

Fontenay-aux-Roses, le 15 juin 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2017-00190

Objet : Avis relatif au dossier « Projet Cigéo - Dossier d'Options de Sûreté »

Réf. [1] Saisine de l'Autorité de Sûreté Nucléaire ASN CODEP-DRC-2016-021886 du 2 août 2016

[2] Loi n°2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs

[3] Loi n°2016-1015 du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue

[4] Guide de l'ASN du 12 février 2008 relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde

[5] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (NOR : DEVP1202101A, version consolidée du 05/02/2016)

[6] 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

Par lettre citée en référence [1], le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé aux Présidents des groupes permanents d'experts pour les déchets (GPD) et pour les laboratoires et les usines (GPU), l'avis des groupes d'experts qu'ils président sur le dossier « Projet Cigéo - Dossier d'Options de Sûreté » (DOS) sur la sûreté et la radioprotection de Cigéo, au regard notamment des aspects identifiés lors des précédentes instructions relatives à ce projet, en examinant la pertinence des hypothèses, démarches, concepts et objectifs de performance retenus, ainsi que sur les études ou justifications complémentaires qui seront nécessaires pour constituer une demande d'autorisation de création (DAC).

Adresse courrier

BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social

31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

La Loi de programme du 28 juin 2006 [2] relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs prévoit la poursuite des études et recherches sur le stockage réversible en couche géologique profonde de déchets radioactifs de haute activité (HA) et de moyenne activité et à vie longue (MAVL). La Loi n°2016-1015 du 25 juillet 2016 [3] précise les modalités de création d'une telle installation, introduit une phase pilote dans le processus de développement du stockage, et modifie l'échéance du dépôt de la DAC, initialement prévu à l'horizon 2015 par la Loi précitée, en portant à 2018 l'instruction du dossier qui l'accompagne.

Le DOS, transmis par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) à l'ASN en avril et mai 2016, se positionne ainsi entre la fin des études d'avant-projet sommaire (APS) et le début de celles de l'avant-projet détaillé (APD), dont les résultats constitueront les éléments majeurs du dossier venant en support de la DAC.

La saisine de l'ASN citée en référence [1] demande que soient plus particulièrement examinées:

- les *données d'entrée* relatives aux colis, au site et à l'évolution des composants du stockage ainsi que la *démarche de sûreté* ;
- la *sûreté en exploitation* : les choix relatifs aux méthodes de construction et à la fermeture de l'installation, la maîtrise des risques d'origine externe et interne (incluant les spécificités de Cigéo relatives au vieillissement et à la gestion des coactivités), les premières évaluations complémentaires de sûreté (ECS) ;
- la *sûreté après fermeture* : la modélisation du système de stockage (hypothèses, phénoménologie, incertitudes...) ainsi que les choix des scénarios.

Cet examen doit être conduit en regard des recommandations formulées dans le guide de l'ASN relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde et des exigences applicables aux Installations Nucléaires de Base (INB), précisées dans l'arrêté du 7 février 2012 [5] ainsi que dans la décision de l'ASN du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des INB [6]

En outre, la saisine demande l'examen technique des points suivants :

- la *réversibilité* : pertinence des options prises à ce stade, au regard des exigences d'adaptabilité du stockage et de récupérabilité des colis de déchets dans différentes situations de fonctionnement de l'installation ;
- la *phase pilote* : éléments de définition retenus vis-à-vis de cette phase, incluant la démarche d'établissement de l'inventaire strictement nécessaire au confortement de la démonstration de sûreté ;
- la *surveillance* : principes et objectifs du programme de surveillance ;
- les *facteurs organisationnels et humains* (FOH) : pertinence de l'organisation mise en place par l'exploitant pour intégrer les FOH dans la conception ainsi que la démarche d'identification des activités humaines.

Les principales conclusions de l'expertise réalisée par l'IRSN en support à cet examen par les groupes permanents, tenant compte des compléments transmis par l'Andra lors de l'instruction, sont exposées dans le présent avis.

Données d'entrée relatives aux colis, au site et à l'évolution des composants du stockage

S'agissant des colis de déchets, l'Andra fonde l'inventaire et les caractéristiques des déchets susceptibles d'être stockés dans Cigéo sur un scénario industriel de référence dit « SI 2011 ». L'IRSN considère que les données relatives aux déchets à stocker en vue d'établir les bases pour le dimensionnement du stockage et conduire l'évaluation de la sûreté de l'installation, sont globalement bien identifiées par l'Andra. L'IRSN appelle toutefois l'attention sur les évolutions possibles de ce

scénario de référence, dont l'actualisation, en cohérence avec la stratégie qui sera retenue par EDF pour gérer le parc REP et le réacteur EPR (durée d'exploitation des réacteurs, type de combustible chargé, etc.), pourrait modifier l'inventaire comme les caractéristiques des déchets. L'IRSN relève également que le conditionnement d'environ 20 % de l'inventaire total des colis n'est pas stabilisé à ce stade. Ces incertitudes ne sont toutefois pas telles qu'elles puissent significativement remettre en cause la conception générale du stockage.

Par ailleurs, l'Andra fait état d'incertitudes quant au volume exact de déchets dits « en réserve » et de combustibles usés qui serait à stocker, si ceux-ci étaient amenés à être intégrés dans l'inventaire de référence. L'IRSN estime qu'il n'apparaît pas à ce stade d'impossibilité à adapter l'emprise de l'installation pour les accueillir mais rappelle que les éléments de faisabilité de l'adaptation du stockage à ce type de déchets sont attendus à l'échéance de la DAC. En particulier, les dimensions des ouvrages nécessaires pour permettre la manutention des colis de combustibles usés appellent des études géotechniques complémentaires. En tout état de cause, l'IRSN considère que le stockage de déchets dits « en réserve » ou de combustibles usés ne saurait être autorisé sans une démonstration de sûreté complète prenant en compte une telle évolution de l'inventaire, ce qui à ce stade n'est pas inclus dans le cadre de la DAC dont l'instruction est actuellement prévue en 2018.

Concernant la phase pilote de Cigéo, l'IRSN constate que l'inventaire des déchets strictement nécessaire aux essais qui y seront réalisés ainsi que leur chronique de stockage n'est pas précisé à ce stade. Ces éléments devront être apportés dans le cadre de la DAC.

S'agissant des données relatives au site de Meuse/Haute-Marne, l'Andra a désormais acquis une connaissance détaillée qui lui permet de confirmer la pertinence de la zone retenue pour l'implantation du stockage et qui constitue une base de qualité en appui de sa démonstration de sûreté. L'Andra estime à cet égard que les caractéristiques du site ne présentent pas de point rédhibitoire pour la mise en œuvre des concepts retenus au stade du DOS. L'IRSN considère que les éléments apportés par l'Andra en appui de cette position sont pertinents mais qu'il sera nécessaire néanmoins, pour conforter la démonstration de sûreté, que l'Andra accorde une attention particulière :

- à l'amélioration de la représentativité du modèle hydrogéologique et de son évolution future pour préciser la localisation des exutoires possibles des écoulements en provenance du stockage ;
- à la confirmation de l'homogénéité de la formation hôte au droit des flexures identifiées par la reconnaissance géophysique ;
- à la maîtrise de l'endommagement de la roche et de l'évolution des propriétés hydromécaniques des zones endommagées.

Sur ce dernier point, il convient de noter qu'à ce jour, les critères définissant l'endommagement acceptable de la roche hôte autour des ouvrages destinés à être scellés, au plus tard à la fin de la phase d'exploitation, restent à définir. L'Andra devra en outre retenir, dans l'analyse de sûreté, certaines hypothèses et valeurs de paramètres conservatives plus conformes à l'état des

connaissances, en particulier eu égard aux propriétés de transport des radionucléides dans la roche hôte.

S'agissant de l'évolution des composants du stockage que sont les colis ainsi que les composants ouvragés en acier, béton ou à base d'argiles, l'Andra a analysé les perturbations transitoires mécaniques, chimiques, hydriques et thermiques, susceptibles d'affecter leurs performances au cours de l'exploitation et après fermeture. L'IRSN souligne la qualité des nombreuses études menées par l'Andra pour caractériser l'évolution de ces composants et considère, comme pour le site, qu'un référentiel important de connaissances a été constitué. L'IRSN estime notamment que les modèles de relâchement des radionucléides hors des colis établis par l'Andra sont satisfaisants. Une analyse plus précise mérite toutefois d'être conduite sur l'influence des matériaux d'environnement (produits de corrosion, matériaux cimentaires tels que le matériau de remplissage à l'extrados du chemisage des alvéoles de stockage des déchets de haute activité) sur l'altération des verres. Par ailleurs, le bon dimensionnement des conteneurs en acier des colis et des composants des alvéoles HA à l'égard des phénomènes de corrosion devra être confirmé en mettant à profit des tests *in situ* en vraie grandeur qui visent à consolider le bien-fondé du concept d'alvéole HA en termes de faisabilité de construction et de surveillance et dont les premiers résultats sont attendus en support à la DAC. S'agissant plus particulièrement des gaz (principalement l'hydrogène créé par la corrosion des matériaux en acier), la possibilité qu'ils traversent les ouvrages de scellement sans en dégrader les performances devra être confirmée. Concernant enfin les massifs d'appui des ouvrages de scellement ainsi que les revêtements des alvéoles MAVL contenant des déchets vitrifiés de moyenne activité et à vie longue, l'IRSN estime que le recours à des bétons bas pH dans le stockage n'apparaît pas justifié en l'état actuel des connaissances, notamment en raison des incertitudes portant sur la durée pendant laquelle leur tenue mécanique pourra être assurée.

Concernant la roche hôte, l'IRSN estime que l'Andra a correctement identifié les perturbations (alcaline, organique, saline...) qui pourront l'affecter ainsi que les phénomènes qui se produiront pendant les transitoires précités. Les résultats présentés tendent à indiquer que l'extension de ces perturbations devrait être limitée par rapport à l'épaisseur de la roche hôte. L'Andra devra toutefois les prendre en compte de manière conservative dans les scénarios d'évolution du stockage.

Démarche de sûreté

S'agissant de la démarche de sûreté en exploitation retenue par l'Andra, l'IRSN note que ses principes sont cohérents avec le guide de sûreté de l'ASN [4] bien qu'elle nécessite des compléments pour consolider les différentes catégories de scénarios à retenir pour le dimensionnement de l'installation et sa démonstration de sûreté. En particulier, l'IRSN estime que l'Andra devra, dans le dossier de DAC, justifier les situations exclues et mieux prendre en compte les cumuls plausibles d'événements.

L'IRSN relève toutefois qu'au stade du DOS, la démarche de l'Andra pour la conception de Cigéo n'intègre pas les aspects relatifs à la gestion des conséquences sur l'exploitation du stockage des situations accidentelles envisageables. En particulier, la possibilité de retrait de colis accidentés avec des moyens définis dès la conception n'a pas été étudiée. Or, l'IRSN rappelle qu'une indisponibilité

prolongée de Cigéo, qui constitue l'unique exutoire pour les déchets HA et MAVL, aurait des répercussions sur les installations en amont de la filière de gestion de ces déchets susceptibles d'affecter la sûreté d'ensemble de cette filière. L'IRSN considère qu'au-delà de la prévention des situations accidentelles, la définition des dispositions permettant d'intervenir, et le cas échéant de réhabiliter l'installation en cas de contamination d'infrastructures, doit constituer une priorité de la démonstration de sûreté. La prise en compte des situations accidentelles et post-accidentelles dans la conception est donc un attendu important pour le dossier de DAC.

Concernant la surveillance de paramètres clés de la sûreté de Cigéo, le DOS présente des lacunes importantes dans la définition de la stratégie de surveillance et l'identification des moyens à mettre en œuvre. Or, l'IRSN rappelle, comme indiqué dans ses précédentes expertises, que la surveillance des paramètres d'exploitation et du comportement des alvéoles de stockage est une composante importante de la démonstration de sûreté de l'installation. A cet égard, l'IRSN souligne que les particularités de Cigéo (installation souterraine, durée d'exploitation, ouvrages difficilement accessibles, nature des paramètres à surveiller...) requièrent la mise en œuvre de dispositions sur lesquelles un retour d'expérience n'est pas toujours disponible. A ce stade, l'IRSN considère qu'il n'est pas acquis que la conception retenue par l'Andra permette d'exercer, pendant la phase d'exploitation, une surveillance adaptée aux enjeux particuliers posés par la maîtrise des risques associés au stockage.

S'agissant de la démarche de sûreté après fermeture, l'IRSN observe que l'Andra retient un ensemble de scénarios qui rend globalement compte de différentes situations envisageables à long terme, y compris d'éventuelles exploitations du sous-sol, ce qui est satisfaisant à ce stade. L'IRSN estime toutefois qu'il conviendra, pour la DAC, de développer le traitement de ces scénarios ainsi que de postuler un scénario d'effondrement se produisant pendant la construction ou l'exploitation du stockage, et qui pourrait conduire à une diminution de l'épaisseur de garde saine de roche hôte, afin de définir d'éventuelles dispositions complémentaires qui pourraient être mises en œuvre pour en limiter les conséquences à long terme.

Sûreté en exploitation

L'IRSN considère de manière générale que les avancées de l'Andra sont notables en matière de maîtrise des risques en exploitation. En particulier, les risques de criticité, ceux liés à la coactivité et à la manutention des colis font l'objet d'une analyse de qualité de la part de l'Andra, qui retient des dispositions de maîtrise globalement appropriées. De même, la prise en compte des risques liés à l'exposition interne et externe du personnel et les dispositions de confinement des substances radioactives pendant l'exploitation sont, dans leur principe, satisfaisantes.

S'agissant des risques liés à l'incendie, l'IRSN estime que les dispositions de prévention prévues dans les installations de surface et souterraine sont convenables. En revanche, les dispositions de sectorisation, de détection et de lutte contre l'incendie devront tenir compte de l'accessibilité réduite de certains locaux pour l'intervention et des difficultés liées au caractère souterrain d'une

partie de Cigéo. De plus, l'IRSN estime que dans le dossier de DAC, le scénario d'incendie de dimensionnement de l'installation de surface devra mettre en jeu l'intégralité du contenu du colis primaire le plus sensible à l'incendie. Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 présentée en annexe au présent avis. Par ailleurs, sur la base de l'examen (i) des résultats du programme d'études quadripartite Andra/Areva/CEA/EDF relatif au comportement des enrobés bitumineux lors d'une élévation de température, (ii) des mesures de prévention et de lutte contre l'incendie présentées par l'Andra et des temps nécessaires à l'intervention en cas d'incendie dans la partie utile de l'alvéole MAVL ainsi que (iii) des dispositions de limitation des conséquences présentées à ce stade, l'IRSN considère qu'un risque d'emballement de réactions exothermiques dans ces colis ayant pour conséquence un rejet important d'activité dans l'environnement ne peut être exclu en cas d'incendie. La conception actuelle du stockage ne permettant pas le stockage sûr des déchets bitumineux, l'IRSN estime qu'une solution de neutralisation de la réactivité des enrobés bitumineux préalablement à leur mise en stockage doit être privilégiée. L'Andra devra donc apporter, dans les meilleurs délais et en tout état de cause au plus tard lors du dépôt du dossier de DAC, un ensemble d'éléments permettant de statuer sur la possibilité de mettre en œuvre un tel procédé. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2 présentée en annexe au présent avis. A défaut, des évolutions de conception majeures des alvéoles MAVL par rapport à celle présentée au stade du DOS, seraient à prévoir.

S'agissant des autres risques d'agressions d'origine interne liés au risque d'explosion, aux FOH, à la fermeture des alvéoles et au vieillissement, l'IRSN estime que les concepts actuels devraient permettre leur maîtrise. Il en est de même pour les agressions d'origine externe telles que le séisme, l'inondation, les aléas climatiques et météorologiques, pour lesquelles diverses justifications et compléments permettant d'apprécier le caractère conservatif des niveaux d'aléas retenus pour le dimensionnement des installations de surface et souterraine sont toutefois attendus pour la DAC. La conception des puits au passage de niveaux calcaires très fracturés ou karstiques nécessite en outre d'être précisée, sur la base de reconnaissances préalables et au cours du creusement dans ces niveaux, pour statuer définitivement sur la possibilité d'exclure le risque d'inondation externe, en lien avec l'étanchéité de ces ouvrages.

Sûreté après fermeture

S'agissant des risques après la fermeture du stockage, les risques liés à la criticité sont à ce stade correctement évalués. Concernant le risque sismique, l'évaluation des effets d'un séisme susceptible de survenir après la fermeture du stockage nécessite que l'Andra revoie à l'échéance de la DAC l'estimation de l'aléa, associé au séisme maximum physiquement possible en présentant, dans le dossier de DAC, un spectre enveloppe des différentes hypothèses qu'elle retient. Ceci fait l'objet de la recommandation n°3 présentée en annexe au présent avis. Il conviendra également que l'Andra présente les exigences qu'elle retient pour le comportement des ouvrages sous séisme ainsi que les critères et méthodes permettant de vérifier que ces exigences sont satisfaites.

S'agissant de l'évaluation de la capacité de confinement du stockage, l'IRSN observe que les ordres de grandeur des impacts radiologiques estimés par l'Andra sont faibles. L'IRSN considère que ces estimations devront toutefois être complétées, en particulier sur les deux points suivants. En premier

lieu, le cas d'un exutoire dans l'aquifère encaissant de l'Oxfordien devra être considéré dans le cadre du scénario d'évolution normale du stockage. En second lieu, il apparaît nécessaire d'évaluer l'impact radiologique du stockage à long terme en considérant la possibilité que tout ou partie du ⁷⁹Se, suivant le type de déchets, peut être sous la forme Se(VI), soluble et mobile. En outre, l'IRSN estime que l'Andra n'a pas présenté, comme attendu au stade du DOS, une analyse suffisante des options d'optimisation de l'architecture du stockage (positionnement des liaisons surface-fond, longueurs des galeries, nombre et performances des scellements...) pour justifier le bien fondé de celle retenue à ce jour. Compte tenu des incertitudes sur les performances des ouvrages de scellement qui pourront être atteintes, il importe d'assurer la redondance de la fonction de ces ouvrages, notamment par des éléments d'architecture, afin d'assurer que le transfert des radionucléides au travers des liaisons surface-fond reste suffisamment limité. Ceci fait l'objet de la recommandation n°4 présentée en annexe au présent avis.

Conclusion

Sur la base des éléments transmis par l'Andra, l'IRSN souligne les efforts substantiels mis en œuvre par l'Andra pour composer le DOS, qui fait état, sur un grand nombre de thématiques, de progrès significatifs en termes de définition et de prise en compte des exigences de sûreté dans la conception du stockage, notamment eu égard aux risques en phase d'exploitation, ainsi que dans la constitution des bases de connaissances en support à l'analyse du comportement du stockage à court et à long terme.

L'IRSN estime que le projet a atteint, dans l'ensemble, une maturité technique satisfaisante au stade d'un DOS. A cet égard, l'IRSN note en particulier la bonne identification des risques à considérer pour les phases d'exploitation et après fermeture du stockage, la pertinence de choix dimensionnants sur la gestion de la coactivité ainsi que la conception approfondie des procédés de manutention et des dispositions de sûreté qui leur sont associées. La conception des installations de surface a également progressé et permet d'avoir une première vision de l'ensemble des installations nécessaires aux opérations de stockage, sur lequel l'IRSN n'a pas identifié d'écueil majeur dans les options de sûreté retenues.

S'agissant de l'analyse des risques liés à la phase d'exploitation et de réversibilité ainsi que des risques à long terme, l'IRSN a identifié un ensemble de compléments à apporter, qui font l'objet d'engagements pris par l'Andra au cours de la présente instruction, pour la constitution du dossier de DAC. A cet égard, l'IRSN considère que les éléments de démonstration de la maîtrise de l'essentiel de ces risques devraient pouvoir être réunis dans le cadre de la constitution de ce dossier. Néanmoins, la possibilité d'aboutir à une démonstration de sûreté probante à cette échéance pose encore question pour quatre points majeurs qui pourraient entraîner des modifications substantielles de la conception du stockage : (i) la maîtrise des risques liés à l'incendie dans un alvéole de stockage de colis d'enrobés bitumineux, (ii) la prise en compte des conséquences de certaines situations accidentelles pour l'exploitation de l'installation souterraine, (iii) la faisabilité de la surveillance de paramètres clés de la sûreté de Cigéo et (iv) l'optimisation du point de vue de la sûreté de l'architecture du stockage.

Il est essentiel pour l'IRSN qu'une réponse soit apportée à ces points dans le dossier de DAC. A cet égard, l'IRSN ne présage pas des délais nécessaires pour réunir ces éléments de démonstration et en conséquence de l'échéance à laquelle le dossier de DAC pourra *in fine* être achevé.

Pour le Directeur général et par délégation
François BESNUS

Le Directeur des déchets et de la géosphère

Annexe à l'avis IRSN/2017-00190 du 15 juin 2017

Recommandations

- Recommandation n°1 : L'IRSN recommande que, dans le dossier de DAC, le scénario d'incendie de dimensionnement de l'installation de surface mette en jeu l'intégralité du contenu du colis primaire le plus sensible à l'incendie, en l'occurrence un colis d'enrobé bitumineux si l'option de leur stockage est maintenue.
- Recommandation n°2 : L'IRSN recommande que l'Andra apporte, dans les meilleurs délais et en tout état de cause au plus tard lors du dépôt du dossier de DAC, un ensemble d'éléments permettant de statuer sur la possibilité de mettre en œuvre un procédé permettant la neutralisation de la réactivité des déchets bitumés préalablement à leur mise en stockage.
- Recommandation n°3 : L'IRSN recommande que l'Andra retienne, dans le dossier de DAC, le spectre d'aléa sismique enveloppe des deux hypothèses présentées (modèle structural régional et modèle du séisme flottant).
- Recommandation n°4 : L'IRSN recommande que l'Andra retienne, dans le dossier de DAC, une architecture de stockage qui procure une redondance avérée de la fonction des scellements des liaisons surface-fond, en considérant au moins les lignes de défense suivantes et leur combinaison : (i) les scellements de galerie performants, (ii) la distance entre les quartiers de stockage et la base des liaisons surface-fond, et (iii) le positionnement des liaisons surface-fond en amont hydraulique des quartiers de stockage. Celle-ci sera justifiée par une étude des avantages et inconvénients de différentes options, vis-à-vis de la sûreté en exploitation et à long terme.