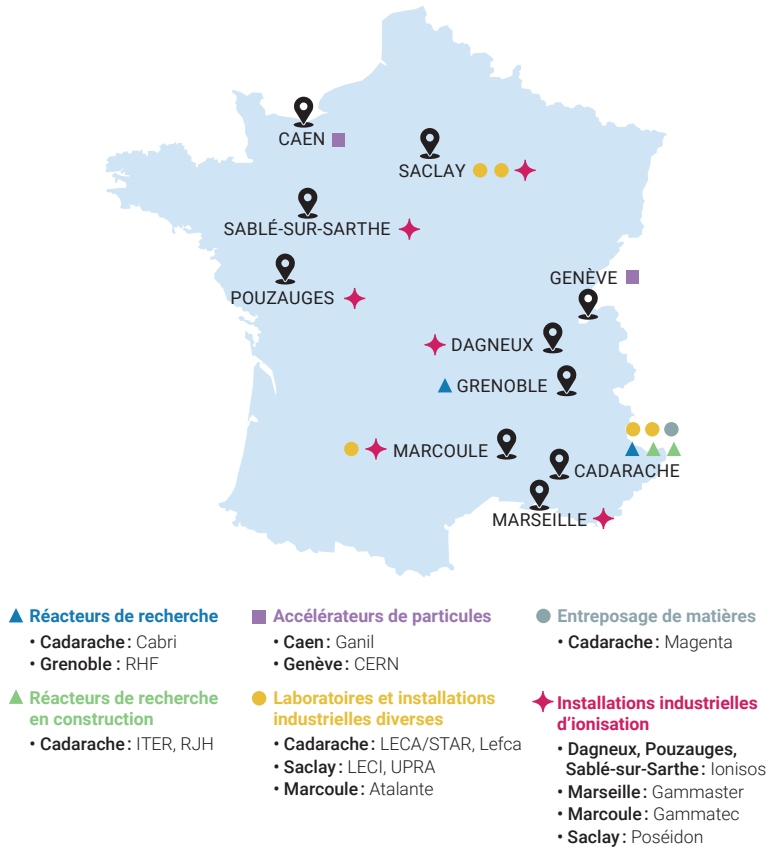
Des modifications de l'installation ont été réalisées pour mettre en œuvre de nouveaux programmes de recherche afin d'étudier le comportement du combustible à haut taux de combustion lors de situations accidentelles d'insertion de réactivité. La divergence du réacteur dans sa nouvelle configuration a été autorisée en 2015. L'ASN a autorisé, le 30 janvier 2018, après d'importants travaux de rénovation, le premier essai expérimental actif de la boucle à eau sous pression de l'installation.

Le réacteur « d'essais » Cabri, dont la conception a été complétée afin de réaliser également des programmes expérimentaux d'irradiation d'objets, a été autorisé pour ce type d'utilisation par décret du 2 août 2022.

Les programmes d'essais (*Cabri International Programmes* – CIP) et d'essais d'irradiation de composants électroniques se sont poursuivis en 2024. En parallèle de la réalisation de ces essais, l'ASN a autorisé en 2024 la réparation sous eau de l'hodoscope, qui devra intervenir à la fin de la réalisation du programme d'essais actuel, à l'horizon de la fin de l'année 2025.

1. *L'utilisation des radionucléides offre des possibilités d'analyse et de traitements médicaux : pour le diagnostic des cancers par le biais de scintigraphies et tomographies, autorisant des examens poussés d'organes en fonctionnement, ou pour le traitement des tumeurs grâce à la radiothérapie, qui emploie les rayonnements des radionucléides pour détruire les cellules cancéreuses (voir chapitre 7).*

Les installations nucléaires de recherche et industrielles



L'ASN contrôle la bonne mise en œuvre des actions engagées à la suite des conclusions du dernier réexamen périodique de l'installation, notamment concernant l'amélioration des dispositions de prévention des risques incendie et des risques liés aux opérations de manutention.

Les réacteurs d'irradiation

Les réacteurs d'irradiation sont de type piscine. Ils permettent d'étudier les phénomènes physiques liés à l'irradiation de matériaux et de combustibles ainsi que leurs comportements. Les flux neutroniques obtenus par ces installations étant plus puissants que ceux présents dans un réacteur électronucléaire de type réacteur à eau sous pression (REP), les expériences permettent de réaliser des études de vieillissement de matériaux et composants soumis à un flux important de neutrons. Après irradiation, les échantillons font l'objet d'examens destructifs, notamment dans des laboratoires de recherche, afin de caractériser les effets de l'irradiation. Ils constituent donc un outil important pour la qualification des matériaux soumis à un flux neutronique.

En outre, ces réacteurs de recherche sont des sources de production significatives de certains radionucléides à usage médical.

La puissance de ces réacteurs varie de quelques dizaines à une centaine de mégawatts thermiques. Ces réacteurs fonctionnent par cycle d'environ 20 à 30 jours.

En France, depuis 2015 et l'arrêt définitif du réacteur Osiris (INB 40) sur le site du CEA à Saclay, il n'existait plus de réacteur d'irradiation technologique en fonctionnement.

Le réacteur Jules Horowitz (RJH – INB 172), destiné à remplacer Osiris, est en cours de construction à Cadarache. La mise en service de l'installation, jalonnée dans le temps, est en cours d'instruction par l'ASN. Le 19 juillet 2023, le Conseil de politique nucléaire a en outre acté la poursuite des investissements de l'État et de la filière pour finaliser la construction du RJH, afin que la France dispose de cette nouvelle installation opérationnelle à l'horizon 2032-2034. Ce réacteur permettra à la fois d'appuyer la recherche sur la prolongation de la durée de vie du parc existant, sur les EPR2, mais aussi pour les petits réacteurs modulaires (PRM ou *Small Modular Reactors* – SMR, *voir chapitre 11*). Il vise également à fournir une capacité significative de production de radionucléides à usage médical.

Les réacteurs à fusion

Contrairement aux réacteurs de recherche décrits précédemment, qui mettent en œuvre des réactions de fission nucléaire, certaines installations de recherche visent à produire des réactions de fusion nucléaire.

En France, l'installation ITER (INB 174) est un projet international de réacteur à fusion en cours de construction à Cadarache. L'objectif principal visé par ITER est la démonstration scientifique et technique de la maîtrise de la fusion nucléaire par confinement magnétique d'un plasma deutérium-tritium, lors d'expériences de longue durée avec une puissance significative (500 mégawatts – MW, pendant 400 secondes).

Parmi les principaux enjeux de maîtrise des risques et inconvénients de ce type d'installation, on peut citer la maîtrise du confinement des matières radioactives (du tritium en particulier) et les risques d'exposition aux rayonnements ionisants du fait d'une forte activation des matériaux sous flux neutronique intense. La gestion des déchets tritiés ou activés est également un enjeu fort pour ces installations, bien que leur radiotoxicité et leur durée de vie soient *a priori* très inférieures à celles des déchets issus de l'exploitation des réacteurs à fission.

En 2024, Iter Organization (IO) a poursuivi la validation du programme expérimental de l'installation et du « nouveau scénario de référence ». IO a par ailleurs engagé les réparations des premiers secteurs de la chambre vide du tokamak[2] pour lesquels des défauts avaient été constatés sur les joints de soudage, ainsi que les réparations des circuits de refroidissement des écrans thermiques faisant l'objet d'une problématique de fissuration par corrosion sous contrainte. L'ASN souligne une amélioration de la transparence des échanges sur les enjeux de sûreté associés. Les points d'arrêt associés au projet, et notamment celui relatif à l'assemblage du tokamak, seront redéfinis dans le cadre de l'instruction associée à ce nouveau programme expérimental.

1.2 Les laboratoires et installations industrielles diverses

1.2.1 Les laboratoires

Les laboratoires menant des activités de recherche et de développement pour la filière nucléaire contribuent à l'approfondissement des connaissances pour la production électronucléaire, la fabrication et le retraitement du combustible, ou encore la gestion des déchets. Ils peuvent aussi produire des radionucléides à usage médical.

2. Tokamak, acronyme russe qui signifie « chambre toroïdale avec bobines magnétiques », est une machine qui utilise des champs magnétiques pour créer, confiner et contrôler un plasma chaud d'isotopes d'hydrogène dans lequel la réaction de fusion peut se produire.

Principes et enjeux de sûreté

Les principaux enjeux inhérents à ces installations sont la protection des personnes contre les rayonnements ionisants, la prévention de la dispersion de substances radioactives, la maîtrise des risques incendie et celle de la réaction en chaîne (criticité).

Les principes de conception de ces laboratoires sont similaires. Des zones dédiées, dénommées « cellules blindées », permettent la manipulation de substances radioactives et la réalisation d'expérimentations, à l'aide de moyens de manutention adaptés. Ces cellules blindées sont dimensionnées avec des épaisseurs de murs et de vitres importantes, afin de protéger les opérateurs contre les rayonnements ionisants. Elles permettent également le confinement des matières radioactives, grâce à un système de ventilation et de filtres spécifiques. Le risque de criticité est maîtrisé au travers de consignes strictes pour la manipulation, l'entreposage et le suivi des matériaux étudiés, et l'usage de matériels spécialement conçus. Enfin, le risque incendie est géré à l'aide de dispositifs techniques (portes coupe-feu, clapets, détecteurs, équipements d'intervention, etc.) et d'une organisation limitant la présence de matières calorifiques. La formation du personnel et une organisation rigoureuse sont des facteurs essentiels pour garantir la maîtrise de ces principaux risques.

Les laboratoires d'essais sur les combustibles et les matériaux

Une partie de ces laboratoires, exploités par le CEA, permet de réaliser diverses expérimentations sur les matériaux ou combustibles irradiés. Certains programmes de recherche ont, par exemple, pour objectif de permettre un taux de combustion plus élevé des combustibles ou d'améliorer leur sûreté. Certaines de ces installations sont également exploitées pour des activités de préparation et de reconditionnement de combustibles.

Appartiennent à cette catégorie de laboratoires :

- le Laboratoire d'examen des combustibles actifs (LECA), situé à Cadarache, et son extension, la Station de traitement, d'assainissement et de reconditionnement (STAR), qui constituent l'INB 55 ;
- le Laboratoire d'études et de fabrication de combustibles nucléaires avancés (Lefca – INB 123), situé à Cadarache ;
- le Laboratoire d'essais sur combustibles irradiés (LECI – INB 50), situé à Saclay.

Les laboratoires de recherche et de développement (R&D)

Des activités de R&D sont aussi menées pour l'industrie nucléaire dans des laboratoires sur les nouvelles technologies, notamment concernant le développement de nouveaux combustibles, leur recyclage ou encore la gestion des déchets ultimes.

L'atelier alpha et le laboratoire pour les analyses de transuraniens et études de retraitement (Atalante – INB 148), situés à Marcoule et exploités par le CEA, assurent un appui technique à Orano Cycle pour optimiser les procédés mis en œuvre dans les usines de La Hague. Des travaux expérimentaux y sont menés pour la qualification du comportement des matrices de verres nucléaires afin de garantir les propriétés de confinement sur le long terme des colis de déchets de haute activité.

L'ASN contrôle la bonne mise en œuvre des actions engagées à la suite du dernier réexamen périodique.

En 2024, le CEA a transmis le dossier d'orientation du nouveau réexamen périodique de l'installation (DOR), qui fait actuellement l'objet d'une instruction de la part de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR).

Cette étape antérieure à l'envoi par l'exploitant du rapport de conclusions du réexamen périodique permet de fixer la méthodologie, le périmètre et les modalités des études menées dans le cadre du réexamen à venir.

L'usine de production de radioéléments artificiels

L'usine de production de radioéléments artificiels (UPRA), située à Saclay et exploitée par CIS bio international, est une installation nucléaire conçue sur les mêmes principes qu'un laboratoire (zones dédiées permettant la manipulation et des expérimentations de substances radioactives, à l'aide de moyens de manutention adaptés), destinée à la fois à mener des activités de recherche et à mettre au point des radionucléides à usage médical. CIS bio international est une filiale du groupe Curium, fabricant de produits radiopharmaceutiques.

L'instruction du réexamen périodique de l'installation est en cours par l'ASN, il a également fait l'objet d'un avis du Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et les usines (GPU) en date du 16 mars 2023. La réduction des inventaires de substances radioactives présentes dans l'installation, engagée par l'exploitant, est un levier significatif pour la réduction des risques que présente l'installation.

1.2.2 Les accélérateurs de particules

Certains accélérateurs de particules sont des INB. Ces installations utilisent des champs électriques ou magnétiques pour accélérer des particules chargées. Les faisceaux de particules accélérées produisent des champs importants de rayonnements ionisants, activant les matériaux en contact, qui émettent alors des rayonnements ionisants, même après l'arrêt des faisceaux. L'exposition aux rayonnements ionisants de la population, du personnel et de l'environnement constitue donc le risque principal de ce type d'installations.

Le Ganil

Le Grand Accélérateur national d'ions lourds (Ganil – INB 113), situé à Caen, permet de mener des travaux de recherche fondamentale et appliquée, notamment en physique atomique et en physique nucléaire. Cette installation de recherche produit, accélère et distribue des faisceaux d'ions à différents niveaux d'énergie pour étudier la structure de l'atome. Une instruction est actuellement en cours pour la construction d'un nouveau bâtiment de réception des faisceaux, dénommé « Désir », afin de permettre la conduite de nouveaux programmes expérimentaux en matière de recherche.

L'ASN a donné un avis favorable en décembre 2024 sur le décret modificatif du décret d'autorisation de création de l'installation pour intégrer le bâtiment « Désir ». Ce décret sera publié en 2025.

Le CERN

Situé entre la France et la Suisse, le Centre européen pour la recherche nucléaire (CERN) est une organisation internationale dont la mission est de mener à bien des programmes de recherche fondamentale à caractère purement scientifique concernant les particules de haute énergie. Le CERN exploite, sur plusieurs sites connectés entre eux, toute une chaîne de dispositifs de recherche sur la structure de la matière, qui comprend actuellement plusieurs accélérateurs linéaires et circulaires, ainsi que plusieurs détecteurs et systèmes d'acquisition. Du fait de sa nature extraterritoriale, le CERN fait l'objet de modalités de vérifications particulières de la part des autorités de sûreté française et suisse.

1.2.3 Les installations industrielles d'ionisation

Les installations industrielles d'ionisation, dénommées « irradiateurs », utilisent les rayons gamma émis par des sources scellées de cobalt-60 afin d'irradier des cibles dans des cellules d'irradiation. Ces cellules d'irradiation sont dimensionnées avec des épaisseurs de murs et de vitres importantes, afin de protéger les opérateurs contre les rayonnements ionisants. Les sources scellées sont, soit entreposées en piscine sous une épaisseur d'eau qui garantit la protection des travailleurs, soit extraites de la piscine d'entreposage pour irradier le matériel cible. L'exposition du personnel aux rayonnements ionisants constitue le risque principal dans ces installations.

Les principales applications des irradiateurs sont la stérilisation de dispositifs médicaux, de produits agroalimentaires et de matières premières pharmaceutiques. Les irradiateurs peuvent aussi permettre l'étude de comportement des matériaux sous rayonnements ionisants, notamment pour qualifier des matériaux pour l'industrie nucléaire.

Ces irradiateurs sont utilisés par :
• le groupe Ionisos, qui exploite trois installations situées à Dagneux (INB 68), Pouzauges (INB 146) et Sablé-sur-Sarthe (INB 154). Un projet de nouvel irradiateur (D7) est en cours d'instruction pour le site de Dagneux. Au vu d'une analyse des enjeux que présente l'installation et des inspections sur le thème du réexamen périodique de l'installation, l'ASN n'a pas émis d'objection à la poursuite du fonctionnement de l'INB 68 pour les prochaines années ;
• le groupe Steris, qui exploite les installations Gammaster (INB 147) et Gammatec (INB 170), à Marseille et à Marcoule ;
• le CEA, qui exploite l'irradiateur Poséidon (INB 77) sur le site de Saclay. En 2024, l'ASN a conclu l'instruction du réexamen périodique de l'installation et n'a pas émis d'objection à la poursuite de son fonctionnement.

1.3 Les installations d'entreposage de matières

Les installations d'entreposage de matières, exploitées par le CEA, sont essentiellement consacrées à la conservation de matières uranifères et plutonifères fissiles non irradiées (ou faiblement irradiées) provenant d'autres installations du CEA. Cette activité permet d'alimenter les laboratoires (Atalante, Lefca, etc.) en fonction de leurs besoins expérimentaux. Elles sont devenues, plus récemment, un exutoire temporaire des matières fissiles présentes jusque-là dans des installations désormais à l'arrêt, telles que les réacteurs de recherche (Éole, Minerve, Osiris, Masurca, notamment).

Principes et enjeux de sûreté

Les principaux enjeux inhérents à ces installations sont la prévention de la dispersion de substances radioactives et la maîtrise de la réaction en chaîne (criticité).

La sûreté de ces installations repose sur une succession de barrières physiques statiques (murs et portes des locaux et des bâtiments) pour prévenir la dispersion de substances radioactives. Lors de la réalisation d'opérations sur ces substances, le confinement statique est, par ailleurs, assuré par des dispositifs (boîtes à gants, cellules blindées) dans lesquels sont réalisées ces opérations. Ce confinement statique est complété par un confinement dynamique constitué, d'une part, d'une cascade de dépressions entre les locaux présentant des risques de dissémination de substances radioactives ; d'autre part, d'une filtration des effluents gazeux rejetés dans l'environnement. La réaction en chaîne est maîtrisée au travers de consignes strictes pour la manipulation, l'entreposage, le suivi des matériaux entreposés et l'usage de matériels spécialement conçus.

Les installations d'entreposage dédiées

L'installation Magenta (INB 169), mise en service en 2011, exploitée par le CEA sur son site de Cadarache, est dédiée à l'entreposage de matières fissiles non irradiées ainsi qu'à la caractérisation, par des mesures non destructives, des matières nucléaires réceptionnées. Elle remplace notamment le magasin central des matières fissiles (MCMF – INB 53), définitivement arrêté fin 2017. L'instruction du premier réexamen périodique de l'installation s'est poursuivie en 2024.

2 — Les actions de l'ASN dans le champ des installations de recherche : une approche graduée

2.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

Le régime des INB s'applique à plus d'une centaine d'installations en France. Ce régime concerne des installations diverses présentant des enjeux de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement très différents : réacteurs nucléaires de recherche ou électronucléaires, entreposage ou stockage de déchets radioactifs, usines de fabrication ou de traitement de combustibles, laboratoires, installations industrielles d'ionisation, etc.

Les principes de sûreté, appliqués aux installations nucléaires de recherche ou industrielles, sont similaires à ceux adoptés pour les réacteurs électronucléaires et les installations du « cycle du combustible », tout en tenant compte de leurs spécificités en matière de risques et d'inconvénients. L'ASN a mis en œuvre une approche proportionnée à l'importance des risques ou inconvénients présentés par l'installation. À cet égard, l'ASN a réparti les installations qu'elle contrôle en trois catégories, de 1 à 3 par ordre décroissant d'importance des risques et inconvénients qu'elles présentent pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (décision n° 2015-DC-0523 de l'ASN du 29 septembre 2015). Cette classification des INB permet d'adapter le contrôle des installations et de renforcer ainsi celui des installations à enjeux importants, en matière d'inspections et d'instructions menées par l'ASN. À titre d'exemples, les réacteurs de recherche RHF et Cabri sont respectivement classés en catégories 1 et 2, et l'accélérateur de particules Ganil est classé en catégorie 3.

2.2 Les réexamens périodiques

Le code de l'environnement impose aux exploitants de réaliser, tous les dix ans, un réexamen périodique de leur installation. Ce réexamen périodique permet d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser les risques ou inconvénients inhérents à l'installation en tenant compte notamment de son état, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances et des règles applicables aux installations similaires. Ils sont ainsi l'occasion de remises à niveau ou d'améliorations dans des domaines où les exigences de sûreté ont évolué, notamment la résistance au séisme, la protection contre l'incendie et le confinement.

À ce jour, l'ensemble des installations nucléaires de recherche et installations diverses ont fait l'objet d'un réexamen périodique. L'ASN a mis en œuvre un mode d'instruction adapté aux enjeux des installations : certaines d'entre elles méritent une attention particulière au regard des risques qu'elles présentent ; d'autres, présentant moins d'enjeux, font l'objet d'inspections et d'instructions dont l'ampleur est adaptée.

En 2024, l'ASN a conclu l'instruction des réexamens périodiques de l'irradiateur Poséidon (INB 77) exploité par le CEA et de l'irradiateur situé à Dagneux (INB 68) exploité par Ionisos.

En 2024, l'ASN a poursuivi l'instruction des réexamens périodiques des installations Cabri (INB 24) et Magenta (INB 169) exploitées par le CEA, ainsi que de l'irradiateur situé à Pouzauges (INB 146) exploité par Ionisos, de l'accélérateur d'ions lourds (INB 113) exploité par le GIE Ganil et de l'UPRA (INB 29) exploitée par CIS bio international.

En 2024, l'ASN a engagé l'instruction des nouveaux réexamens périodiques de trois installations du CEA : le LECI (INB 50), le LECA (INB 55) et le Lefca (INB 123).

14

Le démantèlement des installations nucléaires de base

Sommaire

1 **Le cadre juridique et technique du démantèlement** p. 361

1.1 **Les enjeux du démantèlement**

1.2 **La doctrine de l'ASN en matière de démantèlement**

1.2.1 Le démantèlement immédiat

1.2.2 L'assainissement et l'atteinte de l'état final

1.3 **L'encadrement du démantèlement**

1.4 **Le financement du démantèlement et de la gestion des déchets radioactifs**

2 **La situation des installations nucléaires en démantèlement : enjeux spécifiques** p. 365

2.1 **Les réacteurs électronucléaires**

2.1.1 Les réacteurs électronucléaires à eau sous pression

2.1.2 Les réacteurs électronucléaires autres que les réacteurs à eau sous pression

2.2 **Les installations de recherche**

2.2.1 Les laboratoires de recherche

2.2.2 Les réacteurs de recherche

2.3 **Les installations de l'amont du « cycle du combustible nucléaire »**

2.4 **Les installations de l'aval du « cycle du combustible nucléaire »**

2.5 **Les installations support (entreposage, traitement des effluents et de déchets radioactifs)**

3 **Les actions de l'ASN dans le champ des installations en démantèlement : une approche graduée** p. 375

3.1 **L'approche graduée en fonction des enjeux des installations**

3.2 **Les réexamens périodiques des installations en démantèlement**

3.3 **Le financement du démantèlement : avis de l'ASN sur les rapports triennaux**

4 **L'évaluation des stratégies de démantèlement des exploitants** p. 375

4.1 **L'évaluation de la stratégie d'EDF**

4.2 **L'évaluation de la stratégie d'Orano**

4.3 **L'évaluation de la stratégie du CEA**

Annexe : liste des installations nucléaires de base en cours de démantèlement ou déclassées au 31 décembre 2024 p. 377



En 2024, 36 installations nucléaires de tout type (réacteurs de production d'électricité ou de recherche, laboratoires, usines de retraitement de combustible, installations de traitement de déchets, etc.) étaient arrêtées ou en cours de démantèlement en France, ce qui correspond à plus du quart des installations nucléaires de base (INB) en exploitation.

À l'exception des réacteurs à eau sous pression (REP) des centrales électronucléaires, conçus sur un modèle générique, la plupart des INB en démantèlement présentent une variété de technologies, d'usages et d'historiques de fonctionnement rendant complexes les opérations de démantèlement. La durée pour la réalisation des opérations de démantèlement d'une INB peut ainsi varier significativement d'une installation à l'autre. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) relève que, s'il faut compter une vingtaine d'années pour démanteler les REP, le démantèlement pourra s'étendre bien au-delà de 2050 pour certaines installations du « cycle du combustible » ou d'anciennes installations d'entreposage de déchets, plusieurs d'entre elles contenant encore une quantité importante de déchets à reprendre et à conditionner. Pour ces installations, le développement et la construction de nouveaux matériels et procédés sont nécessaires, entraînant des démantèlements longs et complexes.

Ainsi, l'ASN relève que les échéanciers établis par les exploitants dans les années 2000 en vue de la prise des premiers décrets de démantèlement se retrouvent devoir être actualisés, afin d'intégrer le retour d'expérience des premières opérations et d'intégrer des marges opérationnelles plus réalistes, conduisant ainsi à des échéances de fin de démantèlement beaucoup plus lointaines. L'ASN est vigilante quant aux enjeux de sûreté liés aux allongements notables des délais de démantèlement.

1 — Le cadre juridique et technique du démantèlement

Le terme de démantèlement couvre l'ensemble des activités, techniques et administratives, réalisées après l'arrêt définitif d'une installation nucléaire, à l'issue desquelles l'installation peut être déclassée, c'est-à-dire qu'elle peut être retirée de la liste des INB. Ces activités comprennent l'évacuation des matières radioactives et des déchets encore présents dans l'installation, et les opérations de démontage des matériels, composants et équipements utilisés pendant le fonctionnement, ainsi que l'assainissement des locaux et des sols puis, éventuellement, des opérations de démolition de structures de génie civil.

Les opérations de démantèlement et d'assainissement visent à atteindre un état final prédéfini qui permet de prévenir les risques et les impacts que peut présenter le site pour l'environnement et les personnes, en tenant compte de ses usages futurs possibles.

Le démantèlement d'une installation nucléaire est prescrit par décret pris après avis de l'ASN. Cette phase de vie des installations comprend une succession d'opérations qui présentent une complexité parfois forte, des durées longues, la production de grandes quantités de déchets et des coûts importants ; celles-ci doivent être anticipées au mieux ce, d'autant qu'elles doivent être effectuées dans les meilleurs délais possibles, comme prévu par la réglementation. Au fil des chantiers de démantèlement, les changements continus que connaissent les installations modifient la nature des risques et constituent des défis pour les exploitants en matière de gestion de projet.

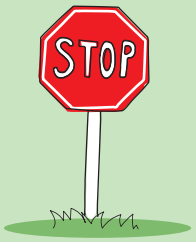
1.1 Les enjeux du démantèlement

La réalisation, dans des délais maîtrisés, des opérations de démantèlement, souvent longues et coûteuses, représente un enjeu pour les exploitants en matière de gestion de projet, de maintien des compétences, ainsi que de coordination des différents travaux, qui font intervenir de nombreuses entreprises spécialisées. Pour autant, le principe du démantèlement immédiat en France impose aux exploitants de réaliser leurs opérations de démantèlement dans des délais aussi courts que possible, dans des conditions économiques acceptables (*voir point 1.2*).

Le démantèlement consiste en une série d'opérations qui tendent, progressivement, à diminuer la quantité de substances radioactives présentes dans l'installation, et donc par des risques évolutifs. Si la baisse des quantités de substances présentes dans l'installation réduit tendanciellement les risques, les travaux réalisés, parfois au plus près des substances radioactives, présentent toutefois des enjeux de radioprotection importants pour les travailleurs. D'autres risques augmentent également lors des chantiers, comme le risque de dissémination de substances radioactives dans l'environnement ou certains risques classiques, comme les risques de chutes de charges liées aux manutentions de gros composants, ou les risques incendie lors de travaux par points chauds avec présence de matériaux combustibles, les risques d'instabilité de structures partiellement démontées, ou encore les risques chimiques durant les opérations de décontamination.

Un des enjeux majeurs du démantèlement d'une installation est lié à la production d'un grand volume de déchets, généralement très supérieur aux volumes produits durant son fonctionnement. Les démantèlements des installations anciennes du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et des usines de

Phases de vie d'une installation nucléaire de base

FIN DU FONCTIONNEMENT		PHASE PRÉPARATOIRE AU DÉMANTÈLEMENT
Déclaration d'arrêt →	Transmission du dossier de démantèlement →	Arrêt définitif
	2 ans maximum 	
Au moins 2 ans avant la date envisagée, l'exploitant déclare au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'ASN son intention d'arrêter définitivement son installation. Cette déclaration est portée à la connaissance du public.	**Au plus tard 2 ans après la déclaration d'arrêt, l'exploitant doit transmettre au ministre son dossier de démantèlement.** Ce dossier présente les opérations de démantèlement envisagées par l'exploitant, ainsi que les dispositions qu'il prend pour en limiter les impacts sur les personnes et l'environnement.	**À compter de la date d'arrêt définitif, l'exploitant n'est plus autorisé à faire fonctionner son installation.** Il commence à préparer le démantèlement de son installation. Les opérations préparatoires au démantèlement consistent souvent à évacuer les substances radioactives et chimiques présentes dans l'installation (combustible usé), aménager les locaux (aménagement d'aires d'entreposage) ou à adapter les réseaux d'utilité (ventilation, distribution électrique).

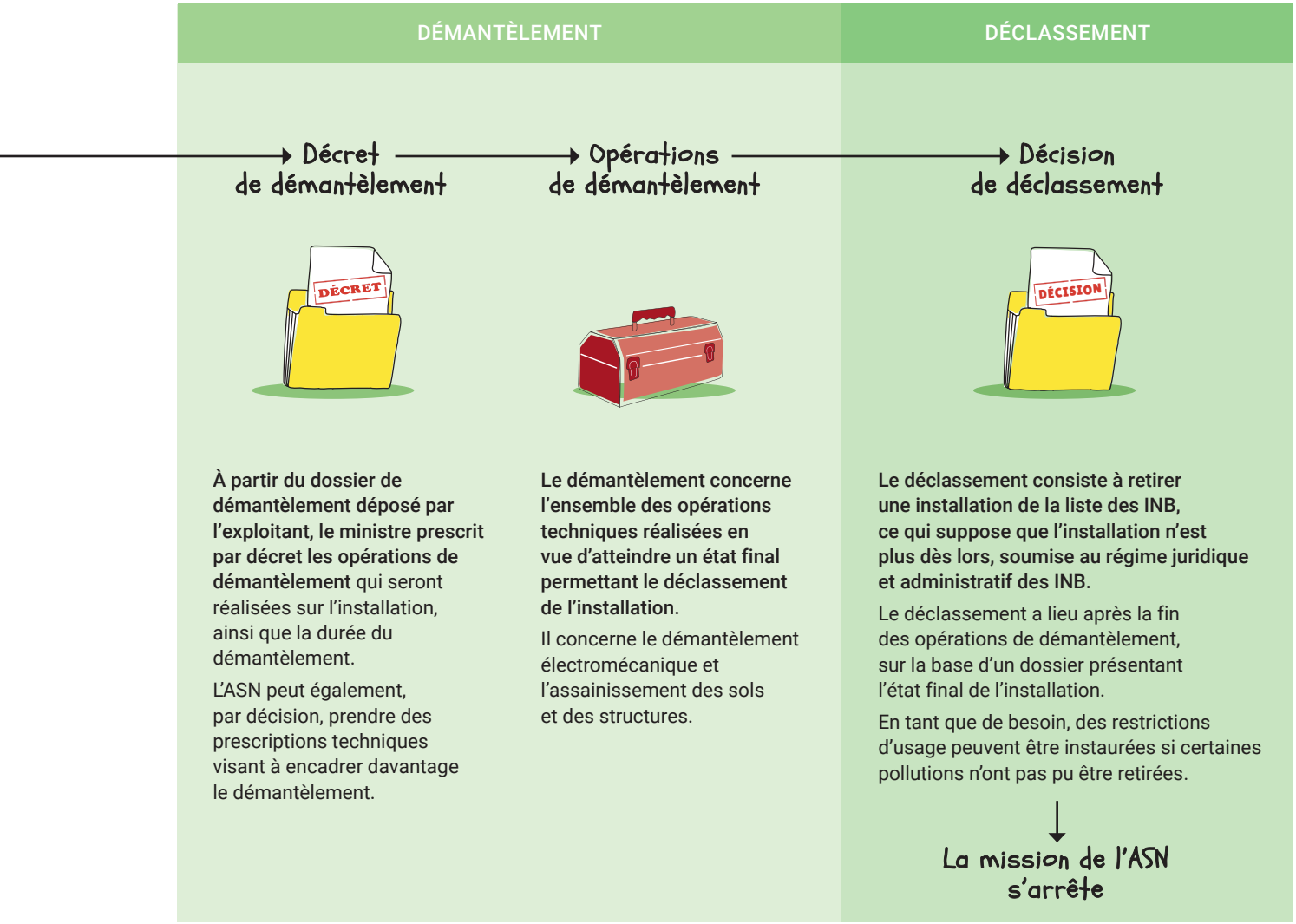
première génération d'Orano, comme les usines de diffusion gazeuse de l'installation nucléaire de base secrète (INBS – périmètre défense) de Pierrelatte au Tricastin et l'usine UP1 de l'INBS de Marcoule, vont ainsi conduire à une production très importante de déchets de très faible activité (TFA). Il est nécessaire d'apprécier l'ampleur et la difficulté des travaux dès que possible dans la vie des installations, et dès la conception pour les installations neuves, afin d'assurer que leur démantèlement pourra se faire en toute sûreté et dans des délais aussi courts que possible. Par ailleurs, dans certaines installations anciennes, des quantités parfois importantes de substances radioactives sont encore présentes ; elles ne sont pas toujours aisément accessibles et certaines d'entre elles restent à caractériser. Les modalités de leur reprise et de leur conditionnement constituent alors des projets à part entière à l'intérieur des projets de démantèlement. C'est notamment le cas des anciennes installations de traitement des effluents du CEA et d'Orano (*voir chapitre 15*).

Enfin, le bon déroulement des opérations de démantèlement est aussi conditionné par la disponibilité des installations support au démantèlement (installations d'entreposage, de traitement et de conditionnement des déchets, installations de traitement d'effluents) et de filières de gestion adaptées à l'ensemble des déchets susceptibles d'être produits. Lorsque les exutoires finaux sont susceptibles de ne pas être disponibles au moment de la production des déchets issus du démantèlement, les exploitants, de façon prudente, doivent mettre en place les installations nécessaires à l'entreposage sûr de ces déchets, dans l'attente de l'ouverture de la filière de stockage correspondante. L'adéquation des capacités d'entreposage disponibles avec les besoins liés au fonctionnement et au démantèlement des INB, ainsi que l'avancement des études relatives aux différentes options de gestion définitive des déchets radioactifs, sont à cet égard régulièrement examinés dans le cadre du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR – *voir chapitre 15*).

Le sujet de la gestion des déchets issus des opérations de démantèlement fait l'objet d'une attention particulière lors de l'évaluation des stratégies de démantèlement et de gestion des déchets établies par le CEA, EDF et Orano (*voir point 4 et* Les cahiers de l'ASN #04).

1.2 La doctrine de l'ASN en matière de démantèlement

De nombreux facteurs peuvent entrer en compte dans le choix d'une stratégie de démantèlement plutôt qu'une autre : la réglementation nationale, les facteurs socio-économiques, le financement des opérations, la disponibilité de filières d'élimination de déchets, de techniques de démantèlement et de personnel qualifié, la connaissance de l'historique d'exploitation, l'exposition du personnel et du public aux rayonnements ionisants induits par les opérations de démantèlement, etc.



1.2.1 Le démantèlement immédiat

Le principe de démantèlement « dans des délais aussi courts que possible dans des conditions économiques acceptables » figure dans la réglementation applicable aux INB (arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB). Ce principe, affirmé depuis 2009 par l'ASN en matière de démantèlement et de déclassement des INB, a été inscrit au niveau législatif par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Cette approche vise à ne pas faire porter le poids du démantèlement sur les générations futures, sur les plans technique et financier. Elle permet également de bénéficier des connaissances et compétences des équipes présentes pendant le fonctionnement de l'installation, indispensables notamment lors des premières opérations de démantèlement.

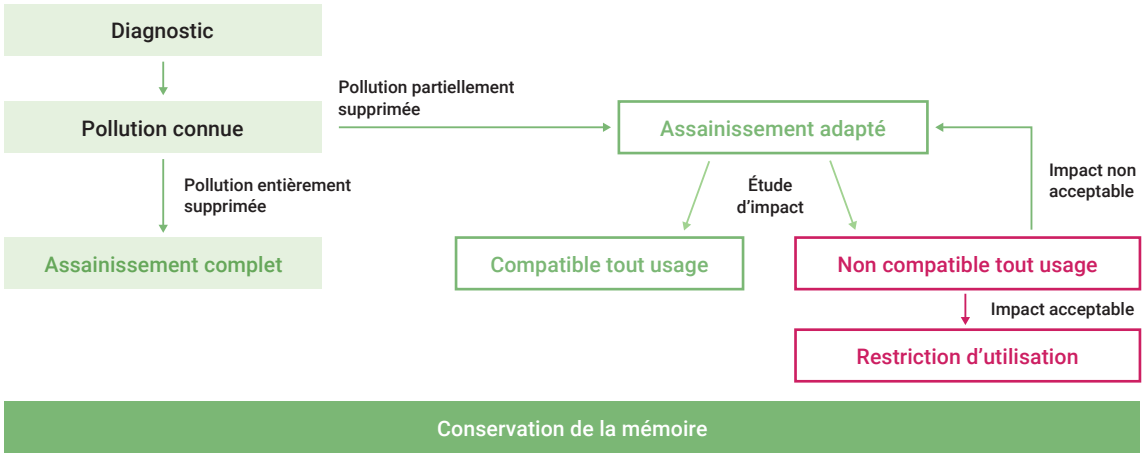
Le cadre réglementaire en vigueur en France vise à ce que :
• l'exploitant prépare le démantèlement de son installation dès la conception de celle-ci et actualise cette préparation tout au long de la vie de l'installation ;
• l'exploitant anticipe le démantèlement et envoie à l'ASN son dossier de démantèlement avant l'arrêt du fonctionnement de son installation ;
• l'exploitant dispose de ressources financières pour assurer le financement du démantèlement, en couvrant les charges qu'il anticipe par des actifs dédiés ;
• les opérations de démantèlement se déroulent dans un délai aussi court que possible après l'arrêt de l'installation, délai qui peut néanmoins varier de quelques années à quelques décennies, selon la nature de l'installation et la complexité de son démantèlement.

Le plan de démantèlement, document décrivant les opérations envisagées par l'exploitant pour démanteler son installation, vise à préparer et anticiper au mieux le démantèlement. Ce document est, depuis 2007, demandé dès la mise en service de l'installation, puis mis à jour régulièrement au cours de la vie de l'installation. Il capitalise le retour d'expérience d'exploitation, en identifiant les éventuels impacts sur les opérations de démantèlement à venir, et doit permettre à l'exploitant de justifier la stratégie de démantèlement retenue, sur la base de critères technico-économiques.

1.2.2 L'assainissement et l'atteinte de l'état final

Les opérations de démantèlement et d'assainissement d'une installation nucléaire doivent conduire à retirer progressivement les substances radioactives ou dangereuses des structures et des sols, en vue du déclassement de l'installation, correspondant à son retrait de la liste des INB. Les substances radioactives peuvent être issues des phénomènes d'activation ou de contaminations engendrées par les activités de l'INB ou les incidents qu'elle a subis. Des substances chimiques dangereuses peuvent également se trouver dans l'installation, du fait de l'utilisation de certains procédés ou équipements (hydrocarbures, acide fluorhydrique, sodium, etc.).

Logigramme simplifié de la doctrine « sites et sols pollués » de l'ASN



Dans certains cas, les substances radioactives ou dangereuses sont entraînées par migration dans les structures des bâtiments de l'installation, voire dans les sols du site et ses alentours, qui doivent en ce cas également faire l'objet d'un assainissement. L'assainissement correspond aux opérations de réduction ou d'élimination de la radioactivité ou de toute autre substance dangereuse restant, aussi bien dans les structures que dans les sols.

L'ASN demande que les exploitants des installations nucléaires mettent en œuvre des pratiques d'assainissement tenant compte des meilleures méthodes et techniques disponibles, dans des conditions économiques acceptables. Le scénario d'assainissement complet doit être envisagé systématiquement en tant que scénario de référence. Ce scénario, qui conduit à une libération inconditionnelle des bâtiments et des sites, permet en effet de garantir, sans aucune réserve, la protection des personnes et de l'environnement dans le temps.

En cas de difficultés techniques, économiques ou financières identifiées, l'exploitant peut soumettre à l'ASN un ou plusieurs scénarios d'assainissement adaptés, compatibles avec les usages futurs du site (établis, envisagés et envisageables). Il doit, en tout état de cause, apporter les éléments justifiant que le scénario de référence ne peut être mis en œuvre dans des conditions acceptables et que les opérations d'assainissement envisagées constituent un optimum. L'ASN examine alors les scénarios présentés par l'exploitant et s'assure que l'assainissement sera mené aussi loin que raisonnablement possible pour répondre aux objectifs fixés par le décret de démantèlement. Dès lors que l'assainissement réalisé ne permet pas une libération inconditionnelle du site, l'ASN peut conditionner le déclassement administratif de l'installation à la mise en place d'une servitude d'utilité publique, limitant le droit de propriété et d'usage du sol, alors instituée par l'autorité publique à la demande de l'exploitant *(voir logigramme ci-dessus)*.

Dans tous les cas, la réglementation prévoit que la stratégie d'assainissement, mise en œuvre par l'exploitant, doit conduire à un état final de l'INB et de son site compatible avec un déclassement administratif *(voir point 1.3)*.

Conformément aux principes généraux de radioprotection, l'impact dosimétrique du site sur les travailleurs et le public après déclassement doit être aussi faible que raisonnablement possible (principe ALARA[1]). L'ASN n'est pas favorable à l'introduction de seuils généralisés et considère qu'il est préférable d'adopter une démarche d'optimisation, reposant sur des critères technico-économiques, en fonction des usages futurs du site (établis, envisagés et envisageables). Néanmoins, dans tous les cas, une fois le site déclassé, l'exposition radiologique induite ne doit pas excéder la valeur réglementaire de 1 millisievert (mSv) sur une année pour l'ensemble des scénarios d'usage, prescrite dans le code de la santé publique.

La doctrine que l'ASN met en œuvre est précisée dans les guides relatifs aux opérations d'assainissement des structures (Guide n°14, disponible sur *asn.fr*) et à la gestion des sols pollués dans les installations nucléaires (Guide n°24, disponible sur *asn.fr*). Les dispositions de ces guides ont déjà été mises en œuvre dans de nombreuses installations, présentant des caractéristiques variées : réacteurs de recherche, laboratoires, usines de fabrication de combustible, etc.

1.3 L'encadrement du démantèlement

Dès lors qu'une INB est définitivement arrêtée, elle doit être démantelée. Elle change donc de finalité par rapport à ce pour quoi sa création a été autorisée, le décret d'autorisation de création (DAC) spécifiant les conditions de fonctionnement de l'installation. Par ailleurs, les opérations de démantèlement impliquent une évolution des risques présentés par l'installation. En conséquence, ces opérations ne peuvent être réalisées dans le cadre fixé par le DAC. Le démantèlement d'une installation nucléaire est donc prescrit par un nouveau décret, pris après avis de l'ASN. Ce décret fixe, entre autres, les principales étapes du démantèlement, la date de fin prévue du démantèlement et l'état final à atteindre. Dans le cadre de ses missions de contrôle, l'ASN vérifie la bonne mise en œuvre des opérations de démantèlement telles que prescrites par le décret de démantèlement.

Afin d'éviter le fractionnement des projets de démantèlement et d'améliorer leur cohérence d'ensemble, le dossier de démantèlement doit décrire explicitement l'ensemble des travaux envisagés, depuis l'arrêt définitif jusqu'à l'atteinte de l'état final visé, et expliciter, pour chaque étape, la nature et l'ampleur des risques présentés par l'installation ainsi que les moyens mis en œuvre pour les maîtriser. L'exploitant doit justifier, dans son dossier de démantèlement, que les opérations de démantèlement seront réalisées dans un délai aussi court que possible. Ce dossier fait l'objet d'une enquête publique, au cours de laquelle les riverains, les collectivités locales et la commission locale d'information (CLI) sont sollicités. Les dossiers de démantèlement présentant les enjeux les plus significatifs sont, par ailleurs, soumis à l'examen du Groupe permanent d'experts pour le démantèlement (GPDEM), mis en place en 2018.

Les opérations de démantèlement des installations complexes sont souvent très longues, et ne sont pas toujours connues en détail au moment de la constitution du dossier de démantèlement.

1. *Principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable – *au plus faible niveau que l'on peut raisonnablement atteindre).*

C'est pourquoi le décret prescrivant le démantèlement peut prévoir qu'un certain nombre d'étapes feront l'objet, le moment venu, d'un accord préalable de l'ASN, sur la base de dossiers de sûreté spécifiques établis au plus près des opérations à réaliser et tenant compte des meilleures techniques alors disponibles, et dans le respect des objectifs fixés par le décret de démantèlement (notamment en matière d'état final et de niveau d'assainissement visé).

Le schéma « Phases de vie d'une installation nucléaire de base » (*voir pages 362 et 363*) décrit la procédure réglementaire associée.

La phase de démantèlement peut être précédée d'une étape de préparation au démantèlement, réalisée sous le couvert de l'autorisation d'exploitation initiale. Cette phase préparatoire permet par exemple d'évacuer une partie des substances radioactives et chimiques, notamment le combustible usé, pour le cas d'un réacteur nucléaire, ainsi que de préparer des opérations de démantèlement (aménagement de locaux, préparation de chantiers, formation des équipes, etc.). C'est également lors de cette phase préparatoire que peuvent être réalisées certaines opérations de caractérisation de l'installation (cartographies radiologiques, analyse de l'historique de l'exploitation) indispensables pour établir les scénarios d'assainissement visés.

Le code de l'environnement prévoit que la sûreté d'une installation en phase de démantèlement, comme celle de toutes les autres INB, soit réexaminée périodiquement, au moins tous les 10 ans. L'objectif de l'ASN est de s'assurer, par ces réexamens périodiques, que l'installation respecte les dispositions de son décret de démantèlement et les exigences de sûreté et de radioprotection associées jusqu'à son déclassement, en appliquant les principes de la défense en profondeur propres à la sûreté nucléaire, dans une logique proportionnée aux enjeux.

En effet, si les opérations de démantèlement entraînent l'affaiblissement, voire la disparition des barrières physiques existantes, l'exploitant doit, en fonction des enjeux de sûreté et de radioprotection résiduels, maintenir des lignes de défense adaptées nécessaires à la protection des travailleurs et de l'environnement (mise en place de sas, ventilation nucléaire, balises de radioprotection, etc.).

À l'issue de son démantèlement, une INB doit être déclassée, sur décision de l'ASN homologuée par le ministre chargé de la sûreté nucléaire. Elle est alors retirée de la liste des INB et ne relève plus du régime correspondant. Une vingtaine d'installations, majoritairement d'anciens réacteurs de recherche, ont à ce jour été démantelées et déclassées.

Au 31 décembre 2024, l'ASN instruit 23 dossiers de démantèlement d'installations définitivement arrêtées, dont le démantèlement n'a pas été encore prescrit ou dont les conditions de démantèlement sont substantiellement modifiées.

1.4 Le financement du démantèlement et de la gestion des déchets radioactifs

Le code de l'environnement, dans ses articles L. 594-1 à L. 594-10 et D. 594-1 à D. 594-18, définit le dispositif relatif à la sécurisation des charges nucléaires liées au démantèlement des installations nucléaires, à la gestion des combustibles usés et à la gestion des déchets radioactifs. Ce dispositif est précisé par l'arrêté du 21 mars 2007 relatif à la sécurisation du financement des charges nucléaires.

Cet arrêté vise à sécuriser le financement des charges nucléaires, dans la logique du principe « pollueur-payeur ». Les exploitants nucléaires doivent ainsi prendre en charge ce financement, par la constitution d'un portefeuille d'actifs dédiés, à hauteur des charges anticipées.

Ces charges doivent être évaluées de manière prudente, en prenant en compte les différentes incertitudes. Les exploitants sont ainsi tenus de remettre au Gouvernement des rapports triennaux relatifs à ces charges et des notes d'actualisation annuelles.

Le provisionnement se fait sous le contrôle direct de l'État, qui analyse la situation des exploitants et peut prescrire les mesures nécessaires en cas d'insuffisance ou d'inadéquation. La Direction générale du trésor et la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) constituent l'autorité administrative compétente pour ce contrôle.

La DGEC saisit l'ASN afin de rendre un avis technique sur les hypothèses prises par les exploitants.

Dans tous les cas, ce sont les exploitants nucléaires qui restent responsables du bon financement de leurs charges de long terme.

2 — La situation des installations nucléaires en démantèlement : enjeux spécifiques

À la fin de l'année 2024, 36 installations sont définitivement arrêtées ou en cours de démantèlement en France, soit environ un quart des INB (*voir carte page 368*). Ces installations sont très variées (réacteurs électronucléaires, réacteurs de recherche, installations du « cycle du combustible », installations support, etc.) et les enjeux du démantèlement diffèrent d'une installation à l'autre. Ces enjeux sont cependant tous liés à la quantité importante de déchets à gérer pendant le démantèlement et aux conditions d'intervention au plus près de zones contaminées ou activées. Les enjeux de sûreté et de radioprotection sont d'autant plus élevés que les installations contiennent des déchets historiques ; c'est le cas, en particulier, des anciennes usines de traitement de combustibles irradiés d'Orano ou des anciennes installations d'entreposage du CEA. L'une des problématiques majeures du démantèlement est la mémoire de la conception et de l'exploitation de l'installation. Ainsi, le maintien de compétences et la phase de caractérisation de l'installation visant à définir son état initial (état de l'installation au début du démantèlement) présentent une importance cruciale.

2.1 Les réacteurs électronucléaires

2.1.1 Les réacteurs électronucléaires à eau sous pression

Le démantèlement des REP bénéficie d'un retour d'expérience acquis sur de nombreux projets à l'international, et la conception de ces réacteurs facilite leur démantèlement par rapport à d'autres technologies de réacteur. Le démantèlement de ce type d'installation ne présente ainsi pas d'enjeu technique majeur et sa faisabilité est acquise. Toutefois, quelle que soit la durée de vie des réacteurs en fonctionnement, EDF sera confrontée au démantèlement simultané de plusieurs REP. EDF devra donc s'organiser pour industrialiser le démantèlement afin de respecter l'obligation de démantèlement de chaque installation dans un délai aussi court que possible.

Le premier chantier de démantèlement des REP en France est celui du réacteur Chooz A (INB 163). Il s'agit d'un modèle réduit par rapport aux réacteurs électronucléaires en fonctionnement. Il présente quelques difficultés techniques particulières liées à sa construction dans une caverne ; certaines opérations sont plus complexes, telle l'extraction de gros composants comme les générateurs de vapeur. Le démantèlement de la cuve de Chooz A est en cours depuis 2014 et se poursuit dans des conditions satisfaisantes.

La centrale nucléaire de Fessenheim a été arrêtée définitivement en 2020. EDF a déposé le dossier de démantèlement de cette installation en novembre de cette même année. Saisi par l'ASN en avril 2022, le GPDEM a rendu un avis favorable sous réserve de compléments à apporter par EDF en amont de la mise en œuvre des opérations de démantèlement des cuves et de leurs internes en juin 2023. L'Autorité environnementale a rendu son avis sur ce dossier en décembre 2023, qui a ensuite été soumis à une enquête publique au printemps 2024, enquête publique dont l'avis et les conclusions ont été rendus en juin 2024. Il s'agira des deux premiers réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe), représentatifs du parc actuel de réacteurs exploités par EDF, à être démantelés en France. Le démantèlement des réacteurs de Fessenheim constituera donc également un retour d'expérience important pour les autres REP d'EDF (*voir « Panorama régional » en introduction de ce rapport*).

2.1.2 Les réacteurs électronucléaires autres que les réacteurs à eau sous pression

Les réacteurs électronucléaires autres que les REP correspondent tous à des prototypes industriels. Ce sont les réacteurs de première génération de type uranium naturel-graphite-gaz (UNGG), ainsi que le réacteur à eau lourde EL4-D sur le site de Brennilis, et les réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium, Phénix et Superphénix. Le démantèlement de ces réacteurs est caractérisé par l'absence de retour d'expérience en France et à l'international, et par le fait qu'au moment de leur conception, la perspective de leur démantèlement futur n'était pas aussi structurante qu'elle a pu l'être pour les réacteurs de série plus récents. Compte tenu de leur caractère unique, il est donc nécessaire de concevoir et réaliser des opérations spécifiques et complexes pour les démanteler. En outre, certains de ces réacteurs sont arrêtés depuis plusieurs décennies, ce qui a conduit à une perte de connaissance de l'installation et de son exploitation, ainsi que des compétences associées.

Comme pour les REP, le démantèlement commence par le retrait du combustible nucléaire, qui permet de retirer 99 % de la radioactivité présente dans l'installation. Les puissances thermiques de ces réacteurs étant assez élevées (toutes supérieures à 250 mégawatts thermiques – MWth), leur démantèlement nécessite la mise en œuvre de moyens téléopérés dans certaines zones restées fortement irradiantes, en particulier au voisinage du cœur du réacteur.

Les réacteurs UNGG ont la particularité d'être des réacteurs de grandes dimensions et très massifs, nécessitant notamment des techniques de découpe et d'accès innovantes, dans des conditions d'irradiation élevées. Le démantèlement de ces réacteurs conduira EDF à gérer des volumes de déchets significatifs. L'exutoire final de certains de ces déchets est en cours de définition, comme les briques de graphite, représentant environ 15 000 tonnes de déchets qui seront produits, pour lesquelles un stockage adapté devra être défini (*voir chapitre 15, point 1.3.3*).

Le démantèlement du réacteur prototype à eau lourde (EL4-D), situé sur le site de Brennilis a été ralenti, d'une part en raison de l'absence de retour d'expérience concernant les techniques de démantèlement à mettre en œuvre ; d'autre part en raison de difficultés concernant l'installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés (Iceda – *voir « Panorama régional » en introduction de ce rapport*) qui doit prendre en charge certains des déchets de ce démantèlement. Iceda étant désormais en service et le scénario de démantèlement du bâtiment réacteur établi, le démantèlement de l'installation complet de l'installation a commencé fin 2024, et devra s'achever d'ici fin 2041. Ce démantèlement est encadré par le décret n° 2023-898 du 26 septembre 2023.

Le démantèlement des réacteurs refroidis au sodium (Phénix et Superphénix) n'est confronté à aucun obstacle technologique majeur, mais des enjeux spécifiques résident dans la maîtrise du risque incendie lié à la présence de sodium et à la sûreté de ses procédés de traitement. Le traitement du sodium primaire et secondaire de Phénix nécessite la création d'installations de traitement spécifiques, et la gestion pérenne des blocs sodés issus du traitement du sodium de Superphénix reste à définir.

2.2 Les installations de recherche

2.2.1 Les laboratoires de recherche

Quatre laboratoires de recherche sont en cours de démantèlement ou en préparation au démantèlement. Il s'agit du Laboratoire de haute activité (LHA) de Saclay (INB 49), du Laboratoire de purification chimique (LPC) de Cadarache (INB 54), de l'Atelier des matériaux irradiés (AMI) de Chinon (INB 94) et du laboratoire dénommé « Procédé » de Fontenay-aux-Roses (INB 165).

Ces laboratoires ont démarré leur activité dans les années 1960 ; ils étaient dédiés à la recherche réalisée en soutien au développement de la filière électronucléaire en France.

Ces installations très anciennes sont toutes confrontées à la problématique de gestion des déchets dits « historiques », entreposés sur place à une époque où les filières de gestion n'avaient pas été mises en place : déchets nucléaires de moyenne activité à vie longue (MA-VL), déchets sans filière de gestion (par exemple, des huiles et liquides organiques non incinérables, ou des déchets contenant des composés du mercure potentiellement hydrosolubles). Par ailleurs, des incidents ont eu lieu lors de leur exploitation, contribuant à l'émission de substances radioactives à l'intérieur et à l'extérieur des enceintes de confinement et à des pollutions plus ou moins importantes des structures et des sols, ce qui rend les démantèlements et assainissements nécessaires plus complexes et plus longs. Une des étapes les plus importantes – et parfois difficile du fait d'archives incomplètes – du démantèlement de ce type d'installation consiste donc à établir le plus précisément possible l'inventaire des déchets et l'état radiologique de l'installation, pour pouvoir définir les étapes du démantèlement et les filières de gestion des déchets.

2.2.2 Les réacteurs de recherche

À la fin de l'année 2024, huit réacteurs expérimentaux sont en démantèlement ou en préparation au démantèlement : Rapsodie (réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium), Masurca, Éole et Minerve (maquettes critiques), Phébus (réacteur d'essai), Osiris et Orphée (réacteurs de type « piscine ») et Isis (réacteur d'enseignement). Les décrets de démantèlement de l'installation Phébus et de l'installation Éole/Minerve ont été publiés depuis la fin de l'année 2023. Le réacteur d'enseignement Ulysse a quant à lui été déclassé en 2022. Ces réacteurs sont caractérisés par une puissance plus faible (de 100 watts thermiques à 70 MWth) que les réacteurs électronucléaires. Leur démantèlement n'avait pas été anticipé au moment de leur conception, dans les années 1960 à 1980.

Lors du démantèlement, ces installations présentent généralement un faible terme source radiologique, puisque l'une des premières opérations après l'arrêt définitif consiste à évacuer le combustible usé. L'un des principaux enjeux réside dans la production de volumes importants de déchets TFA et dans leur gestion, afin d'assurer leur entreposage puis leur élimination par une filière appropriée.

Les réacteurs de recherche bénéficient d'un retour d'expérience significatif, lié au démantèlement de nombreuses installations similaires en France (Siloé, Siloette, Mélusine, Harmonie, Triton[2], le réacteur universitaire de Strasbourg – RUS, Ulysse) et à l'international. Leur démantèlement se fait habituellement sur des durées de l'ordre de la dizaine d'années, mais la multiplicité d'installations à démanteler simultanément peut conduire à envisager des durées de démantèlement significativement plus longues

2. Triton fut l'un des premiers réacteurs de recherche très compacts et très souples, de type piscine, dénommés « MTR » (Material Test Reactor). *Triton (6,5 MWth) fut implanté en 1959 à Fontenay-aux-Roses.*

pour certains réacteurs du CEA. Après l'assainissement des zones activées ou contaminées, conduisant à l'évacuation de l'ensemble des déchets radioactifs vers des filières adaptées, la majorité de ces réacteurs ont été démolis avec envoi des déchets en filière conventionnelle.

2.3 Les installations de l'amont du « cycle du combustible nucléaire »

Deux installations de l'amont du « cycle du combustible » sont en démantèlement. Elles sont situées sur le site du Tricastin, l'une spécialisée dans l'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse (usine Georges Besse I – INB 93), l'autre dans la conversion de l'uranium (usine ex-Comurhex – INB 105).

Les matières radioactives mises en œuvre lors du fonctionnement de ces usines étaient uniquement des substances uranifères. Une des spécificités de ces installations réside dans la présence de contaminations radioactives liées à la présence d'isotopes de l'uranium, émetteurs de particules « alpha ». Les enjeux de radioprotection sont donc en grande partie liés au risque de contamination interne.

Par ailleurs, ces installations sont également des installations anciennes, dont l'historique de fonctionnement est mal connu. La détermination de l'état initial, et en particulier des pollutions présentes dans les sols sous les structures, demeure donc un enjeu important. De plus, les procédés industriels mis en œuvre à l'époque impliquaient l'utilisation de substances chimiques toxiques en quantités importantes (par exemple, le trifluorure de chlore ou l'acide fluorhydrique, ainsi que l'uranium lui-même) : le confinement de ces substances chimiques représente donc également un enjeu sur ces installations et peut nécessiter la mise en place de moyens dédiés (ventilation, sas de confinement, masques de protection des voies respiratoires, etc.). Des reprises de matières et déchets sont en cours sur l'installation Comurhex (INB 105), visant à les désentreposer d'aires historiques pour retraitement et conditionnement final.

2.4 Les installations de l'aval du « cycle du combustible nucléaire »

Les installations civiles de l'aval du « cycle du combustible » sont constituées des piscines d'entreposage des combustibles usés, des usines de traitement des combustibles usés et des entreposages des déchets du procédé de traitement. Ces installations, exploitées par Orano, sont situées sur le site de La Hague.

La première installation de traitement de La Hague a été mise en service en 1966, initialement pour le traitement du combustible des réacteurs de première génération UNGG. Cette installation, l'INB 33, dénommée « UP2-400 », pour « unité de production 400 tonnes », a été définitivement arrêtée le 1er janvier 2004 avec des ateliers support : la Station de traitement des effluents (STE2) et l'atelier de traitement des combustibles usés (AT1 – INB 38), l'atelier de fabrication de sources radioactives (ELAN IIB – INB 47) et l'atelier « haute activité oxyde » (HAO), créé pour le traitement des combustibles des réacteurs à « eau légère » (INB 80). Certaines de ces installations ont connu des accidents qui ont conduit à une contamination des locaux et de leur environnement proche, comme l'incendie du silo 130 appartenant à l'INB 38 en 1981.

Contrairement aux déchets conditionnés directement en ligne que produisent les usines en fonctionnement UP2-800 et UP3-A, la majeure partie des déchets produits par la première usine de retraitement ont été entreposés sans être traités ni conditionnés. Le démantèlement se fait donc en parallèle des opérations de reprise et de conditionnement des déchets anciens (RCD).

Actuellement, une dizaine de projets de ce type sont en cours dans les ateliers anciens (silos STE2, 115 et 130 dans l'INB 38, silo HAO dans l'INB 80). Ils vont se dérouler sur plusieurs décennies et sont un préalable au démantèlement complet de ces ateliers, alors que le démantèlement des parties de procédé de l'usine se poursuit avec des techniques plus classiques.

2.5 Les installations support (entreposage, traitement des effluents et de déchets radioactifs)

Un bon nombre de ces installations, la plupart mises en service dans les années 1960, dont le niveau de sûreté n'était pas conforme aux meilleures pratiques actuelles, ont été arrêtées.

Les anciennes installations d'entreposage n'ont pas initialement été conçues pour permettre l'évacuation de leurs déchets et, pour certaines, le stockage de ces déchets y était envisagé comme définitif. À titre d'exemples, on peut citer les silos de Saint-Laurent-des-Eaux (INB 74), les fosses, tranchées et hangars de l'INB 56, les puits de l'INB 72 et de l'INB 166. La reprise des déchets y est complexe et s'étendra sur plusieurs décennies. Les déchets doivent être ensuite conditionnés et réentreposés dans de bonnes conditions de sûreté. De nouvelles installations de conditionnement et d'entreposage sont ainsi en projet ou en cours de construction.

Les stations de traitement des effluents (STE) ont quant à elles été arrêtées du fait de leur vieillissement ou de l'arrêt du fonctionnement des installations productrices des effluents destinés à ces stations. À titre d'exemples, on peut citer l'INB 37-B de Cadarache et la station STE2 de l'usine de La Hague (INB 38). Les difficultés associées au démantèlement des STE dépendent étroitement des conditions de l'arrêt de ces dernières, en particulier de leur vidange et du rinçage des cuves.

Le démantèlement de ces installations support soulève de nombreuses problématiques. D'une part, la méconnaissance de l'historique d'exploitation et de l'état de l'installation à démanteler (prise en compte de la corrosion de fûts de déchets ou de la pollution des sols résultant d'événements significatifs survenus lors de l'exploitation, par exemple) nécessite une caractérisation préalable des déchets anciens entreposés et des boues ou dépôts présents dans certaines cuves ou silos. D'autre part, tenant compte des quantités, des formes physico-chimiques, de la radiotoxicité des déchets contenus dans ces installations, l'exploitant doit développer des moyens et des compétences faisant appel à des techniques d'ingénierie complexes (radioprotection, chimie, mécanique, électrochimie, robotique, intelligence artificielle, etc.). En effet, ces déchets sont très irradiants et hétérogènes, étant composés d'éléments de structure issus du traitement de combustibles, de déchets technologiques, de gravats, de terres, de boues. Certains déchets ont été entreposés en vrac, sans tri préalable. Les opérations de reprise nécessitent donc des moyens de préhension téléopérés, des systèmes de convoyage, de tri, des systèmes de pompage des boues et de conditionnement des déchets. Le développement de ces moyens, la réalisation des opérations dans des conditions acceptables de sûreté et de radioprotection, voir la construction de nouvelles installations de RCD, constituent un enjeu majeur pour l'exploitant. Ces opérations pouvant durer plusieurs décennies, la maîtrise du vieillissement des installations est aussi un défi.

36 INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DÉFINITIVEMENT ARRÊTÉES OU EN COURS DE DÉMANTÈLEMENT
AU 31 DÉCEMBRE 2024



BRENNILIS

RÉACTEUR — EDF

INB 162 • EL4-D
- Mise en service : 1967
- En démantèlement

BUGEY

RÉACTEUR — EDF

INB 45 • Bugey 1
- Mise en service : 1972
- En démantèlement

CADARACHE

RÉACTEURS DE RECHERCHE — CEA

INB 25 • Rapsodie
- Mise en service : 1967
- En démantèlement

INB 39 • Masurca
- Mise en service : 1966
- Arrêt définitif

INB 42-U • Éole / Minerve
- Mise en service : 1965 / 1977
- En démantèlement

INB 92 • Phébus
- Mise en service : 1978
- Arrêt définitif

FABRICATION, TRANSFORMATION OU ENTREPOSAGE DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 22 • Pégase-Cascad
- Mise en service : 1964
- Arrêt définitif uniquement pour l'installation Pégase

INB 32 • Atelier de technologie du plutonium – ATPu
- Mise en service : 1962
- En démantèlement

INB 37-B • Station de traitement des effluents – STE
- Mise en service : 2015(*)
- Arrêt définitif

INB 52 • Atelier d'uranium enrichi – ATUe
- Mise en service : 1963
- En démantèlement

INB 53 • Magasin central des matières fissiles – MCMF
- Mise en service : 1966
- Arrêt définitif

INB 54 • Laboratoire de purification chimique – LPC
- Mise en service : 1966
- En démantèlement

INB 56 • Parc d'entreposage
- Mise en service : 1968
- Arrêt définitif

CHINON

UTILISATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES — CEA

INB 94 • Atelier des matériaux irradiés – AMI
- Mise en service : 1964
- En démantèlement

RÉACTEURS

INB 133 – INB 153 – INB 161 • Chinon A1D – A2D – A3D
- Mise en service : 1963 – 1965 – 1966
- A1D et A2D : arrêt définitif
- A3D : en démantèlement

CHOOZ

RÉACTEUR — EDF

INB 163 • Chooz A
- Mise en service : 1967
- En démantèlement

CREYS-MALVILLE

RÉACTEUR — EDF

INB 91 • Superphénix
- Mise en service : 1985
- En démantèlement

FESSENHEIM

RÉACTEURS — EDF

INB 75 • Fessenheim 1 – 2
- Mise en service : 1977
- Arrêt définitif

FONTENAY-AUX-ROSES

INSTALLATION DE RECHERCHE — CEA

INB 165 • Procédé
- Mise en service : 2006(**)
- En démantèlement

INSTALLATION DE TRAITEMENT D'EFFLUENTS ET D'ENTREPOSAGE DE DÉCHETS

INB 166 • Support
- Mise en service : 2006(**)
- En démantèlement

LA HAGUE

TRANSFORMATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES — ORANO RECYCLAGE

INB 33 • Usine de traitement des combustibles irradiés – UP2-400
- Mise en service : 1964
- En démantèlement

INB 38 • Station de traitement des effluents et déchets solides – STE2
- Mise en service : 1964
- En démantèlement

INB 47 • Atelier ELAN IIB
- Mise en service : 1970
- En démantèlement

INB 80 • Atelier haute activité oxyde – HAO
- Mise en service : 1974
- En démantèlement

MARCOULE

RÉACTEUR — CEA

INB 71 • Phénix
- Mise en service : 1973
- En démantèlement

SACLAY

RÉACTEURS DE RECHERCHE — CEA

INB 40 • Osiris-Isis
- Mise en service : 1966
- Arrêt définitif

INB 101 • Orphée
- Mise en service : 1980
- Arrêt définitif

UTILISATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 49 • Laboratoire de haute activité – LHA
- Mise en service : 1954
- En démantèlement

INB 72 • Zone de gestion de déchets solides radioactifs – ZGDS
- Mise en service : 1971
- Arrêt définitif

SAINT-LAURENT-DES-EAUX

RÉACTEURS — EDF

INB 46 • Saint-Laurent A1 – A2
- Mise en service : 1969 / 1971
- En démantèlement

INB 74 • Silos de Saint-Laurent
- Mise en service : 1971
- Arrêt définitif

TRICASTIN

TRANSFORMATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES — ORANO CHIMIE ENRICHISSEMENT

INB 93 • Usine Georges Besse de séparation des isotopes de l'uranium par diffusion
- Mise en service : 1979
- En démantèlement

INB 105 • Usine Comurhex de préparation d'hexafluorure d'uranium
- Mise en service : 1978
- En démantèlement

UTILISATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES — EDF

INB 157 • Base chaude opérationnelle du Tricastin – BCOT
- Mise en service : 2000
- En démantèlement

** Cette date résulte de la séparation de l'INB 37 (mise en service en 1964) en deux INB : 37-A et 37-B.*

*** Cette date résulte de la réunion des anciennes INB mises en service en 1966 et 1968.*

Observatoire des projets de reprise et de conditionnement des déchets et de démantèlement

Compte tenu du grand nombre de leurs installations à l'arrêt définitif ou en cours de démantèlement, le CEA, Orano et EDF doivent mener, en parallèle, différents projets de RCD et de démantèlement.

Certains de ces projets présentent, du fait d'un inventaire radiologique important ou de leur caractère inédit, des difficultés particulières. En effet, leur avancement nécessite parfois de concevoir des procédés spécifiques, qui reposent sur des technologies qui ne sont pas encore éprouvées, ou la mise en place de filières de gestion de déchets radioactifs pour lesquels il n'existe pas encore de solution de stockage définitif.

L'importance de ces projets, et les difficultés particulières qu'ils peuvent présenter, a conduit le CEA et Orano à prioriser ceux qui présentent les enjeux les plus importants, dans une stratégie validée par l'ASN, et à définir les premières étapes nécessaires à leur avancement, sous le contrôle de l'ASN, même lorsque leur terme est très éloigné dans le temps. L'exploitant s'engage alors sur des échéances de réalisation intermédiaire qui ciblent des étapes d'avancée majeure du projet et conditionnent son bon déroulement (identification des chemins critiques et sous-critiques), ainsi que la tenue des délais. Ces jalons, reconnus par l'ASN, sont identifiés sur un horizon d'environ cinq ans, pour garantir la bonne réalisation des opérations dans le délai fixé.

Le tableau ci-après vise à présenter de manière synthétique, pour les principaux projets de démantèlement et de RCD, les prochaines échéances associées et les difficultés rencontrées dans leur mise en œuvre.

CEA Cadarache

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB 22	**Démantèlement de l'installation Pégase**	• Sûreté de la piscine d'entreposage vis-à-vis d'un aléa sismique • Limitation de la dépendance de Cascad en matière de servitudes d'utilité publique	• Reprise et conditionnement des combustibles araldités(*) de l'installation Pégase (prévue à partir de 2025(**)) • Découplage des installations Pégase et Cascad (envisagé de 2030 à 2035)	• La fin du démantèlement est prévue en 2065(**). • L'ASN a autorisé en 2022 le procédé « désentreposage des combustibles araldités de Pégase » (DECAP) permettant le reconditionnement des étuis de combustibles araldités pour leur entreposage dans l'installation Cascad. Le démarrage de ce procédé a débuté en avril 2024. • L'INB 22 est composée de deux installations : l'installation Pégase en démantèlement, l'installation Cascad en fonctionnement. Les travaux de découplage sont prévus à partir de 2030.
INB 37B	**Reprise et conditionnement de l'ensemble des résidus présents dans les cuves de l'installation**	Sûreté des fosses contenant des déchets vis-à-vis d'un aléa sismique et d'un incendie	• Construction d'un nouveau bâtiment et mise en service d'un procédé de reprise entièrement automatisé nécessitant d'importantes opérations préalables (prévu en 2052) • Définition du procédé de conditionnement définitif	Le dossier de démantèlement de l'installation est en cours d'instruction ; celui-ci présente des objectifs de délai très éloignés, au-delà de 2100, pour la fin du démantèlement ; ceux-ci seront examinés avec une vigilance particulière.

* L'araldite est un polyépoxyde formé par la mise en contact d'une résine époxyde et d'un agent polymérisant. Sa présence dans des étuis de combustibles génère un risque de production de gaz, en particulier de l'hydrogène, pouvant provoquer une surpression ou une explosion.
** Échéance telle que présentée dans le dernier dossier soumis à enquête publique, ou échéance prescrite par l'ASN.

CEA Cadarache (suite)

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB 54	**Démantèlement de l'installation cryotraitement en vue de l'assainissement final des structures et des sols**	Sûreté des opérations vis-à-vis du risque de dissémination de matières radioactives	• Démantèlement des caissons procédés du cryotraitement • Caractérisations des terres situées sous l'installation	• La fin du démantèlement était prévue en 2024(*). L'ASN instruit actuellement une demande de modification du décret autorisant le démantèlement de l'INB 54, compte tenu d'un retard sur les opérations de démantèlement. • L'opération de démantèlement de l'installation cryotraitement est prioritaire dans la stratégie « DEM/déchets » du CEA. Elle a débuté en 2021.
INB 56	**Reprise et conditionnement des déchets entreposés dans des tranchées**	Risque d'inondation par remontée de nappes	• Développer des filières de conditionnement pour certains déchets particuliers • Concevoir des moyens de reprise automatisés	Le scénario de reprise des déchets présents dans les tranchées a été transmis à l'ASN début 2024.
	Reprise et conditionnement de l'ensemble des déchets en vrac moyennement irradiants présents dans des fosses anciennes (projet « vrac MI »)	Sûreté des fosses contenant des déchets vis-à-vis d'un aléa sismique	• Construction de nouveaux bâtiments et mise en service de procédés de reprise entièrement automatisés nécessitant d'importantes opérations préalables • Définition des procédés de conditionnement définitif	• L'instruction par l'ASN du dossier de démantèlement est en cours. • Le niveau de maturité du projet « vrac MI » est celui d'un avant-projet détaillé. Le niveau de maturité du projet « ATC » est celui d'un avant-projet sommaire.
	Reprise et conditionnement de l'ensemble des déchets présents sous les hangars (projet « ATC »)	Sûreté des hangars contenant des déchets vis-à-vis d'un aléa sismique		

* Échéance telle que présentée dans le dernier dossier soumis à enquête publique, ou échéance prescrite par l'ASN.

CEA Fontenay-aux-Roses

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB 165	**Conditionnement des déchets MA-VL en fûts PETRUS et caractérisation des déchets issus du démantèlement de l'ensemble PETRUS**	Accès aux terres contaminées sous l'ensemble PETRUS	• Construction de la nouvelle enceinte de transfert et de conditionnement des déchets (ETCB) • Réalisation d'aménagements pour prendre en charge et évacuer les fûts de déchets issus du démantèlement des équipements du bâtiment 18 (EDB)	• La fin du démantèlement était initialement prévue en 2017(*) et 2018(*) respectivement pour les INB 165 et 166. L'ASN instruit actuellement une demande de modification des décrets autorisant le démantèlement des INB 165 et 166, dont certaines échéances sont déjà dépassées. • Compte tenu de nombreuses difficultés techniques et organisationnelles, notamment la connaissance de l'état initial des cellules blindées contenant des déchets anciens, l'échéance de fin de reprise sera reportée de plusieurs décennies.
INB 166	**Reprise des déchets entreposés dans les puits du bâtiment 58 de l'INB 166**	Reprise des déchets pour permettre le démantèlement des installations situées dans une zone fortement urbanisée	Construction du nouvel équipement de mesure et de conditionnement (EMC)	

* Échéance telle que présentée dans le dernier dossier soumis à enquête publique, ou échéance prescrite par l'ASN.

CEA Marcoule

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB 71	**Traitement du sodium**	Risque incendie, pyrophoricité(*), explosion	• Mise en service de l'installation de traitement du sodium secondaire Noah (prévue en 2029(**)) • Évacuation du combustible en cours	• Le traitement du sodium est un préalable au démantèlement de l'installation et permettra de diminuer significativement les risques présentés par celle-ci. • La fin de l'évacuation du combustible sera reportée de quelques années. • La mise à jour en cours de la stratégie de démantèlement de Phénix, visant à prioriser un traitement du sodium, a amené le CEA à déposer fin 2024 une demande de modification du décret de démantèlement de l'installation.

* Propriété de certaines substances dont la température d'auto-inflammation est inférieure à la température ambiante et qui peuvent par conséquent s'enflammer spontanément aux températures ambiantes.
** Échéance telle que présentée dans le dernier dossier soumis à enquête publique, ou échéance prescrite par l'ASN.

CEA Saclay

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB 35	**Vidange des cuves MA3 à MA8 du local 98**	Sûreté des opérations vis-à-vis du risque de dissémination de matières radioactives	Investigations sur l'état physique des cuves et de leur rétention (fin prévue en 2026)	Les investigations doivent également permettre la caractérisation des effluents contenus dans les cuves ; le processus de conditionnement devra quant à lui être fiabilisé. Ces opérations seront encadrées par une prescription de l'ASN.
	Assainissement de la fosse 99		Vidange des fonds de cuves présentes dans la fosse	L'ASN a autorisé en octobre 2022 les opérations de vidange de la cuve 40/4, jugée prioritaire.
	Traitement des boues des cuves MA501 à MA507		Caractérisation des effluents et stratégie d'assainissement à consolider	L'ASN considère la cuve MA507 comme prioritaire.
INB 72	**Reprise et conditionnement de fûts contenant un mélange de déchets et de morceaux de combustibles**		• Construction des équipements de reprise • Adaptation des équipements de reprise quel que soit l'état envisagé des déchets • Mise en service des équipements de reprise (prévue en 2029)	• La fin du démantèlement est prévue en 2059(*). • La mise en service des équipements de reprise était initialement prévue en 2023. Cette échéance a été reportée en 2029 en raison de nombreuses difficultés techniques et organisationnelles. Cette échéance de mise en service nécessite d'être consolidée en raison de la nécessité de reprendre les études déjà réalisées.
	Reprise et conditionnement de l'ensemble des déchets solides, des combustibles, des combustibles irradiés et des sources radioactives	Sûreté des entreposages vis-à-vis du confinement et d'un aléa sismique	Désentreposage et vidange de la piscine (fin prévue en 2024(*))	• Les opérations d'évacuation sont en cours. Compte tenu de nombreuses difficultés techniques et organisationnelles, les échéances initiales ont été reportées de plusieurs années. • Les opérations de désentreposage des massifs 108 et 116 ont été achevées en 2022. • Le désentreposage des combustibles usés présents dans la piscine s'est achevé en 2024.
			Zone des 40 puits – Désentreposage des déchets irradiants (fin prévue en 2030(*))	
			Désentreposage des massifs 108 et 116 (fin prévue en 2023(*))	
			Désentreposage des sources du bâtiment 116 (fin prévue en 2025(*))	

* Échéance telle que présentée dans le dernier dossier soumis à enquête publique, ou échéance prescrite par l'ASN.

EDF

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB Chinon A2	**Démantèlement du caisson du réacteur**	Projet « pilote » pour le démantèlement des autres réacteurs UNGG	• Ouverture du caisson et mise en place de la plateforme de démantèlement • Démantèlement de l'empilement graphite	• L'évacuation du combustible de l'installation a permis d'en diminuer significativement les risques. L'installation a en outre été déjà partiellement démantelée. • L'ASN se positionnera sur les délais présentés par EDF pour le démantèlement de ses réacteurs UNGG dans le cadre de l'instruction des dossiers de démantèlement remis fin 2022.
INB 74	**Reprise et conditionnement des chemises de graphite**	Construction d'un nouvel entreposage répondant aux normes de sûreté actuelles	Construction du nouveau bâtiment d'entreposage et des équipements de reprise et de conditionnement	L'ASN se positionnera sur la sûreté du projet de nouvel entreposage dans le cadre de l'instruction du dossier de démantèlement remis en 2022.

Orano La Hague

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB 33	**Démantèlement de l'atelier « Haute activité dissolution extraction » (HADE)**	Sûreté à court terme vis-à-vis du séisme	Mise en service actif du bâtiment dénommé « déchets de faible granulométrie » (DFG) pour la reprise des déchets du dégainage (prévue en 2028)	• Bon déroulement de la construction du bâtiment DFG en 2024. • La fin du démantèlement est prévue en 2046(*). • La priorité du démantèlement de cette installation est donnée à la reprise au plus vite des déchets historiques, qui présentent un enjeu prépondérant pour la sûreté compte tenu de l'inventaire radiologique élevé et des fragilités de leurs conditions actuelles d'entreposage. • Les opérations de rinçage et de traitement d'effluents des cuves des solvants de l'atelier HAPF pourraient être décalées jusque vers 2035 en cas de difficulté technique.
	Démantèlement de l'atelier « Haute activité produit de fission » (HAPF)		Opérations de rinçage et de traitement d'effluents des cuves des solvants de l'atelier HAPF (prévues avant fin 2031)	
	Démantèlement de l'atelier « Moyenne activité plutonium » (MAPu)	Sûreté à court terme vis-à-vis du séisme des ateliers environnants	Déconstruction des étages supérieurs pour limiter les risques d'agression vis-à-vis des ateliers en fonctionnement (prévue avant fin 2028)	

* Échéance telle que présentée dans le dernier dossier soumis à enquête publique, ou échéance prescrite par l'ASN.

Orano La Hague

	OPÉRATION ET DESCRIPTION	ENJEU	PROCHAINES ÉTAPES CLÉS	OBSERVATIONS DE L'ASN
INB 38	**Reprise et conditionnement des déchets du silo 130**	• Sûreté à court terme du silo vis-à-vis du confinement et d'un aléa sismique • Conditionnement dans des délais compatibles avec la mise en service de l'installation Cigéo de stockage en couche géologique profonde	• Fin de reprise des déchets solides UNGG (déchets MA-VL) • Fin de reprise des effluents actifs et boues • Fin de conditionnement des déchets MA-VL	• La fin du démantèlement est prévue en 2043(*). • À ce jour, la reprise de l'ensemble des déchets du silo 130 est prévue fin 2025(*). • Néanmoins, les échéances de fin de reprise sont reportées de quelques années. En effet, la reprise a débuté en février 2020, des dysfonctionnements techniques ont nécessité des aménagements techniques et un passage en 3x8 des équipes d'exploitation afin de garantir l'échéance de reprise à fin 2030. • Le scénario de reprise des boues et effluents est déterminé. Les études se poursuivent pour permettre la reprise des effluents avec la reprise des déchets solides UNGG MA-VL. • Le conditionnement en colis définitif répondant aux critères d'acceptation dans une installation de stockage en couche géologique profonde est reporté de plusieurs dizaines d'années(**).
	Reprise et conditionnement des boues entreposées dans des silos de la Station de traitement des effluents n°2 – STE2 (projet « Reprise et conditionnement des boues » – RCB)	Sûreté des silos vis-à-vis du confinement et d'un aléa sismique	• Construction et mise en service d'un nouvel entreposage • Développement des équipements de reprise des boues et de leur transfert dans le nouvel entreposage • Définition du procédé de conditionnement définitif des boues	• La fin du conditionnement des boues des silos est prévue pour fin 2030(*)/(**) (conformément à l'article L.542-1-3 du code de l'environnement). • La nouvelle stratégie de reprise et de gestion des boues a été révisée en 2022 et validée en avril 2023. Orano s'est engagé à construire de nouveaux silos pour garantir les conditions d'entreposage des boues. Le début de la reprise des boues est reporté à l'horizon 2037. • Les échéances de début et de fin de reprise sont donc reportées significativement. • Le conditionnement en colis définitif acceptable dans une installation de stockage en couche géologique profonde sera reporté de plusieurs dizaines d'années(**).
INB 80	**Reprise et conditionnement des déchets du silo « Haute activité oxyde » (HAO) et des piscines du Stockage organisé des coques (SOC)**	• Sûreté du silo vis-à-vis du confinement, de l'aléa sismique ou de la tenue à une chute d'avion • Conditionnement dans des délais compatibles avec la mise en service de l'installation Cigéo en couche géologique profonde	• Mise en service de la cellule de reprise des déchets solides MA-VL et des effluents actifs • Fin du conditionnement des déchets (prévue avant fin 2022(*))	• Compte tenu de difficultés liées à l'exploitation et à la maintenance du procédé envisagée, le scénario de reprise a été actualisé en 2021. • L'ASN a autorisé la mise en service actif des équipements. • Les premiers essais sont prévus dans les prochaines années. • L'échéance de début de reprise est désormais reportée à 2029. Ce report d'échéance a été présenté à la CLI par Orano et a fait l'objet d'une déclaration d'écart. • L'échéance de fin du conditionnement est reportée significativement.
	Déconstruction partielle du bâtiment filtration en fin de démantèlement	Réduction des interactions avec les piscines de l'atelier de déchargement et d'entreposage des éléments combustibles usés (NPH), en cas de séisme	• Déconstruction des étages supérieurs du bâtiment filtration • Assainissement des « cellules 900 »	• La fin de déconstruction des étages supérieurs du bâtiment filtration est prévue avant fin 2031. • La fin du démantèlement de l'INB 80 est prévue en 2033(*). • L'ASN instruit actuellement une demande de modification du décret autorisant le démantèlement de l'INB 80 afin de prendre en compte l'évolution du scénario, ainsi que les décalages associés aux opérations de démantèlement et de RCD. • L'assainissement des « cellules 900 » est envisagé autour de 2050 ; ces échéances doivent toutefois encore faire l'objet de dossiers complémentaires attendus dans les prochaines années.

* Échéance telle que présentée dans le dernier dossier soumis à enquête publique, ou échéance prescrite par l'ASN.
** Compte tenu de la complexité des opérations, une modification de l'article L. 542-1-3 du code de l'environnement sera nécessaire.

3 — Les actions de l'ASN dans le champ des installations en démantèlement : une approche graduée

3.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

L'ASN assure le contrôle des installations en démantèlement, comme elle le fait pour les installations en fonctionnement. En particulier, le régime des INB s'applique également aux installations arrêtées définitivement. L'ASN met en œuvre une approche proportionnée à l'importance des risques ou inconvénients présentés par l'installation.

Les enjeux associés aux installations en démantèlement diffèrent de ceux en fonctionnement. Par exemple, les risques de rejets importants hors du site diminuent avec l'avancement des opérations de démantèlement, car la quantité de substances radioactives décroît. Aussi, les exigences liées à la maîtrise des risques et des impacts sont proportionnées aux enjeux portés par ces installations. L'ASN considère ainsi qu'il n'est généralement pas opportun d'engager des travaux de renforcement significatifs sur une installation en démantèlement, à condition que les opérations de démantèlement conduisent, dans des délais courts, à la réduction des sources de danger.

3.2 Les réexamens périodiques des installations en démantèlement

Compte tenu de la diversité des installations et des situations concernées, chaque réexamen nécessite la mise en œuvre d'une méthode d'instruction adaptée. Certaines installations en démantèlement méritent une attention particulière au regard des risques qu'elles présentent ; elles peuvent faire l'objet d'un examen par le GPDEM. D'autres installations, présentant moins d'enjeux, font seulement l'objet d'inspections et d'instructions dont l'ampleur est adaptée. Ces inspections permettent de contrôler les moyens mis en œuvre par l'exploitant pour mener son réexamen, ainsi que le suivi du plan d'action résultant de ses conclusions. Elles ont fait l'objet de différentes demandes d'actions correctives et de compléments.

3.3 Le financement du démantèlement : avis de l'ASN sur les rapports triennaux

Le cadre réglementaire de la sécurisation des fonds nécessaires à la gestion des charges de long terme pour le démantèlement et la gestion des déchets est présenté au point 1.4.

L'ASN a instruit en 2022 les rapports triennaux remis par les exploitants, portant sur les comptes clôturés fin 2021. Elle a publié l'avis n° CODEP-CLG-2022-061286 du 14 décembre 2022 et transmis ses observations au ministère chargé de l'énergie. Les prochains rapports triennaux seront remis en 2025.

De manière générale, l'ASN relève que le périmètre d'évaluation des charges pris en compte dans la majorité de ces rapports doit être complété, car il ne prend pas en compte certaines opérations susceptibles de présenter de forts enjeux financiers, notamment les opérations préparatoires au démantèlement.

De plus, l'ASN estime que les états initiaux des sites au début de leur démantèlement doivent être décrits plus précisément, en tenant compte des éventuelles pollutions présentes dans les sols et dans les structures, et en évaluant les coûts d'assainissement associés. En effet, les hypothèses relatives à l'état initial des sites ne sont globalement pas assez robustes, alors qu'il est fondamental d'avoir une bonne connaissance de l'état des sites afin de pouvoir évaluer, de manière prudente, les charges de démantèlement.

Enfin, l'ASN souligne que les hypothèses retenues pour l'évaluation des coûts complets doivent être réévaluées, afin d'être raisonnablement prudentes pour ce qui concerne la planification des projets et des programmes de démantèlement, en tenant compte des risques liés à l'indisponibilité des installations d'entreposage, de traitement et de stockage.

4 — L'évaluation des stratégies de démantèlement des exploitants

Dans un contexte où de nombreuses installations sont arrêtées depuis plusieurs décennies, avec une perte de la connaissance des installations, des structures vieillissantes et parfois une quantité importante de déchets encore présente, le bon avancement des opérations de démantèlement est un enjeu majeur pour la sûreté de ces installations. Or, l'ASN a constaté que la plupart de ces opérations prenaient des retards importants. L'ASN demande donc régulièrement au CEA, à EDF et à Orano de présenter leur stratégie d'ensemble de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs, ce qui permet de disposer d'une vision globale des projets de démantèlement et des filières de gestion nécessaires à l'évacuation des déchets radioactifs produits pendant les opérations de démantèlement.

En ce qui concerne le démantèlement, les exploitants doivent justifier, principalement par des analyses de sûreté, les niveaux de priorité affectés aux différentes opérations prévues. Cette hiérarchisation permet de contrôler que les moyens les plus importants seront consacrés aux opérations à plus fort enjeu, même si certains projets connaissent des retards significatifs.

En ce qui concerne la gestion des déchets radioactifs, l'ASN vérifie la cohérence des actions envisagées avec le cadre réglementaire et les orientations du PNGMDR. L'évaluation des stratégies de gestion des déchets radioactifs est présentée au chapitre 15.

4.1 L'évaluation de la stratégie d'EDF

Le premier dossier relatif à la stratégie de démantèlement des réacteurs définitivement à l'arrêt d'EDF (Chinon A1, A2, A3, Saint-Laurent A1 et A2, Bugey 1, EL4-D, Chooz A et Superphénix) a été transmis en 2001 à la demande de l'ASN. Le démantèlement immédiat avait été retenu comme stratégie de référence. Cette stratégie a été régulièrement mise à jour, afin d'ajuster le calendrier de démantèlement ou encore d'y intégrer les études complémentaires demandées par l'ASN et des éléments relatifs au démantèlement futur du parc de réacteurs en fonctionnement.

Pour les six réacteurs de première génération de type UNGG (Chinon A1, A2 et A3, Saint-Laurent A1 et A2, et Bugey 1), EDF a annoncé à l'ASN, en mars 2016, un changement complet de stratégie remettant en cause la principale technique retenue (démantèlement « sous eau ») et le cadencement des démantèlements, conduisant ainsi à retarder le démantèlement de l'ensemble des réacteurs UNGG de plusieurs décennies. L'ASN se prononcera sur les délais de démantèlement présentés par EDF dans les dossiers de démantèlement qui ont été remis fin 2022 (en cours d'instruction et soumis à expertise), qui pourront également être revus s'il apparaît dans les décennies à venir que des optimisations de ce scénario sont possibles compte tenu du retour d'expérience acquis. Cette stratégie de démantèlement des réacteurs UNGG est encadrée par deux décisions (décision n° 2020-DC-0686 et décision n° CODEP-CLG-2020-021253 du président de l'ASN du 3 mars 2020).

Ces décisions fixent les prochaines étapes nécessaires au changement de stratégie de démantèlement, notamment la définition d'une stratégie robuste de gestion des déchets de graphite indépendante de la disponibilité des exutoires de stockage, les opérations de démantèlement à poursuivre au cours des prochaines années et les informations à transmettre à l'ASN pour contrôler la mise en œuvre effective de la stratégie.

L'ASN considère qu'il est pertinent qu'EDF s'appuie sur le démonstrateur industriel graphite (mis en service en 2022 à Chinon) avant le démantèlement des caissons des réacteurs, mais qu'il convient néanmoins que le démantèlement des différents réacteurs soit engagé dans des délais raisonnables au regard de l'obligation de démantèlement dans des délais aussi courts que possible.

Concernant les autres installations d'EDF arrêtées (notamment Chooz A, l'AMI de Chinon, EL4-D, Superphénix), leurs démantèlements sont en cours et se déroulent globalement conformément à l'objectif d'un délai aussi court que possible.

4.2 L'évaluation de la stratégie d'Orano

Le démantèlement d'installations anciennes constitue un enjeu majeur pour Orano, qui doit mener plusieurs projets de démantèlement de grande envergure sur des échelles de temps variables (usine UP2-400 de La Hague, usine Eurodif Production, usine Comurhex, installations individuelles de l'INBS de Pierrelatte, etc.).

La mise en œuvre du démantèlement est étroitement liée à la stratégie de gestion des déchets radioactifs anciens, compte tenu de la quantité et du caractère non standard et difficilement caractérisable des déchets produits lors des opérations antérieures d'exploitation, ainsi que les opérations actuelles de démantèlement.

Par ailleurs, Orano doit réaliser, dans des installations anciennes d'entreposage de déchets, des opérations particulières de RCD. Des échéances de réalisation ont été prescrites par l'ASN, en particulier pour le site de La Hague. La réalisation de ces opérations de RCD conditionne la progression du démantèlement de l'usine UP2-400, la RCD figurant parmi les premières étapes du démantèlement de l'usine. Les chantiers de RCD revêtent une importance particulière, compte tenu de l'inventaire important de substances radioactives présentes et du caractère ancien des installations les entreposant, qui ne répondent généralement plus aux normes de sûreté actuelles.

Les projets de RCD se caractérisent, de plus, par une complexité importante, du fait des interactions avec les usines en fonctionnement sur le site. À la suite de difficultés constatées lors des instructions de dossiers relatifs aux opérations de RCD et de démantèlement du site d'Orano La Hague et des retards dans la réalisation des opérations par rapport aux échéances prescrites, l'ASN et Orano ont convenu de mettre en place un suivi régulier afin d'anticiper et traiter d'éventuelles situations de blocage et d'identifier les actions à mettre en place de façon pragmatique pour réaliser les opérations de RCD et de démantèlement dans les meilleurs délais.

Orano a transmis en juin 2016, à la demande de l'ASN et de l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND), sa stratégie de démantèlement et de gestion des déchets. Le dossier comprend également la déclinaison de cette stratégie sur les sites de La Hague et du Tricastin. Dans sa lettre de position du 14 février 2022, l'ASN a souligné les progrès faits par l'exploitant dans l'appropriation des objectifs de démantèlement priorisés suivant les enjeux des INB et les phases du démantèlement, et le suivi par la gouvernance d'Orano des projets complexes de RCD et de démantèlement. Cette stratégie a fait l'objet de deux inspections de l'ASN en 2024. Toutefois, l'ASN considère qu'Orano devrait poursuivre l'amélioration de sa connaissance de l'état actuel des installations et notamment des sols en vue de leur assainissement futur, et progresser dans la fiabilisation industrielle des procédés de reprise des déchets.

L'ASN considère que la méthodologie de calcul des marges du planning mise en place par Orano est de nature à garantir une meilleure maîtrise des délais des différents projets de RCD et de démantèlement. Orano a notamment mis à jour en 2024 les dates prévisionnelles de fin de démantèlement des INB de l'usine UP2-400.

4.3 L'évaluation de la stratégie du CEA

Compte tenu du nombre et de la complexité des opérations à réaliser pour l'ensemble des installations nucléaires concernées, le CEA vise, en priorité, à réduire « l'inventaire dispersable » actuellement très important dans certaines installations, en particulier dans certaines installations individuelles de l'INBS de Marcoule, ainsi que dans les INB 56 et 72.

Dans leur lettre de position du 27 mai 2019, l'ASN et l'ASND ont considéré qu'il était acceptable, compte tenu des moyens alloués par l'État et du nombre important d'installations en démantèlement pour lesquelles des capacités de reprise de déchets anciens, ainsi que d'entreposage devront être construites, que le CEA prévoie un échelonnement des opérations de démantèlement et que la priorité soit accordée aux installations aux plus forts enjeux de sûreté. L'ASN constate cependant des dérives très significatives dans les calendriers de RCD présentés par le CEA, en particulier des reports d'échéance concernant la gestion des déchets, y compris pour des opérations considérées comme prioritaires. Certaines d'entre elles se voient en effet reconsidérées en profondeur à la suite d'impasses rencontrées dans la mise en œuvre des opérations initialement envisagées, ou de la découverte tardive d'un état de l'installation non conforme à l'attendu. L'ASN et le CEA ont mis en place un suivi régulier de ces opérations, notamment au travers d'indicateurs d'avancement.

L'ASN constate par ailleurs que les stratégies de démantèlement et de gestion des matières et de déchets du CEA présentent des vulnérabilités croisées relatives en particulier à la disponibilité d'installations support, souvent uniques mais nécessaires à la mise en œuvre de nombreux projets. Les stratégies du CEA s'appuient en effet sur la mutualisation des moyens entre ses centres et reposent sur l'utilisation d'installations qui sont pour certaines à l'état de projet, en phase de mise en service ou en cours de rénovation. La plupart sont uniques et sans alternative opérationnelle évidente en cas de défaillance. L'ensemble de ces éléments constitue des points de fragilité de la stratégie du CEA.

Annexe

Liste des installations nucléaires de base en cours de démantèlement ou déclassées au 31 décembre 2024

INSTALLATION LOCALISATION	N° INB	TYPE D'INSTALLATION	MISE EN SERVICE	ARRÊT DÉFINITIF	DERNIERS ACTES RÉGLEMENTAIRES	ÉTAT ACTUEL
Néréide (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 10)	Réacteur (500 kWth)	1960	1981	1987 : retiré de la liste des INB	Démantelé
Triton (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 10)	Réacteur (6,5 MWth)	1959	1982	1987 : retiré de la liste des INB et classé en ICPE	Démantelé
ZOÉ (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 11)	Réacteur (250 kWth)	1948	1975	1978 : retiré de la liste des INB et classé en ICPE	Confiné (musée)
Minerve (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 12)	Réacteur (0,1 kWth)	1959	1976	1977 : retiré de la liste des INB	Démonté à Fontenay-aux-Roses et remonté à Cadarache
EL2 (Saclay)	(ex-INB 13)	Réacteur (2,8 MWth)	1952	1965	Retiré de la liste des INB	Partiellement démantelé, parties restantes confinées
EL3 (Saclay)	(ex-INB 14)	Réacteur (18 MWth)	1957	1979	1988 : retiré de la liste des INB et classé en ICPE	Partiellement démantelé, parties restantes confinées
Ulysse (Saclay)	(ex-INB 18)	Réacteur (100 kWth)	1967	2007	2022 : Retiré de la liste des INB	Démantelé
Mélusine (Grenoble)	(ex-INB 19)	Réacteur (8 MWth)	1958	1988	2011 : retiré de la liste des INB	Démantelé
Siloé (Grenoble)	(ex-INB 20)	Réacteur (35 MWth)	1963	2005	2015 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
Siloette (Grenoble)	(ex-INB 21)	Réacteur (100 kWth)	1964	2002	2007 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
Peggy (Cadarache)	(ex-INB 23)	Réacteur (1 kWth)	1961	1975	1976 : retiré de la liste des INB	Démantelé
César (Cadarache)	(ex-INB 26)	Réacteur (10 kWth)	1964	1974	1978 : retiré de la liste des INB	Démantelé
Marius (Cadarache)	(ex-INB 27)	Réacteur (0,4 kWth)	1960 à Marcoule, 1964 à Cadarache	1983	1987 : retiré de la liste des INB	Démantelé
Ancienne usine Le Bouchet (Vert-le-Petit)	(ex-INB 30)	Traitement de minerais	1953	1970	Retiré de la liste des INB	Démantelé
Ancienne usine de traitement de minerais (Gueugnon)	(ex-INB 31)	Traitement de minerais	1965	1980	Retiré de la liste des INB	Démantelé
STED (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 34)	Traitement des déchets solides et liquides	Avant 1964	2006	2006 : retiré de la liste des INB	Intégré à l'INB 166
STED et Unité d'entreposage de déchets de haute activité (Grenoble)	(ex-INB 36 et 79)	Station de traitement de déchets et entreposage de déchets	1964/ 1972	2008	2023 : retiré de la liste des INB	Démantelé
STED (Cadarache)	(ex-INB 37)	Transformation de substances radioactives	1964	2015	2015 : retiré de la liste des INB	Intégré aux INB 37-A et 37-B
Harmonie (Cadarache)	(ex-INB 41)	Réacteur (1 kWth)	1965	1996	2009 : retiré de la liste des INB	Destruction du bâtiment, servitudes d'utilité publique
ALI (Saclay)	(ex-INB 43)	Accélérateur	1958	1996	2006 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
Réacteur universitaire Strasbourg	(ex-INB 44)	Réacteur (100 kWth)	1967	1997	2012 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
Saturne (Saclay)	(ex-INB 48)	Accélérateur	1966	1997	2005 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
Attila(**) (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 57)	Pilote de retraitement	1968	1975	2006 : retiré de la liste des INB	Intégré à l'INB 165
LCPu (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 57)	Laboratoire de chimie du plutonium	1966	1995	2006 : retiré de la liste des INB	Intégré à l'INB 165
BAT 19 (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 58)	Métallurgie du plutonium	1968	1984	1984 : retiré de la liste des INB	Démantelé
RM2 (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 59)	Radio-métallurgie	1968	1982	2006 : retiré de la liste des INB	Intégré à l'INB 165
LCAC (Grenoble)	(ex-INB 60)	Analyse de combustibles	1975	1984	1997 : retiré de la liste des INB	Démantelé
LAMA (Grenoble)	(ex-INB 61)	Laboratoire	1968	2002	2017 : retiré de la liste des INB	Démantelé
SICN (Veurey-Voroize)	(ex-INB 65 et 90)	Usine de fabrication de combustibles	1963	2000	2019 : retiré de la liste des INB	Bâtiments déconstruits, servitudes d'utilité publique

INSTALLATION LOCALISATION	N° INB	TYPE D'INSTALLATION	MISE EN SERVICE	ARRÊT DÉFINITIF	DERNIERS ACTES RÉGLEMENTAIRES	ÉTAT ACTUEL
STEDs (Fontenay-aux-Roses)	(ex-INB 73)	Entreposage de décroissance de déchets radioactifs	1971	2006	2006 : retiré de la liste des INB	Intégré à l'INB 166
ARAC (Saclay)	(ex-INB 81)	Fabrication d'assemblages combustibles	1981	1995	1999 : retiré de la liste des INB	Démantelé
LURE (Bures-sur-Yvette)	(ex-INB 106)	Accélérateurs de particules	de 1956 à 1987	2008	2015 : retiré de la liste des INB	Démantelé-SUP(***)
IRCA (Cadarache)	(ex-INB 121)	Irradiateur	1983	1996	2006 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
FBFC (Pierrelatte)	(ex-INB 131)	Fabrication de combustible	1990	1998	2003 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
Magasin d'uranium (Miramas)	(ex-INB 134)	Magasin de matières uranifères	1964	2004	2007 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
SNCS (Osmanville)	(ex-INB 152)	Ionisateur	1983	1995	2002 : retiré de la liste des INB	Démantelé-RUCPE(*)
Pégase (Cadarache)	22	Réacteur et entreposage de substances radioactives	1964	2017	–	Préparation au démantèlement
Rapsodie (Cadarache)	25	Réacteur (40 MWth)	1967	1983	2021 : décret de démantèlement partiel	En cours de démantèlement
ATPu (Cadarache)	32	Usine de fabrication de combustible	1962	2003	2009 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
Usine de traitement des combustibles irradiés – UP2-400 (La Hague)	33	Transformation de substances radioactives	1964	2004	2022 : décret de démantèlement partiel	En cours de démantèlement
STE (Cadarache)	37-B	Station de traitement des effluents (partie non pérenne de l'ex-INB 37)	2015	2016	–	Préparation au démantèlement
STE2 (La Hague)	38	Station de traitement d'effluents	1964	2004	2022 : décret de démantèlement partiel	En cours de démantèlement
Masurca (Cadarache)	39	Réacteur (5 kWth)	1966	2018	–	Préparation au démantèlement
Osiris-Isis (Saclay)	40	Réacteur (70 MWth)	1966	2015	–	Préparation au démantèlement
Éole / Minerve (Cadarache)	42-U	Réacteur (1 kWth) et Réacteur (100 Wth)	1965 et 1977	2017	2023 : décret de démantèlement et de réunion des deux INB (Éole et Minerve)	En cours de démantèlement
Bugey 1 (Saint-Vulbas)	45	Réacteur (1 920 MWth)	1972	1994	2008 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
St-Laurent-des-Eaux A1 (St-Laurent-Nouan)	46	Réacteur (1 662 MWth)	1969	1990	2010 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
St-Laurent-des-Eaux A2 (St-Laurent-Nouan)	46	Réacteur (1 801 MWth)	1971	1992	2010 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
ELAN IIB (La Hague)	47	Fabrication de sources de césium-137	1970	1973	2013 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
LHA (Saclay)	49	Laboratoire	1960	1996	2008 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
ATUe (Cadarache)	52	Traitement d'uranium	1963	1997	2021 : décret modifiant le décret de démantèlement de 2006	En cours de démantèlement
MCMF (Cadarache)	53	Entreposage de substances radioactives	1968	2017	2024 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
LPC (Cadarache)	54	Laboratoire	1966	2003	2009 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
Parc d'entreposage	56	Entreposage de substances radioactives	1968	2023	–	Préparation au démantèlement
Phénix (Marcoule)	71	Réacteur (536 MWth)	1973	2009	2016 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
ZGDS (Saclay)	72	Transformation de substances radioactives	1971	2022	2022 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement

INSTALLATION LOCALISATION	N° INB	TYPE D'INSTALLATION	MISE EN SERVICE	ARRÊT DÉFINITIF	DERNIERS ACTES RÉGLEMENTAIRES	ÉTAT ACTUEL
Silos de Saint-Laurent (St-Laurent-Nouan)	74	Entreposage de déchets radioactifs	1971	2022	–	Préparation au démantèlement
Centrale nucléaire de Fessenheim (Fessenheim)	75	Réacteurs (2 660 MWth chacun)	1977	2020	–	Préparation au démantèlement
Atelier HAO (La Hague)	80	Transformation de substances radioactives	1974	2004	2009 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
Superphénix (Creys-Malville)	91	Réacteur (3 000 MWth)	1985	1997	2009 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
Phébus (Cadarache)	92	Réacteur (40 MWth)	1978	2017	2024 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
Eurodif (Pierrelatte)	93	Transformation de substances radioactives	1979	2012	2020 : décret de démantèlement partiel	En cours de démantèlement partiel
AMI (Chinon)	94	Utilisation de substances radioactives	1964	2015	2020 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
Orphée (Saclay)	101	Réacteur (14 MWth)	1980	2019	–	Préparation au démantèlement
Comurhex (Tricastin)	105	Usine de transformation chimique de l'uranium	1979	2009	2019 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
Chinon A1 D – ex-Chinon A1 (Avoine)	133 (ex-INB 5)	Réacteur (300 MWth)	1963	1973	1982 : décret de confinement de Chinon A1 et de création de l'INB d'entreposage Chinon A1 D	Partiellement démantelé, modifié en INB d'entreposage des déchets laissés en place. Préparation au démantèlement complet
Chinon A2 D – ex-Chinon A2 (Avoine)	153 (ex-INB 6)	Réacteur (865 MWth)	1965	1985	1991 : décret de démantèlement partiel de Chinon A2 et de création de l'INB d'entreposage Chinon A2 D	Partiellement démantelé, modifié en INB d'entreposage des déchets laissés en place. Préparation au démantèlement complet
Chinon A3 D – ex-Chinon A3 (Avoine)	161 (ex- INB 7)	Réacteur (1 360 MWth)	1966	1990	2010 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
EL4-D – ex-EL4 (Brennilis)	162 (ex-INB 28)	Réacteur (250 MWth)	1966	1985	1996 : décret de démantèlement et de création de l'INB d'entreposage EL4-D 2006 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement 2007 : décision du Conseil d'État annulant le décret de 2006 2011 : décret de démantèlement partiel 2023 : décret de démantèlement complet	En cours de démantèlement
Centrale nucléaire des Ardennes – ex-Chooz A (Chooz)	163 (ex-INB 1, 2, 3)	Réacteur (1 040 MWth)	1967	1991	2007 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
Procédé (Fontenay-aux-Roses)	165	Regroupement des anciennes installations (INB 57 et 59) de recherche concernant les procédés de retraitement	2006	2006	2006 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement
Base chaude opérationnelle du Tricastin (Tricastin)	157	Laboratoire	2000	2020	2023 : décret de démantèlement	En cours de démantèlement
Support (Fontenay-aux-Roses)	166	Regroupement des anciennes installations (INB 34 et 73) de conditionnement et traitement des déchets et des effluents	2006	2006	2006 : décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement	En cours de démantèlement

* Restriction d'usage conventionnelle au profit de l'État.
** Attila : pilote de retraitement situé dans une cellule de l'INB 57.
*** Servitude d'utilité publique.

15

Les déchets radioactifs et les sites et sols pollués

Sommaire

1 Les déchets radioactifs p. 383

1.1 La gestion des déchets radioactifs (à l'exception des résidus et stériles miniers)

1.1.1 La gestion des déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base
1.1.2 La gestion des déchets du nucléaire de proximité, issus des activités encadrées par le code de la santé publique
1.1.3 La gestion des déchets contenant de la radioactivité naturelle

1.2 Le cadre juridique de la gestion des déchets radioactifs

1.2.1 Le cadre juridique de la gestion des déchets radioactifs produits dans les installations nucléaires de base
1.2.2 Le cadre juridique de la gestion des déchets radioactifs produits par les activités encadrées par le code de la santé publique
1.2.3 L'inventaire national des matières et déchets radioactifs
1.2.4 Le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs

1.3 La gestion à long terme des déchets, installations de stockage existantes ou en projet

1.3.1 Les déchets de très faible activité
1.3.2 Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte
1.3.3 Les déchets de faible activité à vie longue
1.3.4 Les déchets de haute et de moyenne activité à vie longue

2 La sûreté nucléaire des installations associées à la gestion des déchets, le rôle de l'ASN et les stratégies de gestion des déchets des grands exploitants nucléaires p. 393

2.1 Les modalités de gestion des déchets radioactifs et leur contrôle par l'ASN

2.1.1 L'approche graduée
2.1.2 Les installations supports à la gestion des déchets radioactifs
2.1.3 Le contrôle du conditionnement des colis
2.1.4 L'élaboration du cadre réglementaire et des prescriptions aux exploitants
2.1.5 L'évaluation des charges financières nucléaires

2.2 Les réexamens périodiques des installations de gestion des déchets radioactifs

2.2.1 Les réexamens des installations supports à la gestion des déchets radioactifs
2.2.2 Les réexamens des installations de stockage des déchets radioactifs

2.3 La stratégie de gestion des déchets du CEA et l'appréciation de l'ASN

2.4 La stratégie de gestion des déchets d'Orano et l'appréciation de l'ASN

2.5 La stratégie de gestion des déchets d'EDF et l'appréciation de l'ASN

3 La gestion des résidus de traitement et des stériles miniers issus des anciennes mines d'uranium p. 397

4 La gestion des sites et sols pollués par des substances radioactives p. 398



Ce chapitre présente le rôle et les actions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en matière de gestion des déchets radioactifs et de gestion des sites et sols pollués par des substances radioactives. Il décrit, en particulier, les actions menées pour définir et fixer les grandes orientations de la gestion des déchets radioactifs. Selon le code de l'environnement, les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée, ou qui ont été requalifiées comme telles par le ministre chargé de l'énergie. Ils proviennent des activités mettant en œuvre des substances radioactives artificielles ou naturelles (installations nucléaires, domaine médical ou de la recherche, sites et sols pollués, etc.).

L'ASN est compétente pour la gestion des sites et sols pollués en lien avec les installations nucléaires de base (INB). Pour les autres situations de pollution radiologique, l'ASN peut émettre, à la demande des autorités compétentes, un avis quant à leurs modalités de gestion. Elle s'assure notamment que les déchets générés par les opérations d'assainissement de ces sites sont orientés vers des filières de gestion adaptées.

En mars 2024, l'ASN a saisi le Groupe permanent d'experts pour les déchets (GPD) afin qu'il expertise, avec l'appui de membres des Groupes permanents d'experts pour les laboratoires et les usines (GPU) et pour la radioprotection des travailleurs, du public, des patients et de l'environnement (GPRP), le dossier de demande d'autorisation de création de l'installation de stockage réversible en couche géologique profonde de déchets radioactifs de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL), dénommée « Cigéo ». Ce dossier, déposé le 16 janvier 2023 par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), est instruit et expertisé selon trois groupements thématiques : les données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo, la sûreté en phase d'exploitation des installations de surface et souterraines, et la sûreté à long terme, après fermeture. Le Groupe permanent d'experts pour les déchets (GPD) s'est ainsi réuni en avril et en décembre 2024 et se réunira une troisième et dernière fois mi-2025 pour examiner ce dossier.

1 — Les déchets radioactifs

Conformément aux dispositions du code de l'environnement, les producteurs de combustibles usés et de déchets radioactifs sont responsables de ces substances, sans préjudice de la responsabilité de leurs détenteurs en tant que responsables d'activités nucléaires (RAN). Les déchets radioactifs doivent être gérés selon des modalités spécifiques. Les producteurs de déchets doivent poursuivre un objectif de minimisation du volume et de la nocivité de leurs déchets, en amont lors de la conception et de l'exploitation des installations, et en aval lors de la gestion des déchets, par un tri, un traitement et un conditionnement adaptés.

Les déchets radioactifs sont très divers par leur radioactivité (activité massique, nature du rayonnement, durée de vie) et leur forme (ferrailles, gravats, huiles, etc.).

Deux paramètres principaux permettent d'apprécier le risque radiologique qu'ils représentent : d'une part, l'activité, qui contribue à la toxicité du déchet ; d'autre part, la période radioactive des radionucléides présents dans les déchets, qui détermine la durée pendant laquelle ces déchets doivent être confinés. On distingue ainsi, d'une part, des déchets de très faible, faible, moyenne ou haute activité ; d'autre part, des déchets de très courte durée de vie (radioactivité divisée par deux en moins de 100 jours) issus principalement des activités médicales, des déchets à vie courte (contenant majoritairement des radionucléides dont la radioactivité est divisée par deux en moins de 31 ans) et des déchets à vie longue (qui contiennent une quantité importante de radionucléides dont la radioactivité est divisée par deux en plus de 31 ans).

Chaque type de déchet nécessite la mise en place d'une filière de gestion adaptée et sûre, afin de maîtriser les risques qu'ils présentent, notamment le risque radiologique, mais également des risques liés à leur composition chimique.

1.1 La gestion des déchets radioactifs (à l'exception des résidus et stériles miniers)

Définie à l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, la gestion des déchets radioactifs regroupe toutes les activités liées à la manipulation, au prétraitement, au traitement, au conditionnement, à l'entreposage et au stockage des déchets radioactifs, à l'exclusion du transport hors site.

L'ASN contrôle les activités liées à la gestion des déchets radioactifs relevant des INB ou des activités nucléaires de proximité, à l'exception de celles liées à la défense nationale, contrôlées par l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND), et de celles relevant du statut des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), placées sous le contrôle des Préfets.

TABLEAU 1 **Classification des déchets radioactifs[1]**

		Déchets dits à vie très courte contenant des radioéléments de période < 100 jours	Déchets dits à vie courte dont la radioactivité provient principalement des radioéléments de période ≤ 31 ans	Déchets dits à vie longue contenant majoritairement des radioéléments de période > 31 ans
0 Bq/g (*)	**Très faible activité (TFA)**	**Gestion par décroissance radioactive sur le site de production** puis élimination dans les filières de stockage dédiées aux déchets conventionnels	**Stockage dédié en surface, ou recyclage ciblé** (installation de stockage du centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube)	
CENTAINES Bq/g (*)	**Faible activité (FA)**		**Stockage de surface** (centre de stockage des déchets de l'Aube)	**Stockage à faible profondeur** (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)
MILLIONS Bq/g (*)	**Moyenne activité (MA)**			
MILLIARDS Bq/g (*)	**Haute activité (HA)**	Non applicable (**)	**Stockage en couche géologique profonde** (en projet dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)	

* Becquerel par gramme (Bq/g).
** Les déchets de haute activité à vie très courte n'existent pas.

1.1.1 La gestion des déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base

Deux secteurs économiques contribuent majoritairement à la production des déchets radioactifs dans les INB.

Le secteur électronucléaire, d'une part, comprend les 18 centrales nucléaires d'EDF, ainsi que les usines d'Orano et de Framatome dédiées à la fabrication et au retraitement du combustible nucléaire. L'exploitation des centrales nucléaires produit du combustible usé, dont une partie est retraitée pour séparer les substances valorisables des produits de fission et des actinides mineurs qui sont des déchets. Des déchets radioactifs sont également produits lors des activités de fonctionnement et de maintenance des centrales nucléaires et des usines de traitement du combustible, à l'instar des déchets de structure, des coques et embouts constituant la gaine du combustible nucléaire, ainsi que des déchets technologiques, ou encore des déchets issus du traitement des effluents comme les boues bitumées. Par ailleurs, le démantèlement des installations est à l'origine d'un volume important de déchets radioactifs.

Le secteur de la recherche, d'autre part, inclut la recherche dans le domaine du nucléaire civil, et notamment les activités de recherche des laboratoires et réacteurs du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), mais également d'autres organismes de recherche. Des déchets radioactifs sont produits lors du fonctionnement, de la maintenance et du démantèlement de ces installations.

Ces déchets radioactifs sont gérés suivant des dispositions spécifiques qui prennent en compte leur caractère radiologique et qui sont proportionnées à leur dangerosité.

1.1.2 La gestion des déchets du nucléaire de proximité, issus des activités encadrées par le code de la santé publique

Les enjeux

L'utilisation de sources non scellées[2] en médecine nucléaire, en recherche biomédicale ou industrielle, est à l'origine de la production de déchets solides ou liquides : petits matériels de laboratoire employés pour la préparation des sources, matériels médicaux ayant servi à l'administration des injections à des fins diagnostiques ou thérapeutiques, etc. Les effluents liquides radioactifs proviennent également des opérations de préparation de sources, ainsi que des patients qui éliminent, par les voies naturelles, la radioactivité qui leur a été administrée.

La diversité des déchets issus des activités nucléaires de proximité, la multiplicité des établissements en produisant, ainsi que les enjeux en matière de radioprotection, ont conduit les pouvoirs publics à prévoir des dispositions spécifiques pour la gestion des déchets produits par ces activités.

La gestion des sources scellées usagées considérées comme des déchets

Des sources scellées[3] sont utilisées pour des applications médicales, industrielles, de recherche et vétérinaires (*voir chapitres 7 et 8*). Lorsqu'elles sont usagées, et si leurs fournisseurs n'envisagent aucune réutilisation, elles sont considérées comme des déchets radioactifs et doivent être gérées comme tels.

La gestion des sources scellées considérées comme déchets, et notamment leur stockage, doit prendre en compte la double contrainte d'une activité concentrée et d'un caractère potentiellement attractif en cas d'intrusion humaine dans une installation de stockage, après la perte de mémoire de sa présence à l'issue de sa phase de surveillance après fermeture. Cette double contrainte limite les types de sources acceptables dans les installations de stockage, notamment s'ils sont de surface.

1.1.3 La gestion des déchets contenant de la radioactivité naturelle

Certaines activités professionnelles mettant en œuvre des matières premières contenant naturellement des radionucléides qui ne sont pas utilisés pour leurs propriétés radioactives, peuvent conduire à concentrer l'activité massique dans les produits, résidus ou déchets qu'elles produisent. On parle de « substance radioactive d'origine naturelle » (SRON) lorsque l'activité de celle-ci dépasse les seuils d'exemption figurant au tableau 1 de l'annexe 13-8 au code de santé publique (par exemple, le traitement des terres rares, la production d'engrais phosphatés et fabrication d'acide phosphorique, la combustion de charbon en centrales thermiques, etc.). Par conséquent, les déchets SRON, pour lesquels aucune utilisation n'est prévue ou envisagée, sont considérés comme des déchets radioactifs, au sens de l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement. Les déchets contenant des substances d'origine naturelle, mais ne dépassant pas les seuils d'exemption susmentionnés, sont orientés vers les filières de gestion de déchets conventionnels.

1. Annexe 1 à l'arrêté du 9 octobre 2008 modifié relatif à la nature des informations que les responsables d'activités nucléaires et les entreprises mentionnées à l'article L. 1333-10 du code de la santé publique ont obligation d'établir, de tenir à jour et de transmettre périodiquement à l'Andra.
2. Sources dont la présentation et les conditions normales d'emploi ne permettent pas de prévenir toute dispersion de substance radioactive.
3. Sources dont la structure ou le conditionnement empêche, en utilisation normale, toute dispersion de substances radioactives dans le milieu ambiant.

Les déchets SRON, selon leur activité massique, peuvent être stockés dans deux types d'installations :
• dans une installation de stockage de déchets autorisée par arrêté préfectoral, si les conditions d'acceptation prévues par la circulaire du 25 juillet 2006[4], relative aux installations de stockages de déchets, relevant des rubriques 2760 de la nomenclature des ICPE, sont remplies ;
• dans le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires[5]) destiné au stockage des déchets radioactifs TFA.

Certains de ces déchets sont toutefois entreposés dans l'attente d'une filière d'élimination, et notamment de la mise en service d'un centre de stockage des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL).

Quatre installations de stockage de déchets dangereux sont autorisées, par arrêté préfectoral, à accueillir des déchets contenant des SRON.

De plus, à la suite de l'entrée en vigueur au 1er juillet 2018 du décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire, les dispositions du code du travail relatives à la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants s'appliquent également aux activités professionnelles traitant des matières contenant naturellement des substances radioactives, dont font partie les SRON.

1.2 Le cadre juridique de la gestion des déchets radioactifs

La gestion des déchets radioactifs s'inscrit dans le cadre général de gestion des déchets défini au chapitre Ier du titre IV du livre V du code de l'environnement et par ses décrets d'application. Des dispositions particulières relatives aux déchets radioactifs ont été introduites tout d'abord par la loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs, puis par la loi de programme n° 2006-739 du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs, dite « loi déchets », qui donne un cadre législatif à la gestion de l'ensemble des matières et des déchets radioactifs. Une grande partie des dispositions de ces lois sont codifiées au chapitre II du titre IV du livre V du code de l'environnement.

La loi du 28 juin 2006 fixe notamment un calendrier pour les recherches sur les déchets HA et MA-VL, et un cadre juridique clair pour sécuriser les fonds nécessaires au démantèlement et à la gestion des déchets radioactifs. Elle prévoit aussi l'élaboration d'un Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), qui vise à réaliser périodiquement un bilan et à définir les perspectives de la politique de gestion des substances radioactives. Elle renforce également les missions de l'Andra, notamment en lui confiant une mission de service public pour la gestion des déchets issus du nucléaire de proximité. Enfin, elle interdit le stockage sur le sol français de déchets étrangers, en prévoyant l'adoption de règles précisant les conditions de retour des déchets issus du traitement en France des combustibles usés et des déchets provenant de l'étranger. Ces règles prévoient une répartition des déchets issus du traitement à retourner en fonction de l'activité et de la masse du combustible usé introduit sur le territoire national.

Cependant, des dispositions réglementaires introduites en 2017 et 2021 permettent, sous certaines conditions, et après avis de l'ASN, de déroger aux modalités d'attribution des déchets à retourner aux pays étrangers en procédant par échanges de déchets, selon un système d'équivalence. Le recours à un système d'équivalence (en masse et en activité radiologique des déchets) a ainsi été autorisé par le ministre chargé de l'énergie pour des déchets destinés à être retournés en Allemagne (opération Metall+) en 2021 et pour des déchets destinés à être retournés au Japon (opération CREATES Alternatif) en 2024.

Ce cadre a été amendé en 2016, avec la publication de l'ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016 portant diverses dispositions en matière nucléaire, qui a permis de :
• transposer la directive 2011/70/Euratom du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs, tout en réaffirmant l'interdiction de stocker en France des déchets radioactifs en provenance de l'étranger, ainsi que des déchets radioactifs issus du traitement de combustibles usés et de déchets radioactifs provenant de l'étranger, en précisant les conditions d'application de cette interdiction ;
• définir une procédure de requalification des matières en déchets radioactifs par l'autorité administrative ;
• renforcer les sanctions administratives et pénales existantes et prévoir de nouvelles sanctions en cas de non-respect des dispositions applicables en matière de gestion des déchets radioactifs et de combustible usé.

La loi n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 précise les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs HA et MA-VL.

1.2.1 Le cadre juridique de la gestion des déchets radioactifs produits dans les installations nucléaires de base

En France, la gestion des déchets radioactifs dans les INB est notamment encadrée par l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB, dont le titre VI est relatif à la gestion des déchets.

L'exploitant d'une INB établit un plan de zonage déchets qui permet d'identifier les zones où les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être. Les déchets produits dans ces zones sont, de manière conservative, gérés comme s'ils étaient radioactifs et doivent alors être dirigés vers des filières dédiées. Cette absence de seuils de libération pour les déchets issus d'une zone où les déchets sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être constitue une spécificité de la réglementation française. Les « seuils de libération », mis en œuvre dans certains pays étrangers, définissent des niveaux de contamination en deçà desquels les matériaux peuvent être libérés de tout contrôle et utilisés sans aucune restriction. Les déchets issus des autres zones sont, après contrôle de l'absence de radioactivité, dirigés vers des filières autorisées de gestion des déchets dangereux, non dangereux ou inertes, selon les propriétés du déchet.

La réglementation française impose également aux exploitants nucléaires de présenter, dans les règles générales d'exploitation (RGE) et dans l'étude d'impact sur l'environnement de leur installation, les déchets produits par l'installation, qu'ils soient radioactifs ou non, ainsi que leur volume, leur nature, leur nocivité et les modes d'élimination envisagés. Les dispositions retenues par les exploitants doivent consister à réduire le volume et la toxicité radiologique, chimique et biologique des déchets produits, et à réserver, par la valorisation et le traitement de ces déchets, le stockage définitif aux seuls déchets ultimes.

La décision n° 2015-DC-0508 de l'ASN du 21 avril 2015 précise les dispositions de l'arrêté du 7 février 2012, notamment concernant :
• les modalités relatives à l'établissement et à la gestion du plan de zonage déchets ;
• le contenu du bilan annuel sur la gestion des déchets qui doit être transmis à l'ASN par chaque installation.

Le Guide de l'ASN n° 23 présente les modalités d'application de cette décision en ce qui concerne l'établissement et la modification du plan de zonage déchets.

4. Circulaire du 25 juillet 2006 relative aux installations classées – Acceptation de déchets à radioactivité naturelle renforcée ou concentrée dans les centres de stockage de déchets.
5. Ainsi dénommé depuis octobre 2012. Il a été mis en service en 2003 sous le nom de Centre de stockage des déchets de très faible activité (CSTFA). Installation soumise à autorisation au titre du régime de la rubrique 2797 des ICPE.

Le rôle de l'ASN dans la gestion des déchets

Les pouvoirs publics, en particulier l'ASN, sont attentifs au fait que l'ensemble des déchets dispose d'une filière de gestion et que leur gestion s'effectue dans des conditions sûres à chacune de ses étapes.

L'ASN considère ainsi que le développement de filières de gestion adaptées à chaque catégorie de déchets est fondamental et que tout retard dans la recherche de solutions de gestion à long terme est de nature à accroître le volume et la taille des entreposages dans les installations, ainsi que les risques associés.

L'ASN est vigilante à ce que le système composé de l'ensemble de ces filières soit complet, sûr et cohérent, en particulier dans le cadre du PNGMDR, mais également en contrôlant les installations et en évaluant régulièrement la stratégie de gestion des déchets de chacun des grands exploitants. Cette approche doit tenir compte de l'ensemble des enjeux de sûreté, de radioprotection, de minimisation du volume et de la nocivité des déchets, en permettant une traçabilité satisfaisante des opérations réalisées.

Enfin, l'ASN considère que cette gestion doit s'exercer de manière transparente vis-à-vis du public, en impliquant l'ensemble des parties prenantes, dans un cadre favorisant l'expression des différentes positions.

Le PNGMDR est élaboré par le ministère alors dénommé de la Transition énergétique (MTE). Celui-ci a choisi, au regard du débat public de 2019, de s'appuyer sur une « Commission orientations » pluraliste, à laquelle l'ASN participe. Cette commission est présidée par une personnalité qualifiée indépendante. Le suivi de la mise en œuvre technique et opérationnelle du PNGMDR reste assuré par un groupe de travail pluraliste coprésidé par l'ASN et la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), tel que décrit au chapitre 2.

Par ailleurs, l'ASN publie sur son site Internet le PNGMDR, sa synthèse, les comptes-rendus des réunions du groupe de travail susmentionné et les études demandées au titre du plan, ainsi que les avis qu'elle a rendus sur ces études.

À la suite d'une modification de prescriptions réglementaires du code de l'environnement, en 2019, l'étude sur la gestion des déchets n'est plus requise par la réglementation en tant que document spécifique. Les dispositions qu'elle contenait doivent être à présent reportées dans l'étude d'impact et les RGE des INB. La décision n° 2022-DC-0749 de l'ASN du 29 novembre 2022, homologuée le 16 février 2023 a modifié la décision n° 2015-DC-0508 de l'ASN du 21 avril 2015 pour prendre en compte cette évolution réglementaire.

1.2.2 Le cadre juridique de la gestion des déchets radioactifs produits par les activités encadrées par le code de la santé publique

L'article R. 1333-16[6] du code de la santé publique prévoit que la gestion des effluents et des déchets contaminés par des substances radioactives provenant de toutes les activités nucléaires comportant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants doit faire l'objet d'un examen et d'une approbation par les pouvoirs publics. C'est le cas, notamment, des activités mettant en œuvre des substances radioactives destinées à la médecine, à la biologie humaine ou à la recherche biomédicale.

La décision n° 2008-DC-0095 de l'ASN du 29 janvier 2008 fixe les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par les radionucléides, ou susceptibles de l'être, du fait d'une activité nucléaire. Un guide d'application de cette décision (Guide n° 18) a été publié par l'ASN en janvier 2012.

La gestion des sources scellées usagées

Dans le cadre du PNGMDR 2016-2018, l'Andra a remis mi-2018 un rapport présentant l'état des lieux de la prise en charge des sources scellées usagées considérées comme des déchets dans les centres de stockage existants et en projet.

Par ailleurs, le décret n° 2015-231 du 27 février 2015 permet aux détenteurs de sources scellées usagées de faire appel non seulement à leur fournisseur initial, mais aussi à tout fournisseur autorisé ou, en dernier recours, à l'Andra pour gérer ces sources. Les détenteurs ne sont, en outre, plus tenus de démontrer qu'ils ont pris contact avec l'ensemble des fournisseurs avant de solliciter l'Andra. Ces dispositions visaient à diminuer les frais de collecte de ces sources et à assurer une filière de reprise dans toutes les situations. L'ASN a pris position le 11 mai 2021 sur la gestion des sources scellées usagées non susceptibles d'être recyclées. Elle considère que les sources scellées usagées qui ne sont pas acceptables dans les installations de stockage de surface doivent être intégrées aux inventaires des installations de stockage en projet, et qu'un état des lieux complet des filières de gestion existantes doit être établi, en précisant les responsabilités des différents acteurs.

En outre, elle recommande que la notion de « dernier recours » mentionnée dans le décret n° 2015-231 soit précisée. L'action « DECPAR.4 » du PNGMDR 2022-2026 prévoit que les producteurs dressent un état des lieux des sources scellées faisant l'objet de difficultés de prise en charge, et qu'un programme de travail soit établi avec l'Andra pour développer des solutions de gestion. Le volume de sources scellées en attente de prise en charge dans une filière définitive de gestion a été introduit comme nouvel indicateur de suivi du PNGMDR 2022-2026.

La gestion des déchets des activités nucléaires de proximité par l'Andra

L'article L. 542-12 du code de l'environnement confie à l'Andra une mission de service public pour la gestion des déchets issus des activités nucléaires de proximité. Depuis 2012, l'Andra dispose, avec le Cires situé sur les communes de Morvilliers et de La Chaise, dans l'Aube, d'un centre de regroupement et d'une installation d'entreposage pour les déchets des « petits producteurs » n'appartenant pas au secteur électronucléaire. L'ASN considère que les actions de l'Andra dans ce domaine sont de nature à répondre à la mission qui lui est confiée au titre de l'article L. 542-12 précité et que celles-ci doivent être poursuivies.

Dans son avis n° 2021-AV-0379 du 11 mai 2021, l'ASN a recommandé que l'Andra mette en place, dès que possible, les capacités d'entreposage nécessaires permettant la prise en charge des déchets fortement tritiés et des sources contenant du tritium des petits producteurs. Les articles 45 à 47 de l'arrêté du 9 décembre 2022 prévoient la poursuite des travaux engagés par l'Andra pour identifier et définir des filières de gestion pour ces déchets d'ici le 31 décembre 2025.

1.2.3 L'inventaire national des matières et déchets radioactifs

L'article L. 542-12 du code de l'environnement confie à l'Andra la mission d'établir, de mettre à jour tous les cinq ans et de publier l'inventaire national des matières et déchets radioactifs. Cet inventaire constitue une base de données d'entrée pour établir le PNGMDR. La dernière mise à jour a été publiée en décembre 2023. L'inventaire présente des informations relatives aux quantités, à la nature et à la localisation des matières et des déchets radioactifs à la fin 2021, par catégorie et par secteur économique. Un exercice prospectif a également été réalisé, selon quatre scénarios contrastés de politique énergétique de la France, tels qu'envisagés par la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2019-2028.

6. *Ancien article R. 1333-12.*

1.2.4 Le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs

L'article L. 542-1-2 du code de l'environnement définit les objectifs du PNGMDR:
• dresser le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets radioactifs et des solutions techniques retenues;
• recenser les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage et préciser les capacités nécessaires pour ces installations et les durées d'entreposage;
• fixer les objectifs généraux à atteindre, les principales échéances et les calendriers permettant de respecter ces échéances, en tenant compte des priorités qu'il définit;
• déterminer les objectifs à atteindre pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif;
• organiser la mise en œuvre des recherches et études sur la gestion des matières et des déchets radioactifs en fixant des échéances pour la mise en œuvre de nouveaux modes de gestion, la création d'installations ou la modification des installations existantes.

Au vu des conclusions du débat public de 2019, l'ASN et la DGEC ont décidé de faire évoluer la gouvernance du PNGMDR. La 5e édition a été élaborée par le MTE, notamment à partir des travaux d'une « Commission orientations ». Cette commission, introduite par la décision du 21 février 2020, est présidée par une personnalité qualifiée indépendante, et associe, en plus des membres historiques du groupe de travail pluraliste mentionné au chapitre 2, des élus et des représentants des collectivités territoriales. Cette commission a donné des avis sur différents grands sujets relatifs à la gestion des déchets radioactifs (gestion des déchets TFA, FA-VL, gestion des matières radioactives, etc.). L'ASN participe activement aux réunions de la Commission orientations pour apporter son éclairage sur les enjeux de sûreté et de radioprotection, sans voix délibérative toutefois.

La mise en œuvre du plan est suivie au cours de réunions périodiques du groupe de travail PNGMDR, sous la coprésidence de l'ASN et de la DGEC. Ainsi, trois réunions du groupe de travail PNGMDR ont eu lieu en 2024.

L'ASN avait par ailleurs évalué, en 2020 et 2021, les études remises dans le cadre du PNGMDR 2016-2018. À l'occasion de l'élaboration du 5e PNGMDR, l'ASN a ainsi rendu sept avis sur les filières de gestion des matières et déchets radioactifs, qui identifient un certain nombre de recommandations. En outre, l'ASN a rendu le 9 novembre 2021 un avis favorable au projet de 5e PNGMDR sous réserve de le compléter par l'étude de scénarios pessimistes de fonctionnement du « cycle du combustible », l'étude de l'impact sur les installations nucléaires de la poursuite ou non du retraitement des combustibles usés au-delà de 2040, l'inscription d'actions relatives à la sûreté de la gestion des déchets HA et MA-VL, et à la gestion de déchets nécessitant des travaux spécifiques tels que les déchets tritiés, et de mieux apprécier le caractère valorisable de certaines matières radioactives.

Enfin, l'ASN a rendu, le 23 juin 2022, un avis favorable aux projets de décret et d'arrêté établissant les prescriptions du 5e PNGMDR, sous réserve de la prise en compte des modifications proposées dans cet avis.

Ces textes, ainsi que le 5e PNGMDR couvrant la période 2022-2026, ont été publiés le 9 décembre 2022.

La ministre chargée de l'énergie a saisi la Commission nationale du débat public (CNDP) le 3 décembre 2024 pour l'élaboration de la 6e édition du PNGMDR pour la période 2027-2031. À la suite des délibérations de ses membres lors de la séance plénière du mercredi 11 décembre 2024, compte tenu des enjeux nationaux sur l'environnement, l'aménagement du territoire, sociaux et économiques, la CNDP a décidé d'organiser un débat public pour l'élaboration de la 6e édition du plan.

L'ASNR prévoit de prendre une position début 2025 en amont de la préparation du 6e PNGMDR.

1.3 La gestion à long terme des déchets, installations de stockage existantes ou en projet

1.3.1 Les déchets de très faible activité

Les déchets TFA proviennent essentiellement du fonctionnement, de la maintenance et du démantèlement des installations nucléaires. Ils sont notamment constitués de déchets inertes (gravats, terre, sable) et de déchets métalliques. Leur activité massique est généralement inférieure à 100 Bq/g, cette activité pouvant même être inférieure au seuil de détection de certains appareils de mesure.

Le Cires comprend une installation de stockage des déchets TFA. Cette installation, relevant du statut des ICPE, est opérationnelle depuis août 2003.

Fin 2023, environ 459 000 m³ de déchets TFA étaient stockés dans le Cires, ce qui représente 48 % de sa capacité réglementaire autorisée. Selon l'inventaire national réalisé par l'Andra, la quantité de déchets TFA produite à la fin du démantèlement des installations nucléaires existantes sera de l'ordre de 2 200 000 m³. Selon les prévisions actuelles, la saturation du centre pourrait être atteinte à l'horizon 2045. En avril 2023, l'Andra a déposé une demande visant à porter la capacité autorisée de ce stockage à 950 000 m³ (projet Acaci), à superficie égale (contre 650 000 m³ actuellement autorisés). L'Andra a obtenu, en juillet 2024, l'arrêté préfectoral nécessaire à la mise en œuvre de ce projet.

Dans son avis n° 2020-AV-0356 du 30 juin 2020 sur la gestion des déchets TFA, l'ASN appelle à poursuivre et à étendre les travaux engagés dans l'édition 2016-2018 du PNGMDR dans le but d'améliorer les modes de gestion actuels et de développer des solutions de gestion complémentaires, qui restent à concevoir et à mettre en œuvre.

L'ASN réaffirme que, de façon générale, la gestion des déchets TFA doit rester fondée sur le lieu d'origine des déchets et garantir leur traçabilité, grâce à des filières spécifiques, depuis la production jusqu'au stockage, à l'exception des déchets TFA métalliques destinés à être valorisés, comme annoncé dans la décision du 21 février 2020.

La valorisation de certains types de déchets, dont les volumes produits seront importants, est encouragée en cohérence avec la hiérarchie des modes de gestion des déchets définie dans le code de l'environnement. L'ASN préconise notamment la poursuite du projet d'installation de valorisation de matériaux métalliques, avec la mise en place d'un cadre spécifique de contrôle de cette installation. Le Gouvernement a travaillé en 2021 à l'établissement de ce cadre réglementaire. L'ASN s'est prononcée, par son avis n° 2021-AV-0380 du 11 mai 2021, sur ce projet de réglementation. Le Gouvernement a publié, en février 2022, le dispositif réglementaire permettant d'autoriser, de façon dérogatoire, la valorisation de substances métalliques faiblement radioactives après fusion et décontamination. Une telle dérogation sera accordée par arrêté ministériel après consultation du public et avis de l'ASN. Dans ce contexte, EDF envisage de construire puis d'exploiter, sur le site de la centrale nucléaire de Fessenheim en cours de démantèlement, une installation de valorisation de métaux TFA dénommée « Technocentre ». Cette installation aura un statut d'ICPE. Un débat public s'est tenu entre octobre 2024 et février 2025 sur ce projet d'EDF, le dépôt des différents dossiers réglementaires étant prévu en 2025.

L'ASN estime nécessaire que l'ensemble des parties prenantes, en particulier les représentants des territoires impliqués ou susceptibles de l'être, soient davantage associées à la définition des solutions de gestion des déchets TFA.

Elle recommande que les études sur la mise en place d'installations complémentaires de stockage, centralisées ou décentralisées, soient poursuivies, et que le Gouvernement clarifie la responsabilité de l'Andra sur le sujet.

En cohérence avec l'avis de l'ASN mentionné ci-dessus, le 5e PNGMDR comporte les objectifs suivants, concernant la gestion des déchets TFA :
• poursuivre les études visant à mettre en œuvre de nouvelles capacités de stockage, centralisées et décentralisées de déchets TFA ;
• poursuivre les réflexions relatives à la valorisation des déchets TFA, notamment la définition des conditions de mise en œuvre de la valorisation des déchets métalliques ;
• définir des scénarios de gestion des déchets TFA, éclairer leurs enjeux environnementaux, territoriaux, sanitaires et de sûreté, et en tirer une stratégie globale de gestion ;
• affiner les perspectives de production des déchets TFA issus du démantèlement des installations nucléaires, en identifiant explicitement les déchets liés à l'assainissement des structures et des sols contaminés.

1.3.2 Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) – dont la radioactivité provient principalement de radionucléides dont la période radioactive est inférieure à 31 ans – proviennent essentiellement du fonctionnement des installations nucléaires et tout particulièrement d'activités de maintenance (vêtements, outils, filtres, etc.). Ils peuvent également provenir d'opérations d'assainissement et de démantèlement de ces installations. La plupart des déchets FMA-VC font l'objet d'un stockage dans des installations en surface exploitées par l'Andra. Après leur fermeture, ces installations feront l'objet d'une surveillance pendant une durée fixée à 300 ans par la règle fondamentale de sûreté (RFS-I.2). Les rapports de sûreté des installations mis à jour périodiquement, y compris durant cette phase de surveillance, doivent permettre de vérifier qu'à son issue l'activité contenue dans les déchets aura atteint un niveau résiduel tel, que les expositions pour l'homme et l'environnement soient acceptables, même en cas de perte significative des propriétés de confinement de l'installation. Deux installations de cette nature existent en France, le centre de stockage de la Manche (CSM – INB 66), exploité de 1969 à 1994 et actuellement en phase de préparation à la fermeture, et le centre de stockage de l'Aube (CSA – INB 149) en exploitation (*voir « Panorama régional » en introduction de ce rapport*).

La quantité de déchets FMA-VC au CSA s'élève à environ 372 000 m³ fin 2023, soit 37 % de la capacité maximale autorisée de cette installation. À cette quantité s'ajoutent les déchets stockés au CSM, soit 527 225 m³. La quantité totale de déchets FMA-VC stockés dans les installations de l'Andra est donc d'environ 899 000 m³, à comparer à la quantité produite fin 2022 de 989 000 m³. D'après les données de l'inventaire national établi par l'Andra, ces déchets représenteront un volume maximal de 2 000 000 m³, à l'issue du démantèlement des installations existantes. Selon les estimations réalisées par l'Andra en 2016 à l'occasion du second réexamen périodique du CSA, la saturation de ce centre pourrait intervenir à l'horizon 2060, au lieu de l'année 2042 initialement prévue, grâce à une meilleure connaissance des déchets futurs et de leurs calendriers de livraison.

1.3.3 Les déchets de faible activité à vie longue

Les déchets FA-VL comprenaient initialement deux types de déchets principaux : les déchets de graphite issus de l'exploitation des réacteurs de la filière « uranium naturel-graphite-gaz » (UNGG) et les déchets radifères, issus de l'industrie du radium et de ses dérivés. D'autres types de déchets ont été ajoutés à cette catégorie, notamment certains déchets bitumés, des substances contenant du radium, de l'uranium et du thorium de faible activité massique, ainsi que certaines sources radioactives scellées usagées.

Une fraction des déchets de l'installation Écrin (INB 175), exploitée par Orano à Malvési (Aude), produits à partir du 1er janvier 2019 est par ailleurs désormais incluse dans cette catégorie de déchets. Les déchets solides produits jusqu'au 31 décembre 2018 font quant à eux l'objet d'une catégorie spécifique de l'inventaire national, dénommée « résidus de traitement du combustible uranium » (RTCU), en raison des volumes importants qu'ils représentent.

La mise en place d'une solution de gestion définitive pour ces déchets fait partie des objectifs définis par la loi du 28 juin 2006. La recherche d'une telle solution de gestion nécessite, d'une part, de progresser dans la connaissance des déchets de type FA-VL ; d'autre part, de réaliser des études de sûreté relatives aux solutions de stockage associées. Les éditions successives du PNGMDR ont décliné cet objectif. L'ASN a également rédigé en 2008 une note d'orientations générales de sûreté pour la recherche d'un site pouvant accueillir les déchets FA-VL. Cette note définit les orientations générales qui doivent être suivies dès les phases de recherche d'un site et de conception d'un stockage de déchets FA-VL pour en assurer la sûreté après fermeture.

Le PNGMDR 2010-2012 a ouvert la possibilité de stocker de manière distincte les déchets de graphite et les déchets radifères et a demandé à l'Andra de travailler sur deux options de conception :
• un stockage sous couverture remaniée réalisé dans une couche géologique affleurante par excavation, puis remblai ;
• un stockage sous couverture intacte creusé en souterrain dans une couche d'argile à une profondeur plus importante.

La mise en œuvre des prescriptions du PNGMDR 2013-2015 a permis aux détenteurs de déchets de type FA-VL de progresser dans la caractérisation de leurs déchets et dans l'étude des possibilités de traitement, notamment pour ce qui concerne les déchets de graphite et certains colis de déchets bitumés. En particulier, l'inventaire radiologique de ces déchets en chlore-36 et en iode-129 a été réévalué à la baisse.

Par ailleurs, l'Andra a remis en juillet 2015 un rapport comprenant :
• des propositions de choix de scénarios de gestion pour les déchets de graphite et les déchets bitumés ;
• des études préliminaires de conception couvrant les options de stockage dites « sous couverture intacte » et « sous couverture remaniée » ;
• l'inventaire des déchets à y stocker et le calendrier de sa mise en œuvre.

En 2016, l'ASN avait rendu un avis n° 2016-AV-264 sur ce rapport et engagé une révision de la note d'orientations générales de sûreté de 2008 qui sera, à terme, remplacée par un guide de l'ASN. Dans cet objectif, un groupe de travail rassemblant l'ASN, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), l'Andra, les producteurs de déchets FA-VL et des représentants de la société civile a été mis en place. Les recommandations du rapport de l'IRSN publié en décembre 2020 et présentant la synthèse des travaux ont été examinées en groupes permanents d'experts (GPE) en mars 2021. Sur cette base, l'ASN a engagé, en 2021, des discussions techniques avec l'Andra et l'IRSN portant notamment sur l'évaluation de l'impact dosimétrique à long terme du projet de stockage.

Par ailleurs, Orano a remis en 2011 (dans le cadre des travaux préalables au PNGMDR 2013-2015) une étude portant sur la gestion à long terme des déchets déjà produits du site de Malvési (dits « RTCU »), actuellement entreposés dans l'installation Écrin (INB 175). Différents concepts de stockage sont envisagés :
• stockage en surface ;
• stockage à faible profondeur (40 m), sous couverture remaniée, dans la fosse de l'ancienne mine à ciel ouvert ;
• stockage à faible profondeur (40 m), sous couverture remaniée, dans une nouvelle fosse.

Compte tenu de la nature des déchets et de la configuration du site, l'ASN a indiqué dans son avis n° 2012-AV-0166 du 4 octobre 2012 qu'elle n'était pas favorable à la poursuite du développement d'une installation de stockage en surface, qu'elle considère ne pas répondre aux exigences de sûreté à long terme. Orano a depuis abandonné cette option.

Orano a transmis à l'ASN en 2021, en application de l'article 7 du décret du 20 juillet 2015 autorisant la création de l'INB 175 Écrin, un rapport d'étape présentant l'état d'avancement des études et investigations réalisées. Deux options de stockage envisagées pour les déchets radioactifs sur le site de Malvési et son environnement immédiat sont étudiées.

L'ASN a transmis à Orano, en 2024, ses observations sur ce rapport, dans la perspective de l'élaboration du prochain rapport d'étape, qui sera remis en 2025.

L'avis n°2020-AV-0357 de l'ASN du 6 août 2020 précise les axes de travail qu'elle recommande pour la gestion des déchets FA-VL. Sur la base de celui-ci, l'édition 2022-2026 du PNGMDR comporte des actions visant à :
• fiabiliser les inventaires (en incluant les déchets RTCU historiques entreposés dans Écrin) et les caractéristiques des déchets FA-VL ;
• préciser les échéances de saturation des capacités d'entreposage des déchets FA-VL ;
• définir des scénarios de gestion des déchets FA-VL et évaluer leurs avantages et inconvénients ;
• poursuivre, en associant les représentants des territoires impliqués ou susceptibles de l'être, les études d'une installation de stockage des déchets RTCU.

Conformément à l'arrêté du 9 décembre 2022 pris en application du décret n° 2022-1547 du 9 décembre 2022, l'Andra a transmis, en 2024, un dossier d'options techniques et de sûreté présentant une évaluation de la faisabilité d'un stockage à faible profondeur de déchets de faible activité à vie longue, sur le site de la communauté de communes de Vendeuvre-Soulaines (CCVS), ainsi qu'un projet de schéma industriel de gestion des déchets FA-VL présentant les différentes options de gestion, existantes et futures. Ces éléments serviront notamment de base aux travaux d'un groupe de travail initié début 2025 au titre de l'action FAVL.2 du PNGMDR 2022-2026, qui étudiera les différentes options de gestion des déchets FA-VL.

1.3.4 Les déchets de haute et de moyenne activité à vie longue

Dans la continuité de la loi du 30 décembre 1991, la loi du 28 juin 2006 dispose que les recherches sur la gestion des déchets radioactifs HA et MA-VL sont poursuivies selon trois axes complémentaires : la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue, l'entreposage, et le stockage réversible en couche géologique profonde.

La séparation/transmutation

Le rapport de la Commission particulière du débat public (CPDP) du 25 novembre 2019 portant sur le débat public préalable à la 5e édition du PNGMDR conclut notamment que « *deux options alternatives sont en présence et défendues chacune par une partie des acteurs : le stockage géologique profond et l'entreposage en sub-surface pendant une période assez longue pour permettre l'avancement des recherches sur la transmutation, afin de réduire la radioactivité des déchets* ».

Les opérations de séparation/transmutation visent à isoler, puis à transformer les radionucléides à vie longue présents dans les déchets radioactifs en radionucléides à vie plus courte, voire en éléments stables. La transmutation des actinides mineurs contenus dans les déchets aurait un impact sur le dimensionnement du stockage, en diminuant à la fois la puissance thermique, la nocivité des colis qui y seront stockés, et l'inventaire du stockage. Pour autant, l'impact du stockage sur la biosphère, qui provient essentiellement de la mobilité des radionucléides contenus dans les produits de fission et d'activation, ne serait pas significativement réduit.

Dans son avis n° 2020-AV-0369 du 1er décembre 2020, l'ASN rappelle que les perspectives de transmutation à une échelle industrielle des déchets déjà conditionnés de l'inventaire de référence de Cigéo ne sont pas crédibles. Elle estime que, si des études sur la transmutation devaient être poursuivies, il conviendrait qu'elles portent sur les substances radioactives actuellement qualifiées de matières ou les déchets produits par un futur parc de réacteurs et qu'elles soient menées dans la perspective du développement de filières complètes, intégrant le stockage des déchets issus de la transmutation et présentant un haut niveau de sûreté.

L'entreposage

Le deuxième axe de recherches et d'études de la loi du 28 juin 2006 concerne l'entreposage des déchets.

L'entreposage de longue durée des déchets de haute activité à vie longue (HA-VL), qui constituait un des axes de recherche prévu par la loi du 30 décembre 1991, n'a pas été retenu comme solution pour gérer de manière définitive ces déchets radioactifs. Des installations d'entreposage sont cependant indispensables en attendant la mise en service du stockage en couche géologique profonde, pour permettre le refroidissement de certains déchets, puis pour accompagner l'exploitation industrielle du stockage, qui se développera par étapes. Par ailleurs, si des opérations de retrait de colis stockés étaient décidées dans le cadre de la réversibilité du stockage, des installations d'entreposage seraient nécessaires. La réception des premiers colis de déchets radioactifs en stockage géologique profond est désormais prévue à l'horizon 2040.

La loi du 28 juin 2006 a confié à l'Andra la coordination des recherches et études sur l'entreposage des déchets HA et MA-VL, qui sont donc inscrites dans une optique de complémentarité avec le stockage réversible. En particulier, cette loi prévoyait que les recherches et études sur l'entreposage permettraient, au plus tard en 2015, de créer de nouvelles installations d'entreposage ou de modifier des installations existantes, pour répondre aux besoins, notamment en matière de capacité et de durée, recensés par le PNGMDR.

Les avancées de l'entreposage

L'Andra a remis en 2013 un bilan des recherches et études réalisées. Ce bilan rendait compte notamment du recensement des besoins futurs en entreposage qui avait été effectué, de l'exploration de la complémentarité entre l'entreposage et le stockage, des études et recherches sur l'ingénierie et sur le comportement phénoménologique des installations d'entreposage et de l'examen d'options techniques novatrices.

De 2013 à 2015, l'Andra a approfondi l'étude des concepts d'entreposage liés à la réversibilité du stockage. Il s'agit d'installations qui, le cas échéant, accueilleraient des colis retirés du stockage. Pour de telles installations, l'Andra a recherché une polyvalence qui permettrait d'entreposer simultanément ou successivement des colis de types divers sous leur forme primaire ou placés en sur-conteneurs de stockage. Dans son étude remise en 2013, l'Andra précisait avoir arrêté ses recherches concernant les installations d'entreposage à faible profondeur. Elle justifiait cet abandon notamment par une plus grande complexité de ce type d'installation (prise en compte de la présence d'eaux souterraines et de la ventilation dans le cas de déchets exothermiques, surveillance du génie civil) et une moindre flexibilité d'exploitation. L'étude remise en 2018, consistant en une analyse multicritère, ne remet pas en cause ces conclusions.

Au regard du retour d'expérience industriel, des recherches et de ses études, l'Andra a émis en 2014 des recommandations pour la conception de futures installations d'entreposage s'inscrivant en complémentarité avec le stockage. Elles portent particulièrement sur la durée de vie des installations (jusqu'à une centaine d'années), leur surveillance, et la modularité des futurs entreposages. Certaines recommandations ont été intégrées par Orano dans la conception de l'extension de l'entreposage des verres de La Hague (E-EV-LH) destinée aux déchets HA et située dans l'usine UP3-A (INB 116). Cette extension est composée de trois fosses : 30, 40 et 50, mises en service respectivement en 2015, 2017 et 2022.

Dans le cadre du PNGMDR 2013-2015, les producteurs de déchets, après avoir présenté l'inventaire à la fin 2013 des colis de déchets HA et MA-VL à destination de Cigéo et l'état des lieux des entreposages existants, ont plus particulièrement analysé les éléments structurants permettant d'identifier des besoins en entreposage de colis de déchets.

Les travaux menés dans le cadre du PNGMDR 2016-2018

Les études demandées par le PNGMDR 2016-2018 portent sur l'analyse des besoins en entreposage de colis HA et MA-VL, et reprennent les grandes orientations de l'avis de l'ASN du 25 février 2016.

L'article D. 542-79 du code de l'environnement, introduit par le décret du 23 février 2017 relatif aux prescriptions du PNGMDR 2016-2018, dispose que les détenteurs de combustibles usés et de déchets radioactifs HA et MA-VL doivent tenir à jour l'état de disponibilité

des capacités d'entreposage de ces substances par catégorie de déchets, et identifier les besoins futurs en capacité d'entreposage au moins pour les vingt années suivantes.

Le CEA, EDF et Orano ont défini les besoins en entreposages futurs pour toutes les familles de déchets HA et MA-VL, à l'horizon 2040. Le CEA, EDF et Orano ont également étudié dans ce cadre la sensibilité des besoins en entreposage à des décalages dans le calendrier de Cigéo.

Dans son avis n° 2020-AV-0369 du 1er décembre 2020, l'ASN estime à cet égard que les dates de saturation des entreposages existants et les besoins futurs en entreposage à l'horizon 2040 ont globalement bien été identifiés par les producteurs.

Toutefois, les estimations des capacités d'entreposage doivent être consolidées par l'ensemble des producteurs en intégrant des marges pour faire face à d'éventuels aléas sur les filières de gestion des déchets concernés, et être ainsi en mesure d'anticiper les besoins de capacités d'entreposage complémentaires et les procédures d'autorisation correspondantes.

S'appuyant sur une étude comparative des différents types d'entreposage remise par l'Andra, l'ASN a confirmé, dans son avis n° 2020-AV-0369 du 1er décembre 2020, que les entreposages à faible profondeur ne présentaient pas d'avantage déterminant en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection par rapport aux entreposages en surface.

Le PNGMDR 2016-2018 identifiait plusieurs orientations pour la conception des installations d'entreposage de déchets HA et MA-VL : marges significatives à la conception ; architecture simple et modulaire privilégiant les systèmes passifs ; définition de dispositions permettant de maîtriser les conditions d'ambiance de l'entreposage en situation normale, incidentelle et accidentelle ; définition des dispositions de surveillance et de traitement des écarts dès la conception, dispositions de conservation de la mémoire, etc. L'ASN sera attentive à la prise en compte de ces recommandations pour les nouvelles installations qui seront nécessaires en l'attente de la mise en service de Cigéo.

Les travaux menés dans le cadre du PNGMDR 2022-2026

Le PNGMDR 2022-2026 comprend une action visant à relancer des échanges autour des alternatives crédibles et complémentaires au stockage en couche géologique profonde. Cette démarche marque une volonté d'explorer plus largement les options de gestion des déchets HA et MA-VL, en anticipant d'éventuels retards dans la mise en service de Cigéo. Ainsi, un Comité d'expertise et de dialogue sur les alternatives au stockage en couche géologique profonde, auquel participe l'ASN, a été créé en 2023 en vue d'apporter des recommandations pour la prochaine édition du PNGMDR. Ce comité s'est réuni à sept reprises en 2024 et ses conclusions sont attendues dans le courant de l'année 2025.

Le stockage réversible en couche géologique profonde

Le stockage en couche géologique profonde est appelé par l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement, qui dispose qu'*« après entreposage, les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde »*.

La loi du 28 juin 2006 codifiée confie à l'Andra la mission de concevoir un projet de centre de stockage en couche géologique profonde, qui sera une INB et donc soumis à ce régime juridique.

Le principe de ce stockage

Le stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde consiste à stocker des déchets radioactifs dans une installation souterraine spécialement aménagée à cet effet, dans le respect du principe de réversibilité. Les caractéristiques de la couche géologique visent à confiner les substances radioactives contenues dans ces déchets. Une telle installation de stockage – contrairement aux installations d'entreposage – doit être conçue de telle sorte que la sûreté à long terme soit assurée de manière passive, c'est-à-dire sans dépendre d'actions humaines (comme des activités de surveillance ou de maintenance) qui nécessitent un contrôle dont la pérennité ne peut être garantie au-delà d'une période de temps limitée. Enfin, la profondeur des ouvrages de stockage doit être telle qu'ils ne puissent être affectés de façon significative par les phénomènes naturels externes attendus (érosion, changements climatiques, séismes, etc.) ou par des activités humaines.

L'ASN a publié, en 2008, un guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde (Guide de l'ASN n° 1) qui constituait une évolution de la RFS III 2 f de 1991.

Les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs HA et MA-VL ont été précisées par la loi du 25 juillet 2016 codifiée, qui définit le principe de réversibilité, introduit l'exigence de mise en œuvre d'une phase industrielle pilote avant la mise en service complète de Cigéo et apporte des adaptations calendaires pour la mise en œuvre de Cigéo.

Cette loi définit la réversibilité comme *« la capacité, pour les générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion. La réversibilité est mise en œuvre par la progressivité de la construction, l'adaptabilité de la conception et la flexibilité d'exploitation d'un stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs permettant d'intégrer le progrès technologique et de s'adapter aux évolutions possibles de l'inventaire des déchets consécutives notamment à une évolution de la politique énergétique. Elle inclut la possibilité de récupérer des colis de déchets déjà stockés selon des modalités et pendant une durée cohérente avec la stratégie d'exploitation et de fermeture du stockage »*.

Dans son avis n° 2016-AV-0267 du 31 mai 2016 relatif à la réversibilité du stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde, l'ASN avait estimé que le principe de réversibilité se traduisait par une exigence d'adaptabilité de l'installation et par une exigence de récupérabilité des colis durant une période encadrée par la loi.

Le décret du 9 décembre 2022 relatif aux prescriptions du PNGMDR 2022-2026 précise certains principes applicables à Cigéo, en particulier ceux précisés par les articles D. 542-91 et D 542-92 du code de l'environnement. Celui-ci précise que l'inventaire à retenir par l'Andra pour les études et recherches conduites en vue de concevoir le centre de stockage de Cigéo comprend un inventaire de référence et un inventaire de réserve. L'inventaire de référence tient compte de l'ensemble des déchets HA et MA-VL déjà produits et qui seront produits par les installations nucléaires existantes (centrales nucléaires, centres de recherche, etc.), ainsi que ceux qui seront produits par les installations nucléaires autorisées (EPR de Flamanville, ITER, réacteur expérimental Jules Horowitz), avec l'hypothèse d'une durée de fonctionnement des réacteurs de 50 ans en moyenne.

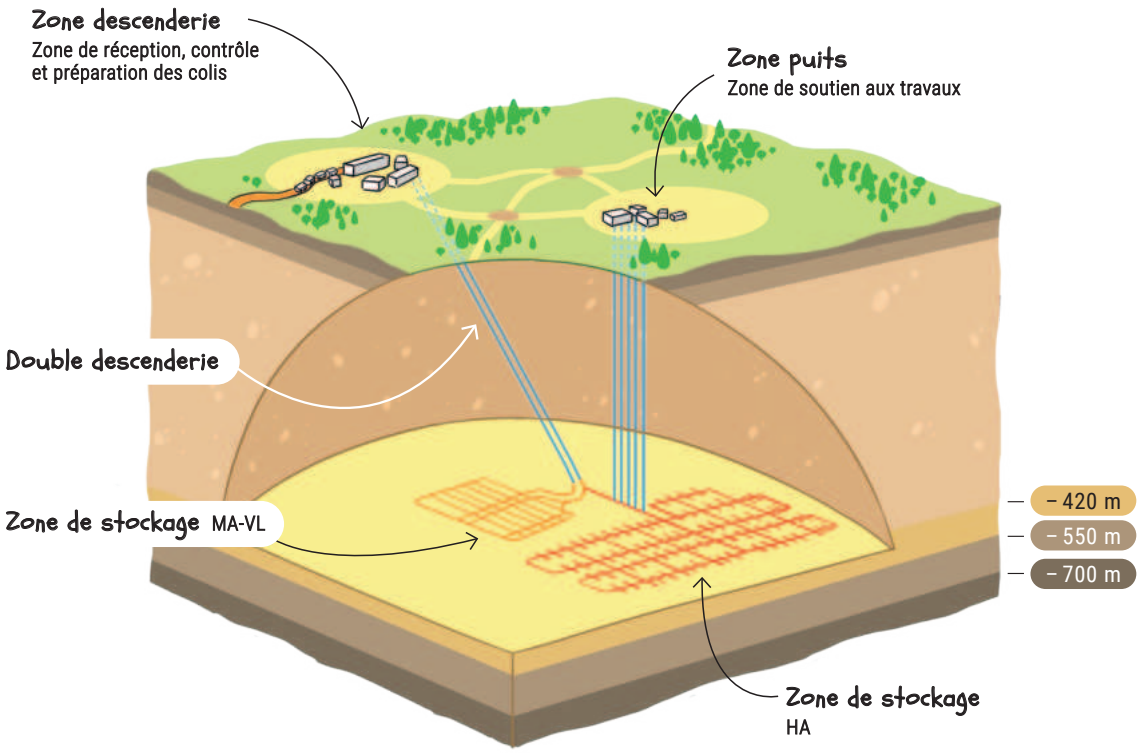
L'inventaire de réserve prend en compte les incertitudes notamment liées à des évolutions de politique énergétique. Ainsi, pour les déchets issus des futurs réacteurs dont la construction est envisagée en France (en particulier les six premiers EPR 2), l'Andra devra identifier les déchets susceptibles d'être inscrits dans l'inventaire de réserve, et s'assurer que les études d'adaptabilité de Cigéo permettent d'accueillir ces derniers, sans toutefois que cela ne remette en cause les hypothèses structurantes du projet tel que prévu par la demande de décret d'autorisation de création (DAC) en cours d'instruction (*voir page 392*).

Le laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne

Les études sur le stockage en couche géologique profonde nécessitent la réalisation de recherches et d'expérimentations au moyen d'un laboratoire souterrain. L'Andra exploite depuis 1999 un tel laboratoire souterrain sur la commune de Bure.

Dans le cadre des études sur le stockage en couche géologique profonde, l'ASN émet des recommandations sur les recherches et expérimentations menées au laboratoire et s'assure, par sondage lors de visites de suivi, qu'elles sont réalisées selon des processus garantissant la qualité des résultats obtenus.

Schéma de l'installation Cigéo comprenant les installations de surface et souterraine



Les instructions techniques

Dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, puis dans celui de la loi du 28 juin 2006 et du PNGMDR, l'Andra a mené des études et remis des rapports sur le stockage en couche géologique profonde. Ces derniers ont été examinés par l'ASN – en référence notamment au guide de sûreté de 2008 – et ont fait l'objet d'avis.

L'ASN a ainsi notamment examiné les rapports remis en 2005 et 2009 par l'Andra. Elle a émis des avis sur ces rapports les 1er février 2006 et 26 juillet 2011. L'Andra a ensuite soumis à l'ASN différents dossiers présentant l'avancement des études et travaux menés. L'ASN a ainsi pris position :
- en 2013, sur les documents produits entre 2009 et 2013, année du débat public, et sur le jalon intermédiaire de conception au stade de l'esquisse présenté par l'Andra en 2012 ;
- en 2014, sur les éléments de sûreté des ouvrages de fermeture et sur le contenu attendu pour le dossier d'options de sûreté (DOS) de l'installation ;
- en 2015, sur la maîtrise des risques en exploitation et sur le coût du projet ;
- en 2016, sur le plan de développement des composants ;
- en 2018, sur le DOS de Cigéo ;
- en 2022, sur l'aléa sismique à retenir pour le dimensionnement de l'installation.

Le dossier d'options de sûreté de Cigéo

Le dépôt d'un DOS marque l'entrée dans un processus encadré réglementairement[7]. L'ASN a reçu le DOS de Cigéo en avril 2016. À l'issue de la phase d'instruction technique, le projet d'avis de l'ASN a fait l'objet d'une consultation du public et l'ASN a rendu son avis le 11 janvier 2018. Par lettre, l'ASN a également formulé des recommandations sur les options de sûreté propres à prévenir ou limiter les risques et a demandé à l'Andra des études et justifications complémentaires (phénomènes de corrosion, bétons à bas pH, représentativité du modèle hydrogéologique, stratégie de surveillance, etc.). Les demandes de cette lettre ont tenu compte des suggestions et remarques recueillies lors de la consultation du public.

L'instruction du DOS de Cigéo a mis en exergue plusieurs sujets à enjeux sur des aspects spécifiques (architecture, définition des aléas, gestion post-accidentelle, etc.). Parmi ces sujets, l'ASN a identifié que la gestion des déchets bitumés devait faire l'objet d'une attention particulière.

Le cas particulier des déchets bitumés

La gestion des déchets bitumés est également suivie dans le cadre du PNGMDR 2016-2018, qui demandait plusieurs études relatives à la caractérisation de ces colis, à leurs modalités de transport et aux possibilités de traitement.

En 2019, l'ASN a fait part aux producteurs de déchets et à l'Andra de demandes de compléments[8] à la suite de l'instruction de l'étude remise au titre de l'article 46 de l'arrêté du 23 février 2017. Celles-ci portent notamment sur l'effet de l'auto-irradiation sur le comportement thermique des colis de déchets bitumés, sur la réactivité thermique des enrobés bitumés, sur le gonflement dans le cadre du comportement à long terme de l'installation Cigéo et sur les évolutions de conception permettant d'assurer la maîtrise des risques associés au stockage des colis de déchets bitumés.

Le ministre chargé de l'énergie et l'ASN ont par ailleurs souhaité qu'une expertise pluridisciplinaire, indépendante et tirant parti des pratiques internationales, soit menée sur cette problématique. Cette expertise a présenté ses conclusions en septembre 2019 devant le groupe de travail chargé du suivi du PNGMDR.

7. L'article R. 593-14 du code de l'environnement prévoit que « toute personne qui prévoit d'exploiter une INB peut demander à l'ASN, préalablement à l'engagement de la procédure d'autorisation de création, un avis sur tout ou partie des options qu'elle a retenues pour assurer la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1. L'autorité, par un avis rendu et publié dans les conditions et les formes qu'elle détermine, précise dans quelle mesure les options de sûreté présentées par le demandeur sont propres à prévenir ou limiter les risques pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593.1, compte tenu des conditions techniques et économiques du moment. L'autorité peut définir les études et justifications complémentaires qui seraient nécessaires en vue d'une éventuelle demande de DAC. Elle peut fixer la durée de validité de son avis. Cet avis est notifié au demandeur et communiqué au ministre chargé de la sûreté nucléaire. »

8. Les lettres de suite sont disponibles sur le site de l'ASN, dans la rubrique « Informer », « Dossiers pédagogiques », « La gestion des déchets radioactifs », « Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs », « PNGMDR 2016-2018 ».

Réunions des groupes permanents d'experts de l'ASN pour l'instruction de la demande d'autorisation de création de Cigéo

Le GPD, accompagné de membres du GPU et du GPRP, s'est réuni une première fois en avril 2024 afin d'examiner la première série de thématiques relative aux données de base et hypothèses retenues pour établir la démonstration de sûreté de Cigéo. En conclusion de cette première réunion d'examen, le groupe permanent a estimé que l'Andra avait acquis une base solide de connaissances relatives au site de Meuse/Haute-Marne, aux composants du système de stockage et aux inventaires de colis de déchets, suffisantes pour évaluer la sûreté de Cigéo au stade du dossier de demande d'autorisation de création. Le GPD a formulé des recommandations sur l'évolution des composants cimentaires du concept de l'alvéole HA et les performances des ouvrages de fermeture, sur la nécessité de consolider l'inventaire chimique des déchets et sur le volume des colis au regard de leur conditionnement. Il a également souligné que la définition de la phase industrielle pilote, tant en matière d'objectifs que de limitations, devra être formalisée par l'Andra au cours de l'instruction afin de pouvoir en apprécier la suffisance. Le GPD a considéré que les inventaires retenus par l'Andra sont suffisants pour poursuivre son développement et en examiner sa flexibilité et son adaptabilité. Il a néanmoins noté que des incertitudes, liées au volume de colis primaires dont le conditionnement n'est pas encore déterminé, demeuraient.

Enfin, le GPD a également souhaité que des compléments sur les sujets de la corrosion des aciers et de la phase industrielle pilote lui soient transmis en vue de sa deuxième réunion. L'ASN a adressé un courrier à l'Andra en ce sens en mai 2024.

Lors de sa deuxième réunion, les 10 et 11 décembre 2024, le GPD a examiné les enjeux de sûreté liés aux phases de construction et d'exploitation du futur stockage géologique. En conclusion de cette réunion, le groupe permanent a considéré que la démonstration de sûreté concernant le fonctionnement des installations de surface et souterraines était globalement satisfaisante pour ce stade de développement du projet. Il a néanmoins estimé que des compléments importants étaient nécessaires concernant la démonstration de la sûreté du stockage des déchets bitumés, de la fermeture des alvéoles MA-VL, et de l'exploitation des alvéoles HA. De même, les dispositions de surveillance des premiers ouvrages restent à préciser avant leur construction. Le groupe permanent a indiqué qu'il souhaitait réexaminer ces sujets avant le début des travaux de creusement.

La troisième et dernière réunion du GPD relative à l'examen de la demande d'autorisation de création de Cigéo aura lieu en juin 2025. Les recommandations et positions du GPD formulées au cours des trois réunions d'examen de la demande d'autorisation de création de Cigéo contribueront à fonder l'avis que rendra l'ASNR sur cette demande, conformément aux dispositions de l'article L 542-10-1. Cet avis sera rendu à l'issue de l'ensemble de l'instruction technique et en amont de la phase de consultations comprenant l'enquête publique.

L'ASN a rendu l'avis n° 2020-AV-0369 précité le 1er décembre 2020 sur les conclusions de la revue externe sur la gestion des déchets bitumés et des études sur les évolutions de conception des alvéoles MA-VL de Cigéo qui mettent en lumière des éléments techniques nouveaux depuis la publication de l'avis du 11 janvier 2018. L'ASN estime en conséquence qu'il est nécessaire que les producteurs mettent en œuvre un programme ambitieux de caractérisation des colis de déchets bitumés indispensable pour disposer de la démonstration que tout ou partie des colis de déchets bitumés pourrait être stocké avec un haut niveau de sûreté sans traitement préalable dans l'installation en projet Cigéo.

L'ASN estime par ailleurs que les colis de déchets bitumés dont la sûreté en stockage ne pourrait être démontrée doivent faire l'objet de travaux complémentaires.

Le CEA a informé l'ASN du lancement, en 2021, d'un nouveau programme d'études dit « Babylone » (regroupant l'Andra et les trois grands exploitants, et à ce titre également dénommé « programme quadripartite »), visant à nourrir les réflexions sur les modes de gestion des déchets bitumés par l'apport d'éléments issus d'actions de recherche et développement. L'ASN a accueilli favorablement cette démarche, sur laquelle elle a formulé des remarques en 2022, et suit régulièrement les avancées de ce programme, dont la durée prévisionnelle est de cinq ans. Le PNGMDR 2022-2026 prévoit que les avancées et résultats de ce programme soient présentés annuellement aux commissions de gouvernance du PNGMDR.

Du dossier d'options de sûreté vers la demande d'autorisation de création

Le projet Cigéo a été déclaré d'utilité publique par décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022, publié le 8 juillet au *Journal Officiel*. Durant ce processus, l'ASN avait apporté des réponses aux questions des commissaires enquêteurs sur certains aspects techniques du projet Cigéo.

Par ailleurs, conformément à la décision de la ministre chargée de l'énergie et du président de l'ASN du 21 février 2020 consécutive au débat public relatif à la 5e édition du PNGMDR, celui-ci prévoit, au travers de son action « HAMAVL.6 », de préciser les conditions de mise en œuvre de la réversibilité du stockage, en particulier en matière de récupérabilité des colis, les jalons décisionnels du projet Cigéo, ainsi que la gouvernance à mettre en œuvre afin de pouvoir réinterroger régulièrement les choix effectués. Il est également prévu de définir les objectifs et les critères de réussite de la phase industrielle pilote, les modalités d'information du public entre deux mises à jour successives du plan directeur d'exploitation prévu à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement, ainsi que les modalités d'association du public aux étapes structurantes de développement du projet Cigéo.

Le processus d'instruction de la demande d'autorisation de création déposée début 2023

À la suite du dépôt de la demande d'autorisation de création de Cigéo le 16 janvier 2023, l'ASN a initié le processus d'instruction technique associé à la création de cette installation de stockage en couche géologique profonde, encadrée par la section 4 du chapitre III du titre IX du livre V du code de l'environnement et par l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement, spécifique à ce type d'installation. À l'issue d'une première analyse des pièces du dossier, l'ASN s'est prononcé sur sa recevabilité administrative en juin 2023 et a formellement lancé le processus d'instruction technique, pour lequel l'appui de l'IRSN a été sollicité. Ce processus, qui s'étend sur une durée prévisionnelle de 30 mois, est jalonné de trois réunions du GPE « déchets ». Participent à ces réunions, en tant que de besoin, des experts du GPE « laboratoire et usine », ainsi que du GPE « radioprotection ». L'examen par les GPE porte dans un premier temps sur les connaissances et les hypothèses retenues afin de concevoir l'installation et d'établir sa démonstration de sûreté, puis sur l'examen de la sûreté en exploitation, et enfin sur l'évaluation de la sûreté à long terme.

La première réunion des GPE s'est tenue les 24 et 25 avril 2024 et la deuxième les 10 et 11 décembre 2024. La troisième et dernière réunion se tiendra en juin 2025 *(voir encadré ci-contre)*. La durée de la totalité du processus d'autorisation est estimée à environ cinq ans. Elle comprend en effet, outre la phase d'instruction technique, une phase de consultations (collectivités territoriales, Autorité environnementale, etc.), ainsi qu'une enquête publique.

Actions de concertation

Afin de répondre aux attentes fortes de participation de la société au projet Cigéo, et en cohérence avec les actions prévues à ce titre par le 5e PNGMDR, l'ASN a mis en œuvre un dispositif inédit de concertation autour du processus d'instruction technique. Ainsi, différentes parties prenantes (une vingtaine d'organisations, dont des commissions locales d'information (CLI), l'Association nationale des comités et des commissions locales d'information (Anccli) et des associations de

protection de l'environnement) ont été consultées dans le cadre de l'élaboration de la saisine de l'IRSN sur la demande d'autorisation de création de Cigéo, avec l'objectif de recenser leurs attentes et préoccupations, en relation avec la sûreté nucléaire et la radioprotection, afin de les prendre en compte dans le cadrage de l'instruction technique. À l'issue de cet exercice, le projet de saisine de l'IRSN a été modifié, afin d'intégrer, par exemple, les aspects relatifs à la prise en compte du changement climatique. Afin de garantir la continuité de la participation de la société tout au long du processus d'instruction technique, des actions de concertation sont mises en œuvre à l'occasion de l'élaboration des saisines des GPE sur les trois thématiques citées précédemment, et une information régulière du public est assurée, notamment à l'issue de chaque réunion de ces groupes d'experts.

Le coût du projet

Conformément à la procédure prévue à l'article L. 542-12 du code de l'environnement, la ministre chargée de l'énergie a, après avis de l'ASN en février 2015 et observations des producteurs de déchets radioactifs, arrêté le 15 janvier 2016 le coût de référence du projet de stockage Cigéo *« à 25 milliards d'euros aux conditions économiques du 31 décembre 2011, année du démarrage des travaux d'évaluation des coûts »*. Ce montant sera réévalué en 2025 par l'Andra. Le ministre chargé de l'énergie arrêtera alors le nouveau coût de Cigéo par un nouvel arrêté ministériel pris après avis de l'ASNR sur le nouveau dossier de chiffrage du projet Cigéo.

2 — La sûreté nucléaire des installations associées à la gestion des déchets, le rôle de l'ASN et les stratégies de gestion des déchets des grands exploitants nucléaires

2.1 Les modalités de gestion des déchets radioactifs et leur contrôle par l'ASN

2.1.1 L'approche graduée

Le contrôle mené par l'ASN vise, en matière de gestion des déchets radioactifs, d'une part, à vérifier la bonne application des dispositions réglementaires relatives à la gestion des déchets sur les sites de production (par exemple en matière de zonage, de conditionnement ou de contrôles réalisés par l'exploitant) ; d'autre part, à vérifier la sûreté des installations dédiées à la gestion des déchets radioactifs (installations de traitement, de conditionnement, d'entreposage et de stockage des déchets). Ce contrôle est exercé de manière proportionnée aux enjeux de sûreté nucléaire associés à chaque étape de la gestion des déchets et à chaque installation. Ainsi, les INB de gestion des déchets sont classées dans l'une des trois catégories, numérotées de 1 à 3 par ordre décroissant d'importance des risques et inconvénients qu'elles présentent. Cette catégorisation est prise en compte dans l'élaboration du programme d'inspection et permet de cibler le niveau d'expertise requis pour l'instruction de certains dossiers soumis à l'ASN par les exploitants.

Ces différentes installations, ainsi que l'appréciation par l'ASN de leur niveau de sûreté, sont présentées en introduction de ce rapport.

2.1.2 Les installations supports à la gestion des déchets radioactifs

Traitement

Le traitement est une étape fondamentale dans le processus de gestion des déchets radioactifs. Cette opération permet de séparer les déchets selon différentes catégories afin de faciliter leur gestion ultérieure et de réduire significativement le volume des déchets.

Les usines de La Hague, destinées au traitement et au recyclage des assemblages de combustibles irradiés, interviennent dans ce processus en permettant, par l'intermédiaire d'une dissolution et d'un traitement chimique, de séparer les gaines et les produits de fission. Les coques et embouts sont ensuite compactés pour réduire leur emprise en stockage.

Le Centre de traitement et de conditionnement de déchets de faible activité (Centraco – INB 160) de Cyclife France permet quant à lui une réduction significative du volume des déchets FA et TFA qui y sont envoyés. Cette usine possède une unité dédiée à l'incinération des déchets combustibles (solides et liquides) et une unité de fusion où sont traités des déchets métalliques essentiellement ferreux.

Les effluents radioactifs peuvent également être concentrés par évaporation, à l'instar des opérations réalisées dans l'Atelier de gestion avancée et de traitement des effluents (Agate – INB 171) avec ce même objectif de réduction volumique.

Conditionnement

Le conditionnement des déchets radioactifs consiste à placer les déchets dans un colis qui assure une première barrière de confinement prévenant la dispersion de substances radioactives dans l'environnement. Les techniques mises en œuvre dépendent des caractéristiques physico-chimiques des déchets et de leur typologie, ce qui explique la grande variété de colis utilisés (coques, fûts, caissons, etc.). Le processus de conditionnement peut inclure l'ajout d'une matrice (d'enrobage ou de blocage) par des procédés comme la vitrification ou la cimentation par exemple. Ces colis font l'objet d'approbations de l'Andra pour ceux destinés à des installations de stockage en exploitation, et d'accords de conditionnement de l'ASN pour ceux ayant vocation à être orientés vers des installations de stockage à l'étude.

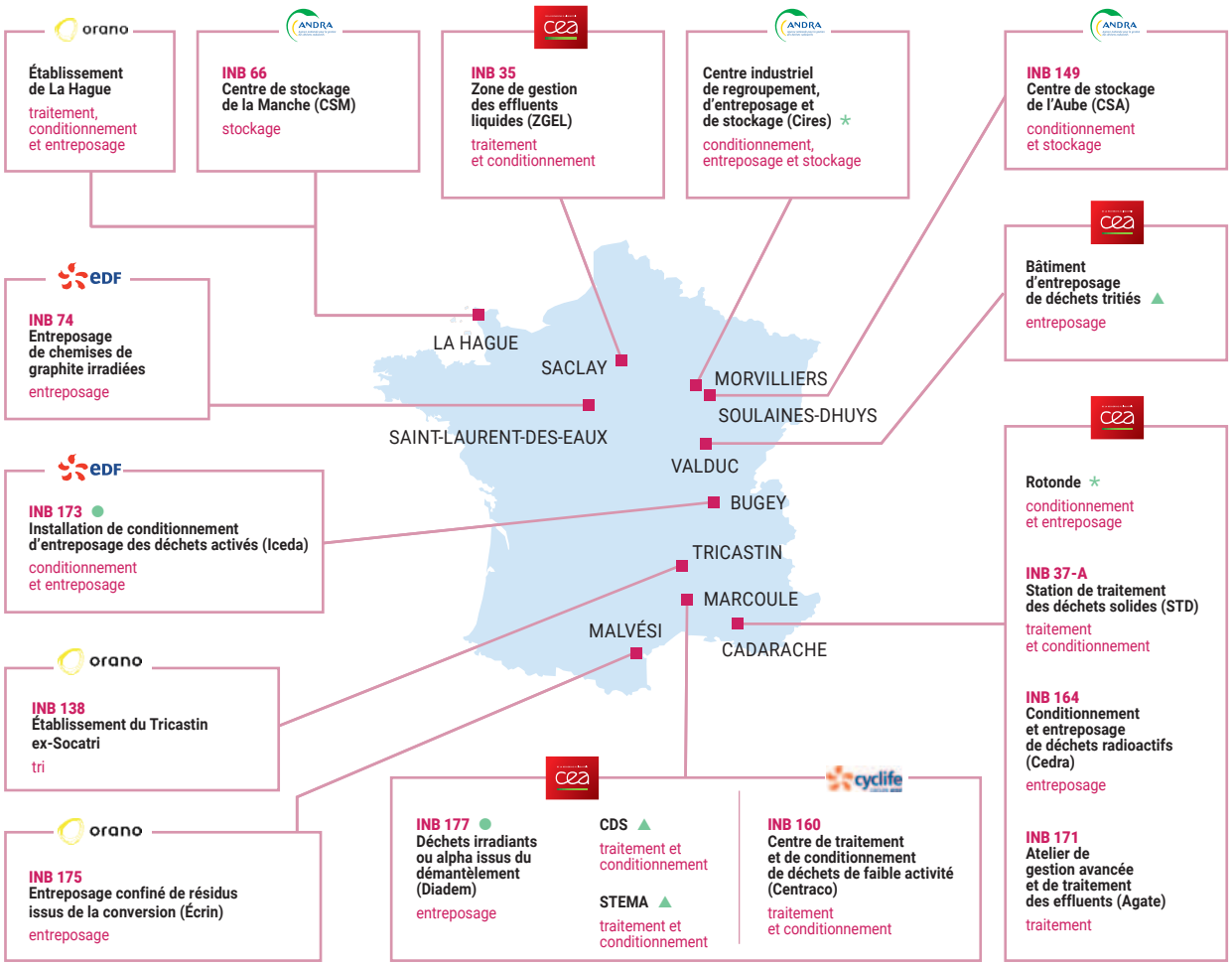
Les opérations de conditionnement sont, dans certains cas, réalisées directement sur le site de production des déchets, mais peuvent également l'être dans des installations dédiées, à l'instar des usines de La Hague, qui conditionnent les coques et embouts du combustible irradié en colis dits « colis standards de déchets compactés » (CSD-C) et les produits de fission en colis dits « colis standards de déchets vitrifiés » (CSD-V) en acier inoxydable, et des stations de traitement des effluents, telles que l'atelier Stella de l'INB 35. Les colis de déchets conditionnés sont parfois constitués dans les installations où ils ont vocation à être entreposés, comme pour les colis C1PG^{SP} de type MA-VL dans l'installation Iceda (INB 173), ou directement dans une installation de stockage, le Cires et le CSA mettant en œuvre ces opérations pour une partie des colis entrants.

Entreposage

L'entreposage, défini à l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, est une solution de gestion temporaire des déchets radioactifs. Les déchets sont conservés pour une durée limitée (pouvant aller jusqu'à 50 ans) dans l'attente de leur envoi en stockage, ou afin d'atteindre une décroissance radioactive suffisante pour permettre leur envoi vers des filières de gestion de déchets conventionnels dans le cas particulier des déchets à vie très courte, issus principalement du domaine médical.

Certaines installations (*voir carte page suivante*) sont spécifiquement dédiées à l'entreposage de déchets radioactifs, telles que Cedra, mise en service en 2006, Écrin, mise en service en 2018, et Iceda, mise en service en 2020. Ce sera également le cas de Diadem, une fois cette installation mise en service à l'horizon 2027. Les colis CSD-C et CSD-V sont, quant à eux, entreposés directement au sein de différentes installations du site de La Hague dans l'attente de la mise en service du stockage de déchets HA et MA-VL en couche géologique profonde (Cigéo).

Principales installations supports à la gestion des déchets radioactifs



Recherche et développement

Des installations supports permettent de réaliser des opérations de recherche et développement en vue d'optimiser la gestion des déchets radioactifs.

Parmi elles, l'installation Chicade (INB 156), exploitée par le CEA sur le site de Cadarache, réalise des travaux de recherche et de développement concernant des objets et déchets FA et MA. Ces travaux concernent principalement les procédés de traitement de déchets aqueux, les procédés de décontamination, les méthodes de conditionnement de déchets solides, ainsi que l'expertise et le contrôle de colis de déchets.

2.1.3 Le contrôle du conditionnement des colis

La réglementation

L'arrêté du 7 février 2012 définit les exigences associées au conditionnement des colis. Il est notamment demandé aux producteurs de déchets radioactifs de conditionner leurs déchets en tenant compte des exigences liées à leur gestion ultérieure, et tout particulièrement leur acceptation dans des installations de stockage.

La décision n° 2017-DC-0587 de l'ASN du 23 mars 2017 précise les exigences relatives au conditionnement des déchets en vue de leur stockage et aux conditions d'acceptation des colis de déchets dans les INB de stockage.

La production des colis de déchets à destination d'installations de stockage existantes

Les producteurs de colis de déchets élaborent un dossier de demande d'approbation sur la base des spécifications d'acceptation de l'installation de stockage destinataire des colis. L'Andra délivre une approbation formalisant son accord sur le procédé de fabrication et la qualité des colis. L'Andra vérifie la conformité des colis aux approbations délivrées, par l'intermédiaire d'audits et de missions de surveillance, chez les producteurs de colis et sur les colis reçus dans ses installations.

Les colis de déchets à destination d'installations de stockage à l'étude

Pour les déchets destinés à des installations de stockage à l'étude, les spécifications d'acceptation des déchets n'ont, de fait, pas encore été définies. L'Andra ne peut donc pas délivrer d'approbation pour encadrer la production de colis de déchets de type FA-VL, HA ou MA-VL.

Dans ces conditions, la production de colis de tels déchets est soumise à l'accord de l'ASN sur la base d'un dossier établi par le producteur de déchets, appelé « référentiel de conditionnement ». Celui-ci doit démontrer le caractère non rédhibitoire des colis, sur la base des connaissances existantes et des exigences actuellement identifiées pour les installations de stockage à l'étude, et concernant par exemple la géométrie et les masses maximales des colis, les déchets interdits ou soumis à restriction ou les limites de débit de dose ou d'activité radiologique.

Cette disposition permet notamment de ne pas retarder les opérations de reprise et de conditionnement des déchets (RCD) anciens des installations en démantèlement (*voir chapitre 14*).

Dans le cadre du PNGMDR 2016-2018, il a été demandé aux producteurs de déchets d'étudier l'acceptabilité des colis de déchets destinés à Cigéo. Dans son avis n° 2020-AV-0369 du 1er décembre 2020, ainsi que dans un courrier du 23 juillet 2021, l'ASN a formulé plusieurs observations relatives à la méthodologie d'élaboration de ces spécifications préliminaires d'acceptation dans Cigéo, aux paramètres retenus, ainsi qu'aux modes de stockage envisagés. Elle a notamment estimé que la méthodologie d'élaboration des spécifications préliminaires d'acceptation de Cigéo était satisfaisante.

Néanmoins, elle a relevé que plusieurs paramètres, en particulier qualitatifs, devraient être consolidés afin de faciliter leur vérification. Par ailleurs, l'analyse de l'acceptabilité des colis par les producteurs ne pouvant être considérée que partielle, notamment au regard du mode de stockage retenu, elle devra à nouveau être réalisée sur la base de la version des spécifications préliminaires d'acceptation de Cigéo intégrées au dossier de demande d'autorisation de création de cette installation, déposé en janvier 2023.

Le contrôle

Parallèlement aux actions de surveillance exercées par l'Andra sur les colis agréés, l'ASN contrôle les dispositions prises par l'exploitant pour décliner les exigences des approbations délivrées par l'Andra et maîtriser les procédés de conditionnement. Pour les colis de déchets destinés aux installations de stockage à l'étude, l'ASN est particulièrement vigilante à ce que les colis soient conformes aux accords de conditionnement qu'elle délivre.

Enfin, l'ASN s'assure également, par des inspections, que l'Andra met en œuvre les dispositions nécessaires pour vérifier la qualité des colis acceptés dans ses installations de stockage. En effet, l'ASN considère que le rôle de l'Andra dans le processus de délivrance des approbations et dans le contrôle des dispositions prises par les producteurs de colis de déchets est primordial pour garantir la qualité des colis et le respect de la démonstration de sûreté des stockages de déchets.

2.1.4 L'élaboration du cadre réglementaire et des prescriptions aux exploitants

L'ASN peut prendre des décisions à caractère réglementaire. Ainsi, les dispositions de l'arrêté du 7 février 2012 qui concernent la gestion des déchets radioactifs ont été déclinées dans les décisions de l'ASN relatives à la gestion des déchets dans les INB et au conditionnement des déchets précédemment mentionnées. À titre d'exemple, la décision du 23 mars 2017 traite du conditionnement des déchets radioactifs et des conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les INB de stockage. Elle vise à préciser les exigences de sûreté des étapes d'une filière de gestion. Par ailleurs, afin d'assurer une approche cohérente de gestion des déchets au sein des INB et des installations nucléaires de base secrètes (INBS), une convention a été signée, en janvier 2021, entre l'ASN et l'ASND qui coordonnent leurs actions dans ce domaine.

De manière plus générale, l'ASN édicte des prescriptions relatives à la gestion des déchets provenant des INB.

L'ASN a précisé, dans deux guides, certaines attentes relatives à la gestion des déchets : le Guide n° 18 relatif à la gestion des effluents et déchets radioactifs produits par une activité nucléaire autorisée au titre du code de la santé publique et le Guide n° 23 relatif au plan de zonage déchets des INB (*voir points 1.2.1 et 1.2.2*).

Enfin, l'ASN est consultée pour avis sur les projets de textes réglementaires relatifs à la gestion des déchets radioactifs.

Concernant le sujet du stockage des déchets radioactifs, l'ASN a poursuivi, en 2023, ses travaux d'élaboration d'une décision encadrant les installations de stockage, ainsi que d'un guide sur le stockage à faible profondeur. Ces textes visent à consolider les exigences associées aux installations de stockage des déchets radioactifs. Du 20 octobre au 20 novembre 2023, l'ASN a ouvert une consultation sur le document d'orientation et de justification (DOJ) associé à ces travaux, qui se poursuivront en 2025.

2.1.5 L'évaluation des charges financières nucléaires

Le cadre réglementaire visant à sécuriser le financement des charges de démantèlement des installations nucléaires ou, pour les installations de stockage de déchets radioactifs, des charges d'arrêt définitif, d'entretien et de surveillance, ainsi que des charges de gestion des combustibles usés et déchets radioactifs, est décrit dans le chapitre 14 (*voir point 1.4*).

2.2 Les réexamens périodiques des installations de gestion des déchets radioactifs

L'exploitant d'une INB, y compris d'une installation de gestion des déchets radioactifs, procède périodiquement au réexamen de son installation afin d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables, et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients en tenant compte, notamment, de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances et des règles applicables aux installations similaires. La diversité et le caractère souvent unique de chaque installation de gestion des déchets radioactifs conduisent l'ASN à adopter une démarche d'instruction spécifique à chaque réexamen périodique.

Dans ce cadre, plusieurs réexamens relatifs à des installations de gestion des déchets radioactifs sont en cours d'instruction par l'ASN. Ils concernent :

- trois INB exploitées par le CEA : l'installation de traitement et conditionnement (INB 35) sur le site de Saclay, ainsi que les installations Cedra (INB 164) et Agate (INB 171) sur le site de Cadarache ;
- une INB exploitée par EDF : l'INB 74 constituée des silos d'entreposage de Saint-Laurent-des-Eaux ;
- une INB exploitée par Cyclife France sur le site de Marcoule : installation Centraco de traitement des déchets par fusion ou par incinération (INB 160) ;
- une INB exploitée par Orano sur le site du Tricastin : l'installation d'assainissement et de récupération de l'uranium (IARU – INB 138).

2.2.1 Les réexamens des installations supports à la gestion des déchets radioactifs

Les réexamens périodiques des installations les plus anciennes, telles que les INB 35, 37-A, 74 et 118, présentent des enjeux particuliers. Les silos de Saint-Laurent-des-Eaux (INB 74) présentent notamment des enjeux de sûreté, compte tenu de leurs inventaires. Ces réexamens doivent traiter de la maîtrise des conditions d'entreposage des déchets en incluant les déchets historiques, de la RCD en vue d'une évacuation dans la filière dédiée, ainsi que de l'assainissement programmé des bâtiments. En lien avec ces enjeux, les réexamens doivent permettre d'assurer la maîtrise des impacts des rejets dans les milieux (sols, eaux souterraines ou encore eaux marines pour certaines INB).

Pour les installations plus récentes telles que Cedra et Chicade, les réexamens périodiques ont mis en exergue des problématiques plus génériques. La tenue des bâtiments en cas d'agressions internes et externes (séisme, incendie, foudre, inondation, chute d'aéronef) constitue un des points importants. L'ASN a fait connaître ses conclusions sur le réexamen de l'installation de conditionnement de déchets 37-A le 4 janvier 2023 et celles sur le réexamen de l'INB 118 le 8 décembre 2022.

2.2.2 Les réexamens des installations de stockage des déchets radioactifs

Les réexamens du CSM (INB 66) et du CSA (INB 149) présentent la particularité de traiter de la maîtrise des risques et des inconvénients présentés par ces installations sur le long terme, en plus de réévaluer leur maîtrise en exploitation. Ils ont donc notamment pour objectif la mise à jour, si nécessaire, des scénarios, modèles et hypothèses de long terme, afin de confirmer la bonne maîtrise des risques et inconvénients dans le temps. Les réexamens périodiques de ces deux installations mettent ainsi en exergue la nécessité de progresser sur la connaissance des impacts à long terme liés aux substances chimiques toxiques contenues dans certains déchets, ainsi que sur la connaissance des impacts des radionucléides sur l'environnement (faune et flore). L'ASN a rendu ses conclusions sur le second réexamen périodique du CSA le 25 juillet 2022 et du CSM le 29 avril 2024.

Les réexamens successifs doivent également permettre de préciser les dispositions techniques prévues par l'exploitant pour assurer la maîtrise des inconvénients de l'installation à long terme, notamment concernant les dispositifs de couverture de ces installations, qui participent au confinement final des massifs de stockage.

La pérennité de la couverture du CSM et la conservation de la mémoire pour les générations futures sont deux axes prépondérants du réexamen de ce centre de stockage de déchets radioactifs.

Enfin, ces réexamens périodiques permettent de préciser, au fil du temps, les dispositions que l'exploitant prévoit de mettre en œuvre pour permettre une surveillance sur le long terme du comportement du stockage.

2.3 La stratégie de gestion des déchets du CEA et l'appréciation de l'ASN

La typologie de déchets du CEA

Le CEA exploite des installations de nature diverse, couvrant l'ensemble des activités liées au cycle nucléaire : des laboratoires et usines liés aux recherches sur le « cycle du combustible », mais également des réacteurs d'expérimentation.

Par ailleurs, le CEA procède à de nombreuses opérations de démantèlement.

Ainsi, les types de déchets produits par le CEA sont variés et recouvrent notamment :
• des déchets produits par l'exploitation des installations de recherche (tenues de protection, filtres, pièces et composants métalliques, déchets liquides, etc.) ;
• des déchets issus d'opérations de reprise et de conditionnement des déchets anciens (déchets cimentés, sodés, magnésiens, mercuriels, etc.) ;
• des déchets consécutifs à l'arrêt définitif et au démantèlement des installations (déchets de graphite, gravats, terres contaminées, etc.).

Le spectre de contamination de ces déchets est également large avec, en particulier, la présence d'émetteurs alpha dans les activités liées aux recherches sur le « cycle du combustible » et d'émetteurs bêta-gamma pour les déchets de fonctionnement issus des réacteurs d'expérimentation.

Pour gérer ces déchets, le CEA dispose d'installations spécifiques (de traitement, de conditionnement et d'entreposage). Certaines d'entre elles sont mutualisées pour l'ensemble des centres du CEA, comme la Station de traitement des effluents liquides (STEL) de Marcoule ou la STD de Cadarache.

Les enjeux

Les principaux enjeux pour le CEA en matière de gestion des déchets radioactifs sont :
• la rénovation d'installations (par exemple, l'INB 37-A) ;
• l'extension des capacités d'entreposage existantes (Cedra) ;
• la mise en service de capacités d'entreposage non existantes (Diadem) ;
• la conduite des projets de RCD anciens.

Ces différents éléments doivent permettre le traitement, le conditionnement et l'entreposage des effluents, des combustibles usés et des déchets dans des conditions de sûreté et de radioprotection satisfaisantes et dans des délais compatibles avec les engagements pris pour l'arrêt des installations anciennes, dont le niveau de sûreté ne répond pas aux exigences actuelles.

L'examen par l'ASN de la stratégie de gestion des déchets du CEA

En réponse à une demande de l'ASN et de l'ASND en 2012, le CEA a remis un réexamen global de sa stratégie de démantèlement et de gestion des déchets en décembre 2016. L'instruction de ce rapport a permis aux deux autorités de rendre un avis conjoint sur cette stratégie en mai 2019.

L'ASN et l'ASND estiment que la définition de la stratégie de démantèlement des installations et la mise à jour de la stratégie de gestion des déchets et des matières du CEA résultent d'un travail approfondi.

Les stratégies de démantèlement et de gestion des matières et de déchets du CEA présentent de fortes incertitudes relatives en particulier à la disponibilité d'installations supports. Ces stratégies s'appuient sur la mutualisation des moyens entre ses centres et reposent sur l'utilisation d'installations qui sont, pour certaines, à l'état de projet, en phase de mise en service, en cours de rénovation, en attente de réexamen de sûreté ou autorisées à poursuivre leur exploitation pour une durée limitée. La plupart sont uniques et sans alternative opérationnelle évidente en cas de défaillance.

L'ensemble de ces éléments constitue des points de fragilité de la stratégie du CEA, notamment les installations et moyens supports nécessaires à la réalisation des projets d'assainissement-démantèlement (A&D) et de RCD dont l'exigence de disponibilité apparaît particulièrement « sensible » dans la mesure où elles assurent des fonctions qu'aucune autre installation du CEA n'est en mesure de réaliser.

L'ASN et l'ASND ont donc adressé au CEA plusieurs demandes visant à limiter ces fragilités, à consolider sa stratégie et à en préciser le calendrier de réalisation.

Elles demandaient que le CEA rende compte régulièrement de l'avancement des projets de démantèlement et de gestion des déchets, et qu'une communication régulière vis-à-vis du public soit réalisée, suivant les modalités appropriées à la nature des installations, civiles ou de défense. L'ASN, l'ASND et le CEA ont convenu de la mise en place d'un suivi régulier de ces opérations, notamment au travers d'indicateurs d'avancement et de l'actualisation périodique des grands engagements de sûreté du CEA.

Le suivi de la mise en œuvre de la stratégie de gestion des déchets du CEA

L'ASN constate la difficulté du CEA à maîtriser pleinement les enjeux liés à la réalisation de ces projets, qui doivent être conduits simultanément et concernent tant la conduite d'opérations de démantèlement que l'exploitation d'installations supports à la gestion des déchets. Elle continuera à porter une vigilance particulière sur la conduite et le suivi de ces projets. L'ASN souligne, néanmoins, la bonne anticipation des travaux nécessaires pour éviter la saturation de certaines capacités d'entreposage de déchets, comme la tranche 3 de l'installation Cedra, et la bonne adéquation du schéma directeur des transports avec les capacités d'entreposage du CEA.

2.4 La stratégie de gestion des déchets d'Orano et l'appréciation de l'ASN

L'usine de traitement et de recyclage des combustibles usés de l'établissement de La Hague présente des enjeux majeurs en matière de gestion des déchets radioactifs. Les déchets présents sur le site de La Hague comprennent, d'une part, les déchets issus du traitement du combustible usé, provenant majoritairement de centrales nucléaires de production d'électricité, mais également de réacteurs de recherche ; d'autre part, les déchets liés au fonctionnement et au démantèlement des différentes installations du site. La majorité de ces déchets restent la propriété de l'exploitant qui fait procéder au traitement de ses combustibles usés, qu'ils soient français ou étrangers. Les déchets français sont orientés vers les filières de gestion précédemment décrites, alors que les déchets étrangers sont renvoyés dans leur pays d'origine. Sur le site du Tricastin, Orano produit également des déchets liés aux activités de l'amont du « cycle » (production des combustibles nucléaires), essentiellement contaminés par des émetteurs alpha.

En 2016, Orano a remis à l'ASN et à l'ASND un dossier, complété en 2017, présentant sa stratégie de démantèlement et de gestion des déchets des installations françaises du groupe, ainsi que sa mise en œuvre concrète sur les sites de La Hague et du Tricastin. Orano a par ailleurs transmis, en 2018, des engagements généraux et particuliers pour les sites de La Hague et du Tricastin. L'ASN a pris position sur cette stratégie le 14 février 2022.

Des éléments ont été transmis à l'ASN par Orano depuis 2022, en réponse aux différentes demandes de l'ASN figurant dans la lettre du 14 février 2022. Ces éléments sont en cours d'instruction par l'ASN.

Les enjeux

Les principaux enjeux liés à la gestion des déchets de l'exploitant Orano sont :
• la sûreté des installations d'entreposage des déchets anciens. Sur le site de La Hague, des installations dédiées à la reprise et au conditionnement puis à l'entreposage des déchets anciens doivent être conçues, construites puis mises en service. Ces projets rencontrent des difficultés techniques, qui peuvent rendre nécessaires certains aménagements des délais fixés par l'ASN (*voir chapitre 14*). De plus, les capacités d'entreposage des

déchets radioactifs sur le site doivent être anticipées avec des marges prudentes, afin de prévenir leur saturation. Sur le site du Tricastin, les déchets historiques entreposés nécessitent des actions importantes en matière de caractérisation et de recherche d'options de gestion. Les conditions d'entreposage dans certaines installations du Tricastin ne répondent pas aux exigences de sûreté actuelles et doivent être améliorées ;
• la définition de solutions pour le conditionnement des déchets, en particulier des déchets anciens. Les modalités de conditionnement des déchets radioactifs destinés à une INB de stockage à l'étude doivent faire l'objet d'un accord préalable de l'ASN, conformément à l'article 6.7 de l'arrêté du 7 février 2012 (*voir point 2.2.2*). La maîtrise des échéances de conditionnement est un axe particulièrement important, nécessitant le développement de programmes de caractérisation et de R&D pour démontrer la faisabilité et la compatibilité des procédés de conditionnement retenus avec les étapes ultérieures de gestion et identifier suffisamment tôt les risques susceptibles d'affecter significativement les projets associés. Le cas échéant, lorsque la faisabilité du conditionnement défini ne peut pas être établie dans des délais compatibles avec les échéances prescrites, il est nécessaire, pour l'exploitant, de prévoir une solution alternative, incluant en particulier des entreposages intermédiaires, permettant la reprise et la caractérisation des déchets anciens dans les meilleurs délais, tout en garantissant l'absence de contregeste pouvant compromettre la sûreté de leur entreposage, le conditionnement définitif et les étapes ultérieures de gestion des colis produits.

Dans le cadre des opérations de RCD, Orano étudie des solutions de conditionnement nécessitant le développement de nouveaux procédés, notamment pour les déchets MA-VL suivants :
• les boues radioactives provenant de l'installation STE2 de La Hague ;
• les déchets technologiques émetteurs de rayonnement alpha provenant principalement des usines de La Hague et de Melox (Gard) ne pouvant pas être stockés en surface.

Pour d'autres types de déchets MA-VL issus des opérations de RCD, Orano étudie la possibilité d'adapter des procédés existants (compactage, cimentation, vitrification). Une partie des référentiels de conditionnement associés est en cours d'instruction par l'ASN.

2.5 La stratégie de gestion des déchets d'EDF et l'appréciation de l'ASN

Les déchets radioactifs produits par EDF proviennent de plusieurs activités distinctes. Il s'agit notamment des déchets résultant de l'exploitation des centrales nucléaires qui sont constitués de déchets activés dans les cœurs des réacteurs et de déchets résultant de leur fonctionnement et de leur maintenance. À cela s'ajoutent certains déchets anciens, ainsi que les déchets issus des opérations de démantèlement en cours. EDF est également propriétaire de déchets HA et MA-VL issus du traitement des combustibles usés dans l'usine Orano de La Hague, pour la part qui lui est attribuée.

Les déchets activés

Ces déchets sont notamment les grappes de commande et les grappes de contrôle utilisées pour le fonctionnement des réacteurs. Ce sont des déchets MA-VL dont les quantités produites sont faibles. Ils sont actuellement entreposés dans les piscines d'entreposage du combustible dans les centrales nucléaires, en attendant d'être transférés dans l'installation Iceda.

Les déchets d'exploitation et de maintenance

Une partie des déchets est traitée par fusion ou incinération dans l'installation Centraco, dans le but de réduire le volume des déchets ultimes. Les autres types de déchets de fonctionnement et de maintenance sont conditionnés sur les sites de production puis expédiés pour stockage au CSA ou au Cires (*voir points 1.3.1 et 1.3.2*). Ils contiennent des émetteurs bêta et gamma et peu ou pas d'émetteurs alpha. EDF a remis fin 2013 un dossier présentant sa stratégie en matière de gestion des déchets. Après instruction, l'ASN a notamment demandé à EDF, en 2017, de poursuivre ses mesures pour réduire les incertitudes associées à l'activité des déchets envoyés au CSA, d'améliorer ses dispositions organisationnelles pour garantir des ressources suffisantes à la gestion des déchets radioactifs et de présenter la filière la plus appropriée pour le traitement des générateurs de vapeur usés.

Enfin, les tubes guides de grappes usés du parc EDF seront stockés directement au CSA, après l'abandon par EDF du projet de traitement par Cyclife France dans l'installation Centraco, dans le but de réduire le volume des déchets.

Les enjeux

Les principaux enjeux associés à la stratégie de gestion des déchets d'EDF concernent :
• la gestion des déchets anciens. Il s'agit principalement des déchets de structure (chemises en graphite) des combustibles de la filière de réacteurs UNGG. Ces déchets pourraient être stockés dans un centre de stockage pour les déchets de type FA-VL (*voir point 1.3.4*). Ils sont entreposés principalement dans des silos semi-enterrés à Saint-Laurent-des-Eaux. Les déchets de graphite sont également présents sous forme d'empilements dans les réacteurs UNGG en cours de démantèlement. EDF a mené, dans le cadre du PNGMDR 2016-2018, une étude de fiabilisation de l'activité de ces déchets et a remis ses conclusions en décembre 2019. À la suite de demandes de l'ASN, des compléments ont été apportés en 2023. Ils font l'objet d'une instruction par l'ASN ;
• les évolutions liées au « cycle du combustible ». La politique d'EDF en matière d'utilisation du combustible (*voir chapitre 10*) a des conséquences sur les installations du « cycle » (*voir chapitre 12*) et sur les quantités et la nature des déchets produits. L'ASN a rendu un avis sur la cohérence du « cycle du combustible nucléaire » en octobre 2018 (*voir chapitre 12*).

3 — La gestion des résidus de traitement et des stériles miniers issus des anciennes mines d'uranium

L'exploitation des mines d'uranium en France entre 1948 et 2001 a conduit à la production de 76 000 tonnes d'uranium. Des activités d'exploration, d'extraction et de traitement ont concerné environ 250 sites en France, répartis sur 27 départements dans les huit régions Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Bretagne, Grand Est, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Pays de la Loire et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Le traitement des minerais a, quant à lui, été réalisé dans huit usines. Aujourd'hui, les anciennes mines d'uranium sont presque toutes sous la responsabilité d'Orano. On peut distinguer deux catégories de produits issus de l'exploitation des mines d'uranium :
• les stériles miniers, qui désignent les roches excavées pour accéder au minerai. La quantité de stériles miniers extraits est évaluée à environ 170 millions de tonnes ;
• les résidus de traitement, qui désignent les produits restants, après extraction de l'uranium contenu dans le minerai, par traitement statique ou dynamique. En France, ces résidus représentent 50 millions de tonnes, réparties dans 17 stockages. Ces sites sont des ICPE et leur impact sur l'environnement est contrôlé.

Le réaménagement des sites de stockage de résidus de traitement d'uranium a notamment consisté en la mise en place d'une couverture solide sur les résidus, afin d'assurer une barrière de protection géochimique et radiologique permettant de limiter les risques d'intrusion, d'érosion,

de dispersion des produits stockés ainsi que des produits liés à l'exposition externe et interne des populations voisines.

Le contexte réglementaire

Les mines d'uranium et leurs dépendances, ainsi que les conditions de leur fermeture, relèvent du code minier. Les stockages de résidus miniers radioactifs relèvent de la rubrique 1735 de la nomenclature des ICPE. Les mines et les stockages de résidus miniers ne sont donc pas soumis au contrôle de l'ASN.

Dans le cas spécifique des anciennes mines d'uranium, un plan d'action a été défini par la circulaire n° 2009-132 du 22 juillet 2009 du ministre chargé de l'environnement et du président de l'ASN du 22 juillet 2009, selon les axes de travail suivants :
• contrôler les anciens sites miniers ;
• améliorer la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et leur surveillance ;
• gérer les stériles (mieux connaître leurs utilisations et réduire les impacts si nécessaire) ;
• renforcer l'information et la concertation.

PNGMDR : le comportement à long terme des sites

Depuis 2003, les études remises dans le cadre du PNGMDR ont permis d'améliorer les connaissances concernant :
• l'impact dosimétrique des stockages de résidus miniers sur l'homme et l'environnement, avec notamment la comparaison des données issues de la surveillance et des résultats de modélisation ;
• l'évaluation de l'impact dosimétrique à long terme des verses à stériles et des stériles dans le domaine public en lien avec les résultats acquis dans le cadre de la circulaire du 22 juillet 2009 ;
• la stratégie à retenir pour l'évolution du traitement des eaux collectées sur les anciens sites miniers ;
• la relation entre les flux rejetés et l'accumulation de sédiments marqués dans les rivières et les lacs ;
• la méthodologie d'évaluation de la tenue à long terme des ouvrages ceinturant les stockages de résidus ;
• les phénomènes de transport de l'uranium des verses à stériles vers l'environnement ;
• les mécanismes régissant la mobilité de l'uranium et du radium au sein des résidus miniers uranifères.

À la suite de l'avis n° 2016-AV-0255 de l'ASN du 9 février 2016, et dans le cadre du PNGMDR 2016-2018, Orano a transmis 11 études entre janvier 2017 et février 2020 pour compléter les études remises antérieurement. Sur cette base, l'ASN a remis un avis le 4 février 2021, destiné à faire le point sur ces sujets.

Ainsi, l'avis n° 2021-AV-0374 de l'ASN du 4 février 2021 précise les études restant à réaliser pour répondre aux enjeux associés aux anciens sites miniers et rappelés ci-avant. Ces études peuvent conduire à la réalisation de travaux, tels que le retrait de stériles miniers dans le domaine public, le renforcement d'ouvrages ceinturant les sites de stockage, l'amélioration de la conservation de la mémoire. Cet avis recommande aussi la poursuite des travaux de deux groupes de travail techniques portant sur :
• le maintien des fonctions des ouvrages ceinturant les stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium. Le rapport final, sur le maintien des fonctions des ouvrages ceinturant les stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium, publié le 30 janvier 2023, a été actualisé le 12 novembre 2024. Cette mise à jour ne remet pas en question les recommandations, méthodes et conclusions mentionnées dans le rapport final publié en 2023. Ce rapport est désormais pris en compte par Orano afin de mettre à jour ses études d'évaluation de la stabilité de ses ouvrages ceinturant les sites de stockage de résidus de traitement miniers. L'étude concernant le site du Bernardan, remise en octobre 2023, fait actuellement l'objet d'une expertise afin de vérifier l'appropriation par Orano des méthodologies et recommandations de ce rapport. Concernant l'évaluation du site de Montmassacrot, l'ASN a demandé à Orano en novembre 2024 des compléments sur l'étude remise en octobre 2021 afin de justifier la stabilité de l'ouvrage à court et long terme ;
• la gestion des eaux issues des anciens sites miniers uranifères. Avec l'objectif de réduction de l'impact global (radiologique et chimique) des rejets sur l'homme et les écosystèmes, le groupe de travail technique dédié a achevé, en juin 2024, la rédaction du guide d'élaboration de la méthodologie d'analyse multicritères multiacteurs. Il s'agit d'un guide d'aide à la décision sur la question du maintien, de l'arrêt ou de l'évolution du traitement des eaux de mine collectées pour un site donné, accueillant dans certains cas un stockage de résidus de traitement de minerai d'uranium. Cette version finale est en attente de publication.

L'ASN a proposé la création d'un troisième groupe dont le travail portera sur la mise à jour de la méthodologie d'évaluation de l'impact à long terme des stockages de résidus de traitement miniers. Ce groupe de travail s'attachera, en particulier, à préciser les scénarios de dégradation à long terme de la couverture des stockages de résidus de traitement miniers, en lien avec les scénarios d'évolution des sites de stockage de déchets radioactifs et les travaux menés dans le cadre du groupe d'expertise pluraliste sur les sites miniers d'uranium du Limousin (GEP Limousin). Ce groupe de travail n'a pas encore débuté, la priorité ayant été donnée à terminer les travaux des deux groupes de travail mentionnés ci-dessus.

Le PNGMDR 2022-2026 prévoit enfin la poursuite des actions relatives à l'impact environnemental et sanitaire à long terme de la gestion des anciennes mines d'uranium. Ces actions prendront notamment en compte la poursuite de la mise à jour des études sur la stabilité des ouvrages, suivant la méthodologie proposée par le rapport final sur le maintien des fonctions des ouvrages ceinturant les stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium, et l'application de la méthodologie de gestion des eaux issues des anciens sites miniers précisés ci-avant.

4 — La gestion des sites et sols pollués par des substances radioactives

Un site pollué par des substances radioactives se définit comme un site qui, du fait d'anciens dépôts de substances ou déchets radioactifs, d'utilisation ou d'infiltration de substances radioactives ou d'activation radiologique de matériaux, présente une pollution radioactive susceptible de provoquer une nuisance ou un risque durable pour les personnes ou l'environnement.

La pollution par des substances radioactives peut résulter d'activités industrielles, artisanales, médicales ou de recherche impliquant des substances radioactives. Elle peut concerner les lieux d'exercice de ces activités, mais également leur voisinage, immédiat ou plus éloigné. Les activités concernées sont, en général, soit des activités nucléaires, telles que définies par le code de la santé publique, soit des activités concernées par la radioactivité naturelle.

Toutefois, la plupart des sites pollués par des substances radioactives nécessitant actuellement une gestion ont été le siège d'activités industrielles passées, à une époque où la connaissance des risques liés à la radioactivité n'était pas la même

qu'aujourd'hui. Les principaux secteurs industriels à l'origine des pollutions radioactives actuellement recensées sont l'extraction du radium pour les besoins de la médecine et pour la parapharmacie, au début du XX^{e} siècle jusqu'à la fin des années 1930, la fabrication et l'application de peintures radioluminescentes pour la vision nocturne, ainsi que les industries exploitant des minerais tels que la monazite ou le zircon. La gestion d'un site pollué par des substances radioactives est une gestion au cas par cas, qui nécessite de disposer d'un diagnostic précis du site.

Plusieurs inventaires des sites pollués sont disponibles pour le public et sont complémentaires : l'inventaire national de l'Andra, mis à jour tous les cinq ans, qui comprend les sites identifiés comme pollués par des substances radioactives (l'édition 2024 est disponible sur *andra.fr* au même titre que la publication des Essentiels 2024 de l'inventaire national), ainsi que les bases de données consacrées aux sites et sols pollués du ministère chargé de l'environnement.

L'ASN estime, par ailleurs, que les parties prenantes et les publics concernés doivent être impliqués le plus en amont possible dans la démarche de réhabilitation d'un site pollué par des substances radioactives.

En application du principe « pollueur-payeur » inscrit dans le code de l'environnement, les responsables de la pollution financent les opérations de réhabilitation du site pollué et de l'élimination des déchets qui résultent de ces opérations. En cas de défaillance des responsables, l'Andra assure, au titre de sa mission de service public et sur réquisition publique, la remise en état des sites de pollutions radioactives.

Dans le cas des sites et sols pollués sans responsable connu, l'État assure le financement de leur assainissement, par une subvention publique prévue à l'article L. 542-12-1 du code de l'environnement. La Commission nationale des aides dans le domaine radioactif (CNAR) émet des avis sur l'utilisation de cette subvention, tant sur les priorités d'attribution des fonds que sur les stratégies de traitement des sites pollués et sur les principes de prise en charge aidée des déchets.

Au titre de l'article D. 542-15 du code de l'environnement, la composition de la CNAR est la suivante :
• des « membres de droit », les représentants des ministères chargés de l'environnement et de l'énergie, de l'Andra, de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, de l'IRSN, du CEA, de l'ASN et de l'Association des maires de France ;
• des membres mandatés pour quatre ans par les ministres chargés de l'énergie, de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (le président de la CNAR, deux représentants d'associations environnementales et un représentant d'un établissement public foncier).

La CNAR s'est réunie une fois au cours de l'année 2024, pour traiter les dossiers relatifs à la reprise d'objets radioactifs détenus par des particuliers, la gestion de sites pollués ou la gestion de terres issues de l'assainissement d'anciens sites historiques.

Lorsque la pollution est due à une installation relevant d'une police spéciale (INB, ICPE ou activité nucléaire relevant du code de la santé publique), la gestion de ces sites relève du même régime de contrôle. Dans le cas contraire, le préfet contrôle les mesures prises en matière de gestion du site pollué.

Pour ce qui concerne la gestion des sites pollués radioactifs relevant du régime des ICPE et du code de la santé publique, que le responsable soit solvable ou défaillant, conformément à sa doctrine en matière de gestion des sites pollués par des substances radioactives validée (*voir chapitre 14, point 1.2.2*), l'ASN rappelle que les pratiques d'assainissement doivent être mises en œuvre en tenant compte des meilleures méthodes et techniques disponibles, dans des conditions économiques acceptables. Le scénario d'assainissement complet doit être envisagé systématiquement en tant que scénario de référence. Ce scénario, qui conduit à une libération inconditionnelle des bâtiments et des sites, permet en effet de garantir, sans aucune réserve, la protection des personnes et de l'environnement dans le temps par le retrait de toute pollution.

En cas de difficultés techniques, économiques ou financières identifiées, un ou plusieurs scénarios d'assainissement adaptés et compatibles avec les usages futurs du site (établis, envisagés et envisageables) peuvent être conjointement proposés par le responsable de la pollution (s'il est solvable) ou le propriétaire du site au préfet. En tout état de cause, les éléments justifiant que le scénario de référence ne peut être mise en œuvre dans des conditions technico-économiques acceptables et que les opérations d'assainissement envisagées constituent un optimum technico-économique doivent être apportés. En cas de « non-compatibilité » avec l'ensemble des usages, des restrictions ou interdiction d'usage et des dispositions techniques pour limiter l'exposition des occupants ou prescrire des mesures de surveillance peuvent être mises en place, au travers d'une servitude d'utilité publique ou d'un secteur d'information sur les sols.

Dans tous les cas, le préfet peut s'appuyer sur l'avis de l'inspection des installations classées, de l'ASN et de l'Agence régionale de santé pour valider le projet de réhabilitation du site, et encadre la mise en œuvre des mesures de réhabilitation par arrêté préfectoral. Ainsi, l'ASN peut être sollicitée par les services préfectoraux et l'inspection des installations classées pour rendre son avis sur les objectifs d'assainissement d'un site.

Action de l'ASN concernant les différents sites miniers d'uranium et sols pollués par des substances radioactives

Les mines d'uranium et leurs dépendances, ainsi que les conditions de leur fermeture, relèvent du code minier. Les stockages de résidus miniers radioactifs relèvent de la rubrique 1735 de la nomenclature des ICPE. Le contrôle des modalités de gestion des résidus ou des stériles miniers en dehors des sites de production ou des stockages sont de la responsabilité du préfet, sur propositions des Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal).

Ainsi, les mines, les stockages de résidus miniers, les modalités de gestion des résidus ou des stériles miniers dans le domaine public ou la gestion des sites et sols pollués par des substances radioactives sans responsable solvable ne sont donc pas soumis au contrôle de l'ASN. L'ASN intervient en appui des services de l'État, à leur demande, en ce qui concerne la radioprotection des travailleurs et du public, ainsi que les filières de gestion des déchets, des résidus et des stériles miniers. De plus, dans le cadre du PNGMDR, l'ASN rend des avis sur les études remises afin, par exemple, d'améliorer les connaissances sur l'évolution de l'impact radiologique à long terme des anciens sites miniers sur le public et l'environnement.

L'ASN peut, à la demande de l'autorité compétente, émettre des avis relatifs à la gestion de ces sites, au regard des enjeux de radioprotection et de gestion des déchets radioactifs.

ANNEXE

Panorama des installations nucléaires de base

au 31 décembre 2024

Pour assurer le contrôle de l'ensemble des activités et installations nucléaires civiles en France, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) est dotée d'une organisation territoriale s'appuyant sur onze divisions basées à Bordeaux, Caen, Châlons-en-Champagne, Dijon, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, Orléans, Paris et Strasbourg.

Les divisions de Caen et d'Orléans interviennent respectivement dans les régions Bretagne et Île-de-France pour le contrôle des installations nucléaires de base (INB). La division de Paris intervient dans les régions d'outre-mer et le département de Mayotte et celle de Marseille dans la collectivité de Corse pour le contrôle de la radioprotection et du transport de substances radioactives.

Est qualifiée d'INB une installation qui, de par sa nature, ou en raison de la quantité ou de l'activité des substances radioactives qu'elle contient, est soumise à un régime spécifique de contrôle défini par le code de l'environnement (titre IX de son livre V). Ces installations doivent être autorisées par décret pris après enquête publique et avis de l'ASN. Leurs conception, construction, fonctionnement et démantèlement sont réglementés.

Sont des INB :
- les réacteurs nucléaires ;
- les grandes installations de préparation, d'enrichissement, de fabrication, de traitement ou d'entreposage de combustibles nucléaires ou de traitement, d'entreposage ou de stockage de déchets radioactifs ;
- les grandes installations contenant des substances radioactives ou fissiles ;
- les grands accélérateurs de particules ;
- les centres de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs.

Sauf pour les réacteurs nucléaires et les éventuels futurs centres de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs qui sont tous des INB, la section 1 intitulée « Nomenclature des installations nucléaires de base » du chapitre III du titre IX du livre V de la partie réglementaire du code de l'environnement fixe, pour chaque catégorie, les seuils d'entrée dans le régime des INB.

Pour des raisons techniques ou juridiques, le concept d'INB peut recouvrir des réalités physiques différentes : ainsi, sur un centre nucléaire de production d'électricité, chaque réacteur peut être considéré comme une INB particulière, ou bien une même INB peut être constituée de deux réacteurs. De même, une usine du « cycle du combustible » ou un centre du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) peut être constitué de plusieurs INB. Ces différentes configurations ne changent rien aux conditions de contrôle.

Relèvent du régime des INB :
- les installations en construction, dès lors qu'elles ont fait l'objet d'un décret d'autorisation de création ;
- les installations en fonctionnement ;
- les installations à l'arrêt et en cours de démantèlement, jusqu'à leur déclassement par décision de l'ASN.

Au 31 décembre 2024, le nombre d'INB (au sens d'entités juridiques) était de 120.

Les numéros d'INB manquants correspondent à des installations déclassées (*voir chapitre 14*) ou ayant été autorisées comme nouvelles INB (par exemple, en conséquence de la réunion des INB 42 et 95 en une seule INB 42-U, les numéros « 42 » et « 95 » ont été retirés de la liste et le numéro « 42-U » a été créé). Ces anciennes INB, qui n'existent plus, sont donc, ainsi que leurs numéros, sorties de la liste qui suit.

Installations contrôlées par les divisions territoriales de l'ASN



Liste des installations nucléaires de base au 31 décembre 2024 en pages suivantes

BORDEAUX

1. Blayais
2. Golfech
3. Civaux

CAEN

4. Brennilis
5. La Hague
6. Caen
7. Paluel
8. Flamanville
9. Penly

CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE

10. Nogent-sur-Seine
11. Soulaines-Dhuys
12. Chooz

LILLE

13. Gravelines

LYON

14. Grenoble
15. Bugey
16. Romans-sur-Isère
17. Dagneux
18. Tricastin
19. Cruas-Meysse
20. Saint-Alban
21. Creys-Malville

MARSEILLE

22. Cadarache
23. Marcoule
24. Marseille
25. Malvési

NANTES

26. Pouzauges
27. Sablé-sur-Sarthe

ORLÉANS

28. Saclay
29. Saint-Laurent-des-Eaux
30. Dampierre-en-Burly
31. Chinon
32. Belleville-sur-Loire
33. Fontenay-aux-Roses

PARIS

Les INB d'Île-de-France sont contrôlées par la division d'Orléans.

STRASBOURG

34. Fessenheim
35. Cattenom

Types d'installations

Centrales nucléaires · Usines · Installations de recherche · Stockages de déchets · Autres

Nom du site	Localisation des installations nucléaires de base	Exploitant	Nature de l'installation	N°
DIVISION DE BORDEAUX				
1 Blayais	CENTRALE NUCLÉAIRE DU BLAYAIS (réacteurs 1 et 2) 33820 Saint-Ciers-sur-Gironde (Gironde)	EDF	Réacteurs	86
1 Blayais	CENTRALE NUCLÉAIRE DU BLAYAIS (réacteurs 3 et 4) 33820 Saint-Ciers-sur-Gironde (Gironde)	EDF	Réacteurs	110
2 Golfech	CENTRALE NUCLÉAIRE DE GOLFECH (réacteur 1) 82400 Golfech (Tarn-et-Garonne)	EDF	Réacteur	135
2 Golfech	CENTRALE NUCLÉAIRE DE GOLFECH (réacteur 2) 82400 Golfech (Tarn-et-Garonne)	EDF	Réacteur	142
3 Civaux	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CIVAUX (réacteur 1) BP 1 – 86320 Civaux (Vienne)	EDF	Réacteur	158
3 Civaux	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CIVAUX (réacteur 2) BP 1 – 86320 Civaux (Vienne)	EDF	Réacteur	159
DIVISION DE CAEN				
4 Brennilis	MONTS D'ARRÉE (EL4-D) 29530 Loqueffret (Finistère)	EDF	Réacteur	162
5 La Hague	USINE DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES IRRADIÉS (UP2-400) 50107 Cherbourg Cedex (Manche)	Orano Recyclage	Transformation de substances radioactives	33
5 La Hague	STATION DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS ET DÉCHETS SOLIDES (STE2) ET ATELIER DE TRAITEMENT DES COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES OXYDE (AT1) 50107 Cherbourg Cedex (Manche)	Orano Recyclage	Transformation de substances radioactives	38
5 La Hague	ATELIER ELAN IIB 50100 Cherbourg (Manche)	Orano Recyclage	Transformation de substances radioactives	47
5 La Hague	CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE (CSM) 50440 Digulleville (Manche)	Andra	Stockage de substances radioactives	66
5 La Hague	ATELIER HAUTE ACTIVITÉ OXYDE (HAO) 50107 Cherbourg Cedex (Manche)	Orano Recyclage	Transformation de substances radioactives	80
5 La Hague	USINE DE TRAITEMENT D'ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES IRRADIÉS PROVENANT DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES À EAU ORDINAIRE (UP3-A) 50107 Cherbourg Cedex (Manche)	Orano Recyclage	Transformation de substances radioactives	116
5 La Hague	USINE DE TRAITEMENT D'ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES IRRADIÉS PROVENANT DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES À EAU ORDINAIRE (UP2-800) 50107 Cherbourg Cedex (Manche)	Orano Recyclage	Transformation de substances radioactives	117
5 La Hague	STATION DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LIQUIDES ET DES DÉCHETS SOLIDES (STE3) 50107 Cherbourg Cedex (Manche)	Orano Recyclage	Transformation de substances radioactives	118
6 Caen	GRAND ACCÉLÉRATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS (GANIL) 14021 Caen Cedex (Calvados)	G.I.E. GANIL	Accélérateur de particules	113
7 Paluel	CENTRALE NUCLÉAIRE DE PALUEL (réacteur 1) 76450 Paluel (Seine-Maritime)	EDF	Réacteur	103
7 Paluel	CENTRALE NUCLÉAIRE DE PALUEL (réacteur 2) 76450 Paluel (Seine-Maritime)	EDF	Réacteur	104
7 Paluel	CENTRALE NUCLÉAIRE DE PALUEL (réacteur 3) 76450 Paluel (Seine-Maritime)	EDF	Réacteur	114
7 Paluel	CENTRALE NUCLÉAIRE DE PALUEL (réacteur 4) 76450 Paluel (Seine-Maritime)	EDF	Réacteur	115
8 Flamanville	CENTRALE NUCLÉAIRE DE FLAMANVILLE (réacteur 1) 50340 Flamanville (Manche)	EDF	Réacteur	108
8 Flamanville	CENTRALE NUCLÉAIRE DE FLAMANVILLE (réacteur 2) 50340 Flamanville (Manche)	EDF	Réacteur	109
8 Flamanville	CENTRALE NUCLÉAIRE DE FLAMANVILLE (réacteur 3 – EPR) 50340 Flamanville (Manche)	EDF	Réacteur	167
9 Penly	CENTRALE NUCLÉAIRE DE PENLY (réacteur 1) 76370 Neuville-lès-Dieppe (Seine-Maritime)	EDF	Réacteur	136
9 Penly	CENTRALE NUCLÉAIRE DE PENLY (réacteur 2) 76370 Neuville-lès-Dieppe (Seine-Maritime)	EDF	Réacteur	140
DIVISION DE CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE				
10 Nogent-sur-Seine	CENTRALE NUCLÉAIRE DE NOGENT-SUR-SEINE (réacteur 1) 10400 Nogent-sur-Seine (Aube)	EDF	Réacteur	129
10 Nogent-sur-Seine	CENTRALE NUCLÉAIRE DE NOGENT-SUR-SEINE (réacteur 2) 10400 Nogent-sur-Seine (Aube)	EDF	Réacteur	130
11 Soulaines-Dhuys	CENTRE DE STOCKAGE DE L'AUBE (CSA) 10200 Bar-sur-Aube (Aube)	Andra	Stockage en surface de substances radioactives	149
12 Chooz	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CHOOZ B (réacteur 1) 08600 Givet (Ardennes)	EDF	Réacteur	139
12 Chooz	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CHOOZ B (réacteur 2) 08600 Givet (Ardennes)	EDF	Réacteur	144
12 Chooz	CENTRALE NUCLÉAIRE DES ARDENNES (CNA-D – CHOOZ A) 08600 Givet (Ardennes)	EDF	Réacteur	163

Nom du site	Localisation des installations nucléaires de base	Exploitant	Nature de l'installation	N°
DIVISION DE LILLE				
⓭ Gravelines	CENTRALE NUCLÉAIRE DE GRAVELINES (réacteurs 1 et 2) 59820 Gravelines (Nord)	EDF	Réacteurs	96
⓭ Gravelines	CENTRALE NUCLÉAIRE DE GRAVELINES (réacteurs 3 et 4) 59820 Gravelines (Nord)	EDF	Réacteurs	97
⓭ Gravelines	CENTRALE NUCLÉAIRE DE GRAVELINES (réacteurs 5 et 6) 59820 Gravelines (Nord)	EDF	Réacteurs	122
DIVISION DE LYON				
⓮ Grenoble	RÉACTEUR À HAUT FLUX (RHF) 38041 Grenoble Cedex (Isère)	Institut Max Von Laue Paul Langevin (ILL)	Réacteur	67
⓯ Bugey	CENTRALE NUCLÉAIRE DU BUGEY (réacteur 1) BP 60120 – 01150 Saint-Vulbas (Ain)	EDF	Réacteur	45
⓯ Bugey	CENTRALE NUCLÉAIRE DU BUGEY (réacteurs 2 et 3) BP 60120 – 01150 Saint-Vulbas (Ain)	EDF	Réacteurs	78
⓯ Bugey	CENTRALE NUCLÉAIRE DU BUGEY (réacteurs 4 et 5) BP 60120 – 01150 Saint-Vulbas (Ain)	EDF	Réacteurs	89
⓯ Bugey	MAGASIN INTERRÉGIONAL DU BUGEY (MIR) BP 60120 – 01150 Saint-Vulbas (Ain)	EDF	Entreposage de combustible neuf	102
⓯ Bugey	INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT ET D'ENTREPOSAGE DE DÉCHETS ACTIVÉS (ICEDA) 01150 Saint-Vulbas (Ain)	EDF	Conditionnement et entreposage de substances radioactives	173
⓰ Romans-sur-Isère	UNITÉ DE FABRICATION DE COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES 26104 Romans-sur-Isère Cedex (Drôme)	Framatome	Fabrication de combustibles nucléaires	63-U
⓱ Dagneux	INSTALLATION D'IONISATION DE DAGNEUX Z.I. Les Chartinières – 01120 Dagneux (Ain)	Ionisos	Utilisation de substances radioactives	68
⓲ Tricastin	CENTRALE NUCLÉAIRE DU TRICASTIN (réacteurs 1 et 2) 26130 Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme)	EDF	Réacteurs	87
⓲ Tricastin	CENTRALE NUCLÉAIRE DU TRICASTIN (réacteurs 3 et 4) 26130 Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme)	EDF	Réacteurs	88
⓲ Tricastin	USINE GEORGES BESSE DE SÉPARATION DES ISOTOPES DE L'URANIUM PAR DIFFUSION GAZEUSE (EURODIF) 26702 Pierrelatte Cedex (Drôme et Vaucluse)	Orano Chimie-Enrichissement	Transformation de substances radioactives	93
⓲ Tricastin	USINE DE PRÉPARATION D'HEXAFLUORURE D'URANIUM (COMURHEX) 26130 Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme)	Orano Chimie-Enrichissement	Transformation de substances radioactives	105
⓲ Tricastin	INSTALLATION D'ASSAINISSEMENT ET DE RÉCUPÉRATION DE L'URANIUM (IARU) 26130 Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme et Vaucluse)	Orano Chimie-Enrichissement	Usine	138
⓲ Tricastin	INSTALLATION TU5 et W BP 16 – 26700 Pierrelatte (Drôme)	Orano Chimie-Enrichissement	Transformation de substances radioactives	155
⓲ Tricastin	BASE CHAUDE OPÉRATIONNELLE DU TRICASTIN (BCOT) BP 127 – 84500 Bollène (Vaucluse)	EDF	Maintenance nucléaire	157
⓲ Tricastin	USINE GEORGES BESSE II DE SÉPARATION DES ISOTOPES DE L'URANIUM PAR CENTRIFUGATION (GB II) 84500 Bollène, 26702 Pierrelatte Cedex et 26130 Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme et Vaucluse)	Orano Chimie-Enrichissement	Transformation de substances radioactives	168
⓲ Tricastin	AREVA TRICASTIN LABORATOIRES D'ANALYSES (ATLAS) 26700 Pierrelatte (Drôme)	Orano Chimie-Enrichissement	Laboratoire destiné à l'utilisation de substances radioactives	176
⓲ Tricastin	PARCS URANIFÈRES DU TRICASTIN 26700 Pierrelatte (Drôme)	Orano Chimie-Enrichissement	Entreposage de matières radioactives	178
⓲ Tricastin	P35 26700 Pierrelatte (Drôme)	Orano Chimie-Enrichissement	Entreposage de matières radioactives	179
⓲ Tricastin	FOURNITURE LOCALE D'ENTREPROSAGE D'URANIUM DE RETRAITEMENT (FLEUR) 26700 Pierrelatte (Drôme)	Orano Chimie-Enrichissement	Réception, entreposage, expédition de conteneurs d'uranium	180
⓳ Cruas-Meysse	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CRUAS (réacteurs 1 et 2) 07350 Cruas (Ardèche)	EDF	Réacteurs	111
⓳ Cruas-Meysse	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CRUAS (réacteurs 3 et 4) 07350 Cruas (Ardèche)	EDF	Réacteurs	112
⓴ Saint-Alban	CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-ALBAN (réacteur 1) 38550 Le Péage-de-Roussillon (Isère)	EDF	Réacteur	119
⓴ Saint-Alban	CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-ALBAN (réacteur 2) 38550 Le Péage-de-Roussillon (Isère)	EDF	Réacteur	120
㉑ Creys-Malville	RÉACTEUR SUPERPHÉNIX 38510 Morestel (Isère)	EDF	Réacteur	91
㉑ Creys-Malville	ATELIER POUR L'ENTREPOSAGE DU COMBUSTIBLE (APEC) 38510 Creys-Mépieu (Isère)	EDF	Entreposage de substances radioactives	141

Nom du site	Localisation des installations nucléaires de base	Exploitant	Nature de l'installation	N°
DIVISION DE MARSEILLE				
22 Cadarache	INSTALLATION DE STOCKAGE PROVISOIRE et INSTALLATION D'ENTREPOSAGE À SEC DE COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES IRRADIÉS (PÉGASE-CASCAD) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Entreposage de substances radioactives	22
22 Cadarache	CABRI 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réacteur	24
22 Cadarache	RAPSODIE 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réacteur	25
22 Cadarache	ATELIER DE TECHNOLOGIE DU PLUTONIUM (ATPu) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Fabrication ou transformation de substances radioactives	32
22 Cadarache	STATION DE TRAITEMENT DES DÉCHETS (STD) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Transformation de substances radioactives	37-A
22 Cadarache	STATION DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS (STE) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Transformation de substances radioactives	37-B
22 Cadarache	MASURCA 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réacteur	39
22 Cadarache	ÉOLE 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réacteur	42
22 Cadarache	ATELIER D'URANIUM ENRICHI (ATUe) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Fabrication de substances radioactives	52
22 Cadarache	MAGASIN CENTRAL DES MATIÈRES FISSILES (MCMF) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Dépôt de substances radioactives	53
22 Cadarache	LABORATOIRE DE PURIFICATION CHIMIQUE (LPC) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Transformation de substances radioactives	54
22 Cadarache	LABORATOIRE D'EXAMENS DES COMBUSTIBLES ACTIFS (LECA) et STATION DE TRAITEMENT, D'ASSAINISSEMENT ET DE RECONDITIONNEMENT DE COMBUSTIBLES IRRADIÉS (STAR) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Utilisation de substances radioactives	55
22 Cadarache	PARC D'ENTREPOSAGE DES DÉCHETS RADIOACTIFS SOLIDES 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Entreposage de substances radioactives	56
22 Cadarache	PHÉBUS 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réacteur	92
22 Cadarache	MINERVE 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réacteur	95
22 Cadarache	LABORATOIRE D'ÉTUDES DE FABRICATIONS EXPÉRIMENTALES DE COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES AVANCÉS (LEFCA) 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Fabrication de substances radioactives	123
22 Cadarache	CHICADE BP 1 – 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Laboratoire de recherche et développement	156
22 Cadarache	CEDRA 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Conditionnement et entreposage de substances radioactives	164
22 Cadarache	MAGENTA 13115 Saint-Paul-lez Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réception et expédition de matières nucléaires	169
22 Cadarache	ATELIER DE GESTION AVANCÉE ET DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS (AGATE) 13115 Saint-Paul-lez Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Conditionnement et entreposage de substances radioactives	171
22 Cadarache	RÉACTEUR JULES HOROWITZ (RJH) 13115 Saint-Paul-lez Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	CEA	Réacteur	172
22 Cadarache	ITER 13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex (Bouches-du-Rhône)	Organisation internationale ITER	Expérimentation de réaction de fusion nucléaire dans des plasmas de tritium et deutérium	174
23 Marcoule	PHÉNIX 30205 Bagnols-sur-Cèze Cedex (Gard)	CEA	Réacteur	71
23 Marcoule	ATALANTE 30200 Chusclan (Gard)	CEA	Laboratoire de recherche et développement et étude de production des actinides	148
23 Marcoule	USINE DE FABRICATION DE COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES (MELOX) BP 2 – 30200 Chusclan (Gard)	Orano Recyclage	Fabrication de substances radioactives	151
23 Marcoule	CENTRACO 30200 Codolet (Gard)	Cyclife France	Traitement de déchets et effluents radioactifs	160
23 Marcoule	GAMMATEC 30200 Chusclan (Gard)	Synergy Health Marseille	Traitement par ionisation de matériaux, produits et matériels, à des fins industrielles et à des fins de recherche et de développement	170
23 Marcoule	DIADEM 30200 Chusclan (Gard)	CEA	Entreposage de déchets radioactifs solides	177
24 Marseille	INSTALLATION D'IONISATION (GAMMASTER) M.I.N. 712 – 13323 Marseille Cedex 14 (Bouches-du-Rhône)	Synergy Health Marseille	Installation d'ionisation	147
25 Malvési	ENTREPOSAGE CONFINÉ DE RÉSIDUS ISSUS DE LA CONVERSION (ÉCRIN) 11100 Narbonne (Aude)	Orano Chimie-Enrichissement	Entreposage de substances radioactives	175

Nom du site	Localisation des installations nucléaires de base	Exploitant	Nature de l'installation	N°
DIVISION DE NANTES				
26 Pouzauges	INSTALLATION D'IONISATION DE POUZAUGES Z.I. de Monlifant 85700 Pouzauges (Vendée)	Ionisos	Installation d'ionisation	146
27 Sablé-sur-Sarthe	INSTALLATION D'IONISATION DE SABLÉ-SUR-SARTHE Z.I. de l'Aubrée 72300 Sablé-sur-Sarthe (Sarthe)	Ionisos	Installation d'ionisation	154
DIVISION D'ORLÉANS				
28 Saclay	USINE DE PRODUCTION DE RADIOÉLÉMENTS ARTIFICIELS (UPRA) 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CIS bio international	Fabrication ou transformation de substances radioactives	29
28 Saclay	ZONE DE GESTION DES EFFLUENTS LIQUIDES (STELLA) 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CEA	Transformation de substances radioactives	35
28 Saclay	OSIRIS-ISIS 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CEA	Réacteurs	40
28 Saclay	LABORATOIRE DE HAUTE ACTIVITÉ (LHA) 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CEA	Utilisation de substances radioactives	49
28 Saclay	LABORATOIRE D'ESSAIS SUR COMBUSTIBLES IRRADIÉS (LECI) 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CEA	Utilisation de substances radioactives	50
28 Saclay	ZONE DE GESTION DE DÉCHETS RADIOACTIFS SOLIDES (ZGDS) 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CEA	Entreposage et conditionnement de substances radioactives	72
28 Saclay	INSTALLATIONS D'IRRADIATION (POSÉIDON) 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CEA	Utilisation de substances radioactives	77
28 Saclay	ORPHÉE 91191 Gif-sur-Yvette Cedex (Essonne)	CEA	Réacteur	101
29 Saint-Laurent-des-Eaux	CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-LAURENT-DES-EAUX (réacteurs A1 et A2) 41220 Saint-Laurent-Nouan (Loir-et-Cher)	EDF	Réacteurs	46
29 Saint-Laurent-des-Eaux	SILOS D'ENTREPOSAGE DE CHEMISES DE GRAPHITE 41220 Saint-Laurent-Nouan (Loir-et-Cher)	EDF	Entreposage de substances radioactives	74
29 Saint-Laurent-des-Eaux	CENTRALE NUCLÉAIRE DE SAINT-LAURENT-DES-EAUX (réacteurs B1 et B2) 41220 Saint-Laurent-Nouan (Loir-et-Cher)	EDF	Réacteurs	100
30 Dampierre-en-Burly	CENTRALE NUCLÉAIRE DE DAMPIERRE-EN-BURLY (réacteurs 1 et 2) 45570 Ouzouer-sur-Loire (Loiret)	EDF	Réacteurs	84
30 Dampierre-en-Burly	CENTRALE NUCLÉAIRE DE DAMPIERRE-EN-BURLY (réacteurs 3 et 4) 45570 Ouzouer-sur-Loire (Loiret)	EDF	Réacteurs	85
31 Chinon	ATELIER DES MATÉRIAUX IRRADIÉS (AMI) 37420 Avoine (Indre-et-Loire)	EDF	Utilisation de substances radioactives	94
31 Chinon	MAGASIN INTERRÉGIONAL DE CHINON (MIR) 37420 Avoine (Indre-et-Loire)	EDF	Entreposage de combustible neuf	99
31 Chinon	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CHINON (réacteurs B1 et B2) 37420 Avoine (Indre-et-Loire)	EDF	Réacteurs	107
31 Chinon	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CHINON (réacteurs B3 et B4) 37420 Avoine (Indre-et-Loire)	EDF	Réacteurs	132
31 Chinon	CHINON A1 D 37420 Avoine (Indre-et-Loire)	EDF	Réacteur	133
31 Chinon	CHINON A2 D 37420 Avoine (Indre-et-Loire)	EDF	Réacteur	153
31 Chinon	CHINON A3 D 37420 Avoine (Indre-et-Loire)	EDF	Réacteur	161
32 Belleville-sur-Loire	CENTRALE NUCLÉAIRE DE BELLEVILLE-SUR-LOIRE (réacteur 1) 18240 Léré (Cher)	EDF	Réacteur	127
32 Belleville-sur-Loire	CENTRALE NUCLÉAIRE DE BELLEVILLE-SUR-LOIRE (réacteur 2) 18240 Léré (Cher)	EDF	Réacteur	128
33 Fontenay-aux-Roses	PROCÉDÉ 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex (Hauts-de-Seine)	CEA	Installation de recherche	165
33 Fontenay-aux-Roses	SUPPORT 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex (Hauts-de-Seine)	CEA	Installation de traitement d'effluents et d'entreposage de déchets	166
DIVISION DE STRASBOURG				
34 Fessenheim	CENTRALE NUCLÉAIRE DE FESSENHEIM (réacteurs 1 et 2) 68740 Fessenheim (Haut-Rhin)	EDF	Réacteurs	75
35 Cattenom	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CATTENOM (réacteur 1) 57570 Cattenom (Moselle)	EDF	Réacteur	124
35 Cattenom	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CATTENOM (réacteur 2) 57570 Cattenom (Moselle)	EDF	Réacteur	125
35 Cattenom	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CATTENOM (réacteur 3) 57570 Cattenom (Moselle)	EDF	Réacteur	126
35 Cattenom	CENTRALE NUCLÉAIRE DE CATTENOM (réacteur 4) 57570 Cattenom (Moselle)	EDF	Réacteur	137

Crédits photos et infographies

Éditorial du collège : p. 2 : ASNR/J. Grison.
Éditorial du directeur général : p. 8 : ASNR/J. Grison.
Faits marquants : p. 14-15 : EDF/E. Blondet/ABACAPRESS.COM ; p. 18 : F. Brochoire/Signatures/Médiathèque IRSN ; p. 20 : ASN/N. Robin.
Chapitre 1 : p. 102 : ASN/Sipa/I. Harsin ; p. 107-108 : ASN.
Chapitre 2 : p. 124 : ASN/Sipa/R. Beaumont ; p. 134-135-136-137 : ASNR/Sipa/V. Colin.
Chapitre 3 : p. 150 : ASN/Sipa/P. Emile.
Chapitre 4 : p. 174 : F. Levillain/Signatures/Médiathèque IRSN ; p. 176-179 : ASN ; p. 182 : ASNR.
Chapitre 5 : p. 186-188 : ASN ; p. 193 : DR.
Chapitre 6 : p. 198-205-208 : ASN ; p. 606 : WENRA ; p. 202 : HERCA ; p. 207 : EDF Flamanville ; p. 207 : AERB ; p. 208 : NRA ; p. 208 : Orano ; p. 209 : IFSN.
Chapitre 7 : p. 212 : F. Brochoire/Signatures/Médiathèque IRSN.
Chapitre 8 : p. 252 : C. Goumard/Médiathèque IRSN ; p. 267-277-278 : ASN.
Chapitre 9 : p. 284-296 : ASN/P. Cousin ; p. 286-295 : ASN ; p. 291 : Orano Recyclage ; p. 298 : AIEA ; p. 299 : EACA.
Chapitre 10 : p. 302-313 : EDF Flamanville ; p. 304-305-306 : ASN ; p. 330 : ASN/P. Cousin.
Chapitre 11 : p. 334 : Adobe Stock/Neha ; p. 336 : Adobe Stock/Dionisio ; p. 336 : Adobe Stock/Y4NN ; p. 336 : Adobe Stock/Moonroad ; p. 336 : A. Tran Duc/BRIEF.
Chapitre 12 : p. 342 : Noak/Le Bar Floréal/Médiathèque IRSN ; p. 346-347 : ASN.
Chapitre 13 : p. 352 : J.-M. Huron/Signatures/Médiathèque IRSN ; p. 354 : ASN.
Chapitre 14 : p. 360 : ASN/Sipa/P. Magne ; p. 368 : ASN.
Chapitre 15 : p. 382 : L. Zylberman/Graphix-Images/Médiathèque IRSN ; p. 391 : A. Tran Duc/BRIEF ; p. 394 : ASN.

Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2024

Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection
15 rue Louis Lejeune – 92120 Montrouge
Tél. : 33 (0)1 46 16 40 00 – E-mail : info@asnr.fr

Directeur de la publication : Pierre-Marie Abadie, président
Rédactrice en chef : Marie Riet-Hucheloup
Secrétaire de rédaction : Lucas Patriat
Iconographie : Olivier Javay

Pour toute demande d'information,
contactez-nous sur



info@asnr.fr

Suivez également l'ASNR sur les réseaux sociaux



ISSN 1967 – 5127
N° imprimeur : 14066-5-2025 – **Dépôt légal :** mai 2025
Conception et réalisation : BRIEF
Impression : Imprimerie Fabrègue

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

Siège social :
15 rue Louis Lejeune
92120 Montrouge

Adresse postale :
BP 17 – 92262
Fontenay-aux-Roses Cedex

Divisions territoriales :
asnr.fr/nous-contacter

info@asnr.fr
Tél. : 01 58 35 88 88

asnr.fr