



Tritium : limites de rejets et impact

Michel Chartier,
Service d'Etudes et d'Expertise en Radioprotection - IRSN
Rapport DRPH/SER n°26-2009

Abstract

The opinion of IRSN is required by ASN on the limits submitted by operators in the "discharge" reports as well as on the radiological impact of such discharges. Tritium is one of the radionuclides which are analysed. It is described here the technical items on which IRSN focuses.

Mots-clés

Rejet, Tritium, Impact, Limite

Résumé

L'avis de l'IRSN est régulièrement sollicité par l'ASN sur les limites demandées par les exploitants dans les dossiers « rejets » ainsi que sur l'impact radiologique de ces rejets. Le tritium fait partie des radionucléides examinés. On décrit ici succinctement les points techniques sur lesquels l'IRSN porte une attention particulière.

1 | Limites de rejet de tritium

Aucune technique de réduction des rejets de tritium n'est aujourd'hui appliquée à une échelle industrielle, induisant le rejet de la quasi-totalité du tritium produit par, ou entrant dans, les installations nucléaires. Néanmoins, plusieurs questions font l'objet d'un examen approfondi par l'IRSN pour établir les éléments techniques qui permettent à l'ASN de fixer des limites et des conditions de rejet pour ce radionucléide. Ces questions sont brièvement passées en revue ci-dessous.

1|1 | Limites annuelles

Pour donner un avis sur les limites annuelles de rejet (Bq/an) de tritium demandées par un exploitant, il est nécessaire dans un premier temps d'estimer les quantités maximales susceptibles d'être rejetées, ceci pour des conditions de fonctionnement de l'installation qui soient à la fois enveloppes des conditions réelles et conformes à celles mentionnées dans les documents de sûreté.

De telles estimations reposent soit sur des calculs théoriques soit, prioritairement lorsqu'ils sont disponibles, sur les résultats de l'expérience d'exploitation. Dans ce dernier cas, des ajustements sont généralement nécessaires, par exemple pour corriger ces résultats en fonction :

- des conditions de fonctionnement enveloppes de l'installation,

- des effets de stockage et de déstockage du tritium au cours d'une année civile, période sur laquelle sont définies les limites annuelles de rejet,
- des performances des dispositions de mesure du tritium dans les rejets.

Le cas échéant, des réductions des limites de rejets demandées sont proposées sur la base de ces estimations.

En complément, la comparaison entre la production annuelle de tritium ou les activités de tritium entrant dans l'installation d'une part, les activités du tritium dans les rejets d'autre part, permet d'apprécier les activités du tritium transférées dans les déchets solides.

1|2 | Limites de rejet dans les effluents gazeux vs. les effluents liquides

Pour certaines installations, notamment en bord de mer, le rejet d'une même activité de tritium conduit à un impact différent sur les groupes de référence suivant que ce rejet s'effectue sous forme liquide ou sous forme gazeuse. Généralement, l'impact d'une activité rejetée dans les effluents liquides est inférieur à celui de la même activité rejetée dans les effluents gazeux.

Afin de réduire globalement l'impact des rejets de tritium, il importe donc d'examiner dans quelle mesure des dispositions matérielles ou organisationnelles peuvent permettre de réduire les rejets de tritium dans les effluents gazeux au profit des effluents liquides.

1|3| Étalement des rejets

Les modalités de rejet constituent un sujet essentiel. En particulier, l'étalement des rejets de ce radionucléide permet d'en limiter les concentrations dans l'environnement et donc de limiter l'impact radiologique associé. Cet étalement est notamment recherché pour les rejets de tritium dans les effluents liquides, d'une part parce que le tritium est majoritairement rejeté dans les effluents liquides pour la plupart des installations, d'autre part parce que ces rejets s'effectuent de façon concertée et que les modalités des rejets sont donc bien maîtrisables par l'exploitant. Pour autant, la même approche est recherchée pour les rejets de tritium dans les effluents gazeux, en particulier quand ceux-ci sont significatifs et peuvent être rejetés de manière concertée.

La principale disposition réglementaire pour imposer l'étalement des rejets est la limitation des débits de rejets. D'autres dispositions contribuent également à l'objectif de maîtrise des concentrations du tritium dans l'air et dans l'eau, comme par exemple l'interdiction de rejet d'effluents radioactifs en période d'étiage ou la limitation des concentrations de tritium mesurées dans l'environnement.

1|4| Limitation des activités volumiques mesurées dans les milieux récepteurs des rejets (atmosphère ; eau du milieu aquatique récepteur)

L'arrêté du 26 novembre 1999 (fixant les prescriptions générales relatives aux limites et aux modalités des prélèvements et des rejets soumis à autorisation, effectués par les installations nucléaires de base) a introduit des limitations pour les activités volumiques des radionucléides mesurées dans les milieux récepteurs (eau et air). De telles limites sont notamment prescrites pour le tritium pour la plupart des installations qui en rejettent. Par nature, ces limites concernent les activités volumiques cumulées de tritium dans l'environnement, c'est-à-dire la somme des activités volumiques ajoutées par les installations et des activités volumiques constitutives du bruit de fond. Les limites correspondantes sont orientées vers la protection des personnes et de l'environnement (en limitant les activités volumiques dans l'air et dans l'eau, on limite l'impact quels que soient le bruit de fond et les conditions de dispersion), même si elles jouent également un rôle pour la maîtrise des rejets de chaque installation (on tient compte du bruit de fond pour moduler les rejets).

Une activité volumique de tritium de l'ordre de 140 Bq/L en moyenne journalière a été généralement retenue pour l'eau en aval des centrales nucléaires installées en bord de rivière. Du point de vue de la radioprotection, cette limite peut être considérée comme basse. En effet, à titre d'illustration, une consommation journalière de 2 L d'eau de la rivière à cette valeur de concentration, sans aucune dilution supplémentaire (affluents, précipitations, réseau de distribution d'eau potable...), conduirait à une dose efficace inférieure à 2 µSv/an. En pratique, cette valeur est compatible avec l'exploitation des centrales, mais avec une marge limitée (en cas de dépassement, l'exploitant doit suspendre les rejets éventuellement en cours). En effet, en tenant compte de la limitation sur l'activité volumique de tritium ajoutée dans l'environnement, généralement fixée à 80 Bq/L, cette valeur laisse seulement 60 Bq/L de marge pour couvrir :

- les incertitudes de mesure,
- les éventuelles variations du débit du cours d'eau pendant la journée,
- le bruit de fond en amont de la centrale.

On notera enfin que l'ordre de grandeur de la limite d'activité volumique de tritium dans l'eau en aval des centrales a été fixée indépendamment des autorisations de rejet spécifiques des centrales (nombre de tranches, gestion des combustibles, etc.), conformément à l'objectif de protection de la population visé par cette limite.

Enfin, dans le même objectif de limiter les activités volumiques cumulées de tritium (et des autres radionucléides) dans l'eau, dans le cas de la Loire, les rejets concomitants des centrales concernées sont encadrés en cas d'étiage. EDF a mis en place une gestion coordonnée des rejets d'effluents liquides des centrales à l'échelle du bassin de la Loire.

1|5| Gestion des étiages et des crues

Les rejets d'effluents radioactifs liquides sont interdits en situation de crue ou d'étiage du cours d'eau récepteur. Pour déterminer les plages optimales de débit du cours d'eau pour les rejets d'effluents radioactifs, en particulier pour les cas sensibles d'installations nucléaires rejetant leurs effluents liquides dans des cours d'eau à débit réduit, l'IRSN examine notamment :

- la fréquence et les durées des périodes de crue et d'étiage enregistrées pour le cours d'eau,
- les contraintes d'exploitation induites par l'interdiction de rejet pendant de telles périodes (capacités de stockage du tritium dans l'installation notamment).

Sur cette base, l'IRSN analyse les plages de débit proposées par l'exploitant et propose des limites. Le cas échéant, l'IRSN pourrait être amené à préconiser une augmentation des capacités de stockage dans l'installation.

Il est à noter que le débit minimum du cours d'eau est une donnée également utilisée pour calculer les impacts environnemental et sanitaire des substances chimiques rejetées avec les effluents radioactifs liquides. En conséquence, l'IRSN tient compte du résultat du calcul de ces impacts pour préconiser une valeur minimale de débit permettant les rejets d'effluents liquides.

2| Impact radiologique des rejets de tritium

2|1| Modélisation des transferts d'eau tritiée dans l'environnement dans le cadre des études réglementaires

Les rejets de tritium des installations nucléaires françaises sont effectués très majoritairement sous forme d'eau tritiée (HTO). Des considérations physiques, confortées par l'observation, montrent que, dans ce cas, aucun enrichissement isotopique significatif n'intervient lors des transferts du tritium dans les compartiments de l'environnement (voir par exemple la publication de B. Fiévet¹ pour le cas des rejets liquides de tritium de l'usine de La Hague). L'ordre de grandeur du rapport isotopique moyen du tritium sur l'hydrogène dans l'eau à proximité des végétaux est retrouvé dans l'eau de constitution et dans la matière organique des végétaux et, plus loin dans la chaîne alimentaire, dans les produits d'origine animale. Les modèles d'impact fondés sur la méthode dite « d'activité spécifique », développés par l'IRSN et par la plupart des exploitants pour les calculs réalisés dans le cadre réglementaire, reposent sur ce constat. Certains modèles introduisent quelques variantes, notamment pour tenir compte du tritium incorporé à la matière organique des organismes. En effet, le coefficient de dose par ingestion de tritium lié à la matière organique est légèrement supérieur à celui du tritium sous forme d'eau tritiée. D'autres variantes de modélisation sont également développées ; par exemple, certains modèles tiennent compte des proportions respectives d'eau contaminée et d'eau non contaminée utilisées par les végétaux et consommées par les animaux (par exemple, une vache peut brouter de l'herbe contaminée par du tritium mais consommer une eau non contaminée). Toutefois, ces variantes ne conduisent pas à augmenter de façon significative les doses calculées attribuables au tritium rejeté par les

¹ B. Fiévet. Quel est l'impact du tritium sur l'environnement ? Colloque Inter-CLI - 27 avril 2009 - Cherbourg-Octeville. Commissions locales d'Information de la Manche.

² Groupe Radiocécologie Nord-Cotentin – Rapport principal, Juillet 2002.

installations nucléaires et conduisent à une augmentation généralement très faible des doses totales calculées pour les rejets de l'ensemble des radionucléides (le tritium ne comptant que pour une faible part de ces doses). En conséquence, l'intérêt de ces variantes est assez limité pour le cadre réglementaire ; à titre d'information, le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin² ne les a pas retenues et a supposé pour ses calculs que la totalité du tritium des organismes marins et terrestres est sous forme d'eau tritiée. Toutefois, dans les cas où le tritium représenterait une part importante des doses calculées pour la population du fait des rejets d'un ensemble de radionucléides, il serait souhaitable de tenir compte des processus susceptibles d'augmenter, même légèrement, l'estimation des doses, notamment le transfert de tritium à la matière organique.

2|2| Impact du tritium rejeté dans les effluents gazeux : la voie transcutanée

Outre l'inhalation et l'ingestion, le tritium rejeté dans l'atmosphère peut être à l'origine de l'exposition de la population par une voie spécifique, le passage transcutané.

L'estimation de l'incorporation de tritium par voie transcutanée n'a fait l'objet que d'un nombre réduit de publications.

La publication 30³ de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) estime cette incorporation à 50 % de l'incorporation par inhalation pour un travailleur, l'incorporation de tritium par inhalation étant par ailleurs a priori supérieure pour un travailleur par rapport à une personne du public, le débit respiratoire d'un travailleur étant plus élevé que le débit moyen sur un an d'une personne du public.

La publication 10⁴ du Comité consultatif de la Commission de contrôle de l'énergie atomique du Canada (CCRP) estime que, pour les personnes ayant une activité physique au moment de leur exposition à des vapeurs d'eau tritiée (exposition professionnelle par exemple), l'apport de tritium dans l'organisme par inhalation n'est qu'environ deux fois plus grand que l'apport par voie transcutanée, ce qui est cohérent avec les indications de la CIPR évoquées supra. Par contre, le CCRP estime que, pour les personnes au repos au moment de l'exposition, les apports par ces deux voies sont équivalents.

Sur cette base, lorsque l'inhalation de tritium est une voie d'exposition significative des individus, il est souhaitable de tenir compte de l'incorporation de tritium par voie transcutanée.

3| Conclusion

L'IRSN est régulièrement amené à formuler des avis sur les dossiers de demandes d'autorisation de rejet de tritium présentées par les exploitants des installations nucléaires. Plusieurs questions font l'objet d'un examen approfondi par l'IRSN dans le but de statuer quant au bien-fondé de ces demandes et de proposer, le cas échéant, des limites plus basses et des conditions de gestion et de rejet des effluents tritiés plus contraignantes que les demandes de l'exploitant.

Les calculs d'impact présentés par les exploitants sont examinés et l'IRSN procède à des contre-calculs indépendants : le tritium rejeté est pris en considération au même titre que l'ensemble des autres radionucléides rejetés et l'impact de la totalité des radionucléides rejetés par l'installation, éventuellement par le site, est un paramètre clef de l'avis de l'IRSN sur les demandes de l'exploitant. Toutefois, en tant que de besoin, l'impact de certains radionucléides, dont le tritium, peut être spécifiquement examiné pour porter un avis sur l'optimisation des rejets.

En pratique, l'impact radiologique des rejets de tritium reste faible pour la plupart des installations nucléaires françaises. Les doses calculées sont même pratiquement nulles pour les rejets de tritium en mer (pas d'ingestion d'eau de boisson, pas de transfert aux aliments d'origine terrestre par irrigation).

A titre d'exemple, pour les centrales en bord de rivière, sur la base des calculs présentés par EDF dans ses dossiers et des contre-calculs réalisés par l'IRSN, il apparaît que les doses calculées dues aux rejets de tritium sont généralement de l'ordre de 10 % à 15 % des doses calculées dues aux rejets de l'ensemble des radionucléides dans les effluents liquides des centrales en bord de rivière. Il apparaît également que la fraction des doses calculées pour la population dues aux rejets de tritium gazeux des centrales nucléaires est de l'ordre de 10 % des doses calculées dues aux rejets de l'ensemble des radionucléides rejetés dans l'atmosphère.

De même, pour les rejets réels de l'usine de La Hague, la dose due aux rejets de tritium dans les effluents liquides et gazeux ne dépasse pas 2% de la dose due aux rejets de l'ensemble des radionucléides rejetés.

³ CIPR

⁴ Comité consultatif de la Commission de contrôle de l'énergie atomique du Canada, Etude de la toxicité et de la dosimétrie du tritium, Rapport préparé par D.K. Myers et J.R. Johnson, CCRP-10, Juillet 1992.