



**Avis n° 2017-AV-XXX de l'Autorité de sûreté nucléaire du XXX 2017  
relatif au dossier d'options de sûreté présenté par l'Andra pour le projet Cigéo  
de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde**

L'Autorité de sûreté nucléaire,

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 542-1-1, L. 542-1-2, L. 542-10-1, L. 542-12, L. 592-27 et L. 593-7 ;

Vu le décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives ;

Vu le décret n° 2017-231 du 23 février 2017 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs ;

Vu l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles techniques relatives aux installations nucléaires de base ;

Vu l'arrêté du 15 janvier 2016 relatif au coût objectif afférent à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue ;

Vu l'arrêté du 23 février 2017 pris en application du décret n° 2017-231 du 23 février 2017 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions de Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs ;

Vu la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base, notamment son article 3.1.6 ;

Vu la décision n° 2017-DC-0587 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 mars 2017 relative au conditionnement des déchets radioactifs et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base de stockage ;

Vu le guide de sûreté de l'ASN relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde de février 2008 ;

Vu l'avis de l'Autorité de sûreté nucléaire du 1<sup>er</sup> février 2006 sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HAVL) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, et liens avec le PNGDR-MV ;

Vu l'avis n° 2011-AV-129 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juillet 2011 sur le dossier relatif au stockage réversible profond de déchets de haute et moyenne activité à vie longue déposé par l'Andra conformément à l'article 11 du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008 ;

Vu l'avis n° 2013-AV-0179 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 mai 2013 sur les documents produits par l'Andra depuis 2009 relatifs au projet de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde ;

Vu l'avis n° 2013-AV-0187 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 juillet 2013 sur la transmutation des éléments radioactifs à vie longue ;

Vu l'avis n° 2015-AV-0227 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 10 février 2015 relatif à l'évaluation des coûts afférents au projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde ;

Vu l'avis n° 2016-AV-0256 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 9 février 2016 sur les études relatives à l'évaluation du caractère valorisable des matières radioactives remises en application du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2013-2015, en vue de l'élaboration du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018 ;

Vu l'avis n° 2016-AV-0259 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 25 février 2016 sur les études relatives à la gestion des déchets de haute et de moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL) remises en application du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2013-2015, en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018 ;

Vu l'avis n° 2016-AV-264 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 mars 2016 sur les études relatives à la gestion des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) remises en application du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2013-2015, en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018 ;

Vu l'avis n° 2016-AV-0267 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 31 mai 2016 relatif à la réversibilité du stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde ;

Vu le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) 2016-2018 ;

Vu l'avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (2016-2018) n° 2016-036 du 20 juillet 2016 ;

Vu le rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur l'évaluation du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018 – 9 mars 2017 ;

Vu le bilan du débat public sur le projet de centre de stockage réversible profond de déchets radioactifs en Meuse/Haute-Marne (Cigéo) dressé par le Président de la Commission nationale du débat public publié le 12 février 2014 ;

Vu la lettre ASN CODEP-DRC-2014-039834 du 19 décembre 2014 relative aux options de sûreté du projet Cigéo ;

Vu la lettre ASN CODEP-DRC-2015-004834 du 7 avril 2015 – dossier « maîtrise des risques en exploitation » ;

Vu la lettre ASN CODEP-DRC-2016-034029 - ASND/2016-00930 du 26 septembre 2016 relative à l'étude PNGMDR : évaluation technico-économique d'un procédé de traitement d'enrobés de boues bitumées par incinération/vitrification ;

Vu la lettre Andra DG/17-0097 du 27 avril 2017 transmettant ses engagements dans l'objectif de la demande d'autorisation de création de Cigéo ;

Vu le dossier d'options de sûreté remis par l'Andra par lettres DG/16-0105 du 6 avril 2016, DG/16-0141 du 13 mai 2016, DG/16-0156 du 24 mai 2016 et DISEF/DIR/16-0116 du 6 juillet 2016 ;

Vu le rapport de la revue internationale par des pairs régulateurs, organisée par l'AIEA, sur le dossier d'options de sûreté du projet de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde : Cigéo – novembre 2016 ;

Vu le rapport de la commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs sur l'analyse des documents Cigéo 2016 et recommandations – novembre 2016 ;

Vu l'avis et les recommandations des groupes permanents d'experts pour les déchets et pour les laboratoires et les usines, relatifs au dossier d'options de sûreté du projet Cigéo, établis à l'issue de sa réunion des 18 et 19 mai 2017 sur la base du rapport de l'IRSN n° 2017-00013 ;

Après avoir entendu les représentants de l'Andra le 6 juillet 2017 ;

Vu les observations recueillies pendant la consultation du public sur le projet d'avis, ouverte du XX au XX ;

Considérant que la gestion des déchets radioactifs est un enjeu de sûreté nucléaire et qu'il est nécessaire que l'ensemble de ces déchets dispose d'une filière de gestion sûre,

### **Rend l'avis suivant :**

#### **1) Concernant l'inventaire des déchets radioactifs à retenir pour la demande d'autorisation de création d'un stockage géologique profond et pour les éventuelles demandes de modifications au cours de l'exploitation**

Considérant que :

- L'article L. 542-1-2 du code de l'environnement dispose que « *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* » ;
- L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement dispose que « *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 cohérentes avec la stratégie d'exploitation et de fermeture du stockage.* » ;
- L'article D. 542-90 du code de l'environnement dispose que « *L'inventaire à retenir par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs pour les études et recherches conduites en vue de concevoir le centre de stockage prévu à l'article L. 542-10-1 comprend un inventaire de référence et un inventaire de réserve.* »

*« L'inventaire de réserve prend en compte les incertitudes liées notamment à la mise en place de nouvelles filières de gestion de déchets ou à des évolutions de politique énergétique.*

*« Le centre de stockage est conçu pour accueillir les déchets de l'inventaire de référence.*

*« Il est également conçu par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, en lien avec les propriétaires des substances de l'inventaire de réserve, pour être en mesure d'accueillir les substances qui figurent à cet inventaire, sous réserve le cas échéant d'évolutions dans sa conception pouvant être mises en œuvre en cours d'exploitation à un coût économiquement acceptable. »*

Considérant que les principes présentés par l'ASN dans son avis du 16 mai 2013 susvisé concernant l'inventaire de déchets radioactifs à retenir dans le cadre de l'instruction d'un futur dossier de demande d'autorisation de création restent valables ;

Considérant que la quantité totale de déchets à stocker dans l'installation Cigéo est évaluée en tenant compte de l'inventaire des déchets produits jusqu'en 2010 et d'une estimation de ceux à produire après cette période,

L'ASN estime que :

- a) la méthode retenue pour l'établissement de l'inventaire des déchets à stocker dans l'installation Cigéo retenu par l'Andra au stade du DOS est satisfaisante.
- b) cet inventaire, basé sur un scénario industriel de 2011, a néanmoins vocation à évoluer et que l'inventaire des déchets à retenir pour la conception de l'installation qui sera présentée dans la demande d'autorisation de création de l'installation devra être actualisé en prenant en compte les travaux menés dans le cadre du PNGMDR et l'avis de l'ASN du 16 mai 2013 susvisé indiquant notamment que *« cet inventaire devrait prendre en compte l'ensemble des stratégies industrielles aujourd'hui envisagées par les producteurs, en particulier pour ce qui concerne la durée de fonctionnement des réacteurs et leur puissance ainsi que la gestion des combustibles usés du CEA en intégrant les déchets résultant du traitement de ces combustibles et, s'il y a lieu, les combustibles qui ne seraient pas retraités ».*
- c) au stade de la demande d'autorisation de création de l'installation, l'Andra doit présenter l'inventaire de réserve retenu, conformément à l'avis de l'ASN du 31 mai 2016 susvisé et justifier qu'il n'y a pas d'élément rédhibitoire au stockage des déchets de cet inventaire de réserve.

## 2) Concernant le dossier d'options de sûreté du projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde

Considérant qu'à la suite du débat public préalable au dépôt du dossier de demande d'autorisation de création tenu en 2013 et prévu par l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement, l'Andra a décidé de soumettre à l'ASN un dossier d'options de sûreté au sens de l'article 6 du décret du 2 novembre 2007 susvisé ; que cette démarche s'inscrit dans un processus de développement par étapes de l'installation, cohérent avec les préconisations du guide de sûreté de l'ASN de février 2008 susvisé ;

### 2.1) Observations générales

Considérant que le dossier d'options de sûreté montre notamment que l'Andra a :

- acquis une connaissance détaillée du site de Meuse/Haute-Marne, qui lui permet de confirmer la pertinence de la zone retenue pour l'implantation du stockage ;
- mené de nombreuses études pour caractériser les évolutions des différents composants du stockage (colis, matériaux métalliques, cimentaires et argileux) et a constitué un ensemble important de connaissances à ce sujet ;
- correctement identifié et étudié les perturbations (bactériennes, organiques, salines...) qui pourront affecter la roche hôte ainsi que les phénomènes qui se produiront pendant les transitoires (thermique, hydraulique, mécanique...) qui résulteront de l'implantation du stockage. Les résultats présentés tendent à indiquer que leur extension devrait être limitée par rapport à l'épaisseur de la roche hôte ;
- retenu des principes globalement satisfaisants dans la démarche de sûreté en exploitation et après fermeture, cohérents avec le guide de sûreté de l'ASN susvisé et les travaux d'instances internationales ;

Considérant néanmoins que des incertitudes demeurent, inhérentes à ce stade de développement du projet ; que des études et justifications complémentaires sont attendues dans différents domaines, en particulier concernant la représentativité du modèle hydrogéologique, les phénomènes de corrosion, les bétons bas pH, les critères d'endommagement acceptable de la roche et l'évolution des matériaux argileux durant la phase transitoire hydraulique-gaz,

L'ASN estime que

- a) le projet a atteint globalement une maturité technologique satisfaisante au stade du dossier d'options de sûreté ;
- b) le dossier d'options de sûreté est documenté et étayé et constitue un progrès significatif par rapport aux dossiers « argile 2005 » ayant fait l'objet de l'avis de l'ASN du 1<sup>er</sup> février 2006 susvisé et « jalon 2009 » ayant fait l'objet de l'avis de l'ASN du 26 juillet 2011 susvisé.

Toutefois, certaines options retenues à ce stade soulèvent des remarques complémentaires, voire des réserves, développées ci-après.

## 2.2) Colis de déchets bitumineux

Considérant que les colis de déchets bitumineux représentent 18 % du nombre de colis de l'inventaire de référence de l'installation ; que des incertitudes demeurent concernant le comportement physico-chimique, thermique et microstructural de ces colis en stockage, en particulier en situation incidentelle ou accidentelle conduisant à une élévation de température ;

Considérant que les options de conception retenues à ce stade par l'Andra ne permettent ni de prévenir ni de limiter les risques à un niveau acceptable en cas de réaction exothermique à l'intérieur d'un colis de déchets bitumineux ;

Considérant qu'à ce stade deux voies principales sont identifiées pour la gestion des colis de déchets bitumineux déjà conditionnés : 1° le développement à une échelle industrielle d'un procédé assurant la neutralisation de la réactivité chimique des colis, 2° des évolutions substantielles des options de conception pour exclure le risque d'emballement de réactions exothermiques en cas d'incendie ou d'élévation de température ;

Considérant qu'en tout état de cause, la deuxième voie ne pourrait être retenue que pour des colis de déchets bitumineux suffisamment caractérisés pour établir une modélisation enveloppe de leur comportement en stockage ;

Considérant que la gestion des colis de déchets bitumineux fait l'objet de demandes d'études encadrées par l'arrêté du 23 février 2017 susvisé, en particulier ses articles 46, 47 et 48 ;

Considérant que la décision du 23 mars 2017 susvisée dispose dans son article 2.3 que « *les opérations de conditionnement de déchets radioactifs permettent la production de colis de déchets radioactifs définitifs présentant une stabilité physico-chimique appropriée et assurant le confinement des substances radioactives et dangereuses qu'ils contiennent. Ces opérations sont adaptées à la nature et aux caractéristiques des déchets radioactifs et de l'installation de stockage à laquelle ils sont destinés et doivent notamment tenir compte des risques liés aux actions des agents chimiques et biologiques, à l'hétérogénéité de la répartition de déchets et à la production de chaleur dans ce colis.* »,

L'ASN estime que la recherche de la neutralisation de la réactivité chimique des colis de déchets bitumineux doit être privilégiée. En tout état de cause, la caractérisation dans les meilleurs délais de ces colis de déchets bitumineux par leurs producteurs est un préalable indispensable.

## **2.3) Sujets pouvant conduire à des évolutions de conception**

### **Justification de l'architecture du stockage**

L'ASN estime nécessaire que l'Andra étudie une architecture de stockage qui renforce la capacité globale de confinement de l'installation, en prenant en considération au moins les lignes de défense suivantes et leur combinaison : (i) le nombre et la performance des scellements de galerie, (ii) la distance entre les quartiers de stockage et la base des liaisons surface-fond, et (iii) le positionnement des quartiers de stockage par rapport aux liaisons surface-fond. L'architecture retenue dans la demande d'autorisation de création sera justifiée par une étude des avantages et inconvénients de différentes options, en considérant les aspects relatifs à la sûreté et à la radioprotection en exploitation et à long terme.

### **Dimensionnement de l'installation aux agressions**

L'ASN estime nécessaire que l'Andra présente et justifie, dans le dossier accompagnant la demande d'autorisation de création, les niveaux d'aléas qu'elle retient ainsi que les exigences, les critères et les méthodes pour analyser le comportement des équipements et ouvrages soumis à ces aléas, en exploitation comme après fermeture, notamment pour ce qui concerne le séisme dans la démonstration de sûreté après la fermeture du stockage.

L'ASN estime nécessaire que, dans le dossier accompagnant la demande d'autorisation de création, l'Andra retienne pour le dimensionnement de l'installation de surface, sauf justification particulière, un incendie impliquant au moins l'intégralité du contenu du colis primaire le plus pénalisant.

### **Surveillance de l'installation**

Considérant que le dossier examiné apporte peu d'éléments concernant les modalités selon lesquelles l'Andra compte assurer une surveillance adaptée aux exigences de sûreté en phase d'exploitation et après fermeture du stockage,

L'ASN estime nécessaire que le dossier de demande d'autorisation de création présente et justifie la stratégie de surveillance de l'installation et les moyens à mettre en œuvre.

### **Situations post-accidentelles**

Considérant que la possibilité d'intervenir et le cas échéant de réhabiliter l'installation est une priorité pour assurer la pérennité de la filière de gestion des déchets HA et MA-VL, dont Cigéo constitue l'unique exutoire ; que les éléments présentés dans le dossier d'options de sûreté n'ont pas entièrement répondu à la demande de l'ASN concernant le rétablissement des différentes fonctions du stockage à la suite d'une situation accidentelle, formulée dans son courrier du 7 avril 2015 susvisé,

L'ASN estime nécessaire que l'Andra présente dans sa demande d'autorisation de création les enjeux de sûreté en exploitation comme à long terme liés au rétablissement des diverses fonctions du stockage à la suite d'une situation accidentelle ainsi que leur prise en compte et leur déclinaison dans la conception de l'installation, en distinguant en particulier :

- la possibilité de poursuivre les opérations de stockage,
- la possibilité de retirer des colis, impliqués ou non dans la situation accidentelle,
- la possibilité de mise en œuvre des opérations de fermeture du stockage.

Un scénario conventionnel d'effondrement devra notamment être postulé. La démarche présentée devra intégrer l'analyse du retour d'expérience existant sur ce sujet.

### 3) Concernant la demande d'autorisation de création

L'ASN estime que le dossier de demande d'autorisation de création doit avoir un niveau de détail permettant, compte tenu du principe de réversibilité et du développement prévu de l'installation, d'avoir, conformément aux dispositions de l'article 3.1.6 de la décision de l'ASN du 17 novembre 2015 susvisée, la raisonnable assurance que la démonstration de sûreté nucléaire sera confirmée au moment de la remise de la version du rapport de sûreté établie pour la demande d'autorisation de mise en service de la partie concernée de l'INB.

\*  
\* \*

Le présent avis sera complété par une lettre de l'ASN adressée à l'Andra précisant les options de sûreté satisfaisantes ainsi que les études et justifications complémentaires nécessaires à la demande d'autorisation de création.

Fait à Montrouge, le **XX**.

Le collègue de l'Autorité de sûreté nucléaire,

PROJET