

Fontenay-aux-Roses, le 13 novembre 2015

Monsieur le Président de l'Autorité de Sûreté Nucléaire

Avis IRSN n° 2015-000361

Objet : PNGMDR 2013-2015 - Projet de stockage des déchets de faible activité massique à vie longue (FA-VL) - Rapport d'étape

Réf. : Saisine n° SAISI-DRC-2015-0322 - Projet de stockage de déchets FA-VL - Rapport d'étape 2015

Par lettre citée en référence, vous demandez l'avis et les observations de l'IRSN sur le rapport d'étape relatif au stockage des déchets de faible activité massique à vie longue (FA-VL), transmis par l'agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) en juillet 2015 en réponse à la demande d'un dossier de faisabilité d'un tel stockage faite dans le cadre du décret 2013-1304 du 27 décembre 2013 établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR).

Vous demandez plus particulièrement à l'IRSN d'analyser la pertinence et la robustesse du scénario de recherche de solution de gestion des déchets FA-VL proposé par l'Andra concernant notamment : (i) la compatibilité avec un stockage à faible profondeur des déchets inventoriés par l'Andra et l'exhaustivité de cet inventaire, (ii) les principes de sûreté et les deux options de conception à l'étude et (iii) l'adéquation de la zone géologique investiguée avec les objectifs fixés par l'Andra. Vous demandez également à l'IRSN d'analyser la pertinence du programme d'études et de recherches prévu par l'Andra, ainsi que le caractère réaliste du calendrier annoncé.

Le rapport transmis « *constitue un rapport d'étape* » selon l'Andra. Il présente les déchets susceptibles d'être stockés, le bilan des investigations géologiques réalisées depuis 2013 sur la communauté de communes (Codecom) de Soulaïnes, les principes de sûreté pour la conception du stockage des déchets FA-VL, les deux options de conception à l'étude, une évaluation préliminaire de la sûreté en exploitation et après-fermeture pour ces deux options et enfin, les orientations pour la suite des études. L'Andra indique que « *sur cette base, [elle] élaborera en 2018 un dossier de conception de niveau esquisse sur le site investigué* », et que, sous réserve des orientations qui seront alors retenues, les études ultérieures d'avant-projet permettront, sur environ 5 ans, de préparer un dossier visant une autorisation de création à l'horizon 2026.

Du dossier examiné, l'IRSN retient les éléments suivants.

1. Déchets FA-VL inventoriés par l'Andra

Le stockage de déchets FA-VL concerne les déchets radioactifs qui ne peuvent pas être accueillis en surface, notamment en raison du fait que leur contenu radioactif est majoritairement composé d'éléments à vie longue. Le niveau d'activité massique que présentent ces déchets est toutefois suffisamment faible pour ne pas nécessiter qu'ils soient placés dans une installation de stockage en formation géologique profonde ; les ordres de grandeur classiquement considérés pour qualifier un déchet de faible activité se situent entre cent et quelques centaines de milliers de becquerels par gramme.

Dans son rapport d'étape, l'Andra présente les différentes typologies de déchets que le stockage de déchets FA-VL pourrait recevoir. Il s'agit de :

- déchets radifères (résidus radifères « RRA » et résidus solides banalisés « RSB » issus de l'extraction de terres rares, déchets issus de la valorisation des hydroxydes bruts de thorium « HBTh », du traitement de minerais d'uranium, de l'assainissement d'anciens sites pollués et de l'extraction de zirconium),
- déchets de graphite (chemises et empilements des réacteurs de première génération de la filière « uranium naturel graphite gaz » (UNGG) en démantèlement, déchets de traitement des combustibles UNGG entreposés à La Hague et résines échangeuses d'ions « REI » résultant du traitement des eaux prévu lors du démantèlement des UNGG),
- fûts d'enrobés bitumineux FA-VL de Marcoule (issus du traitement des effluents sur ce site),
- déchets divers en plus faible quantité (colis CBF-C'2 de déchets d'exploitation de La Hague, sources scellées au radium et à l'américium, divers objets contenant de l'uranium, du radium et du thorium ainsi que déchets à radioactivité naturelle renforcée « RNR »).

Pour ces typologies de déchets, l'Andra indique leurs origines et volumes, ainsi que les radioéléments majeurs et les principaux toxiques chimiques qu'ils contiennent. L'Andra présente également un bilan des études relatives à des procédés de traitement de déchets de graphite et de déchets bitumineux, menées respectivement par EDF et le CEA. Le rapport de l'Andra ne présente cependant ni l'activité de chaque radionucléide et les quantités de l'ensemble des toxiques chimiques qu'il est prévu de stocker, ni les activités totales et massiques de l'ensemble des typologies de déchets précitées. L'IRSN regrette à cet égard que le dossier ne soit pas autoportant. Toutefois, sur la base d'une part des données recueillies dans l'Inventaire National 2015 qui renseigne les activités totales et massiques des déchets déjà conditionnés, d'autre part des informations issues de l'expertise des stratégies de gestion des déchets des exploitants, l'IRSN estime que les différentes typologies de déchets précitées peuvent effectivement être incluses dans l'inventaire des déchets FA-VL.

L'IRSN signale cependant que l'activité massique des colis CBF-C'2 ($1,4 \cdot 10^6$ Bq/g) est supérieure aux ordres de grandeur classiquement retenus pour la catégorie des déchets FA-VL. Néanmoins, d'après les courbes de décroissance radioactive des diverses catégories de déchets FA-VL transmises par l'Andra au cours de l'instruction (cf. Annexe 1), il apparaît que l'activité de ces déchets décroît d'environ deux ordres de grandeurs en quelques centaines d'années, au-delà desquelles les activités

massives seront donc significativement réduites. De ce fait, ces déchets ne sont pas nécessairement incompatibles avec un stockage de déchets FA-VL ; il conviendra toutefois que l'Andra en apporte la démonstration dans son évaluation de sûreté, notamment eu égard à l'impact radiologique de ces colis en cas d'intrusion humaine dans le stockage.

S'agissant des déchets de graphite, la révision de l'inventaire des radionucléides des déchets d'EDF a fait l'objet d'une analyse par l'IRSN lors de l'examen des études transmises dans le cadre du PNGMDR en 2015 ; l'IRSN a conclu que le traitement statistique des mesures réalisées par EDF sur certains empilements apparaît robuste et nécessiterait d'être étendu à l'ensemble des empilements et des chemises de graphite issus du parc de première génération. Concernant les chemises, la découverte d'un biais de mesure qui affectait les analyses radiologiques initiales a conduit EDF à une première révision à la baisse des inventaires radiologiques en ^{36}Cl . Bien que nécessitant d'être confirmée sur l'ensemble des déchets de graphite, notamment par les investigations qu'EDF et le CEA prévoient de poursuivre jusqu'en 2019, cette tendance à la réduction de l'inventaire des déchets de graphite en ^{36}Cl , qui est un des principaux contributeurs à l'impact radiologique à long terme, peut le cas échéant ouvrir différentes possibilités pour la gestion de ces déchets. **Ce point est considéré dans le § 4 du présent avis, relatif à l'évaluation préliminaire de sûreté.**

S'agissant des déchets bitumineux, l'IRSN prend note que le programme d'études présenté par l'Andra comprend la poursuite de leur caractérisation radiologique et chimique. L'Andra indique notamment que les analyses réalisées par le CEA lors des opérations de reprise de fûts de déchets bitumineux ont montré des teneurs en ^{129}I et ^{36}Cl inférieures aux limites de détection, conduisant à réviser leur inventaire à la baisse. En outre, l'Andra fait état d'études récentes du CEA « montrant l'absence de réaction exothermique » au sein de ces déchets, sans toutefois les présenter. Le CEA a très récemment transmis à l'IRSN la documentation concernant ces études, qui fera l'objet d'une instruction prochaine.

S'agissant de l'inventaire des déchets uranifères, thorifères et radifères, les différentes typologies présentées par l'Andra n'appellent pas de remarque de fond de la part de l'IRSN. Il est à noter toutefois que cet inventaire n'inclut plus les déchets à produire par l'usine de conversion de l'uranium située à Malvézi, dont la gestion est actuellement étudiée par l'exploitant de cette installation (Areva NC). **La question de la gestion globale des déchets uranifères, thorifères et radifères est abordée dans le § 4 du présent avis.**

En conclusion, l'IRSN estime que l'Andra identifie bien les typologies de déchets FA-VL destinés à être stockés dans une installation dédiée, mais observe que de nombreuses études sont programmées pour compléter leur caractérisation. Il conviendra que le Dossier d'esquisse qui sera présenté en 2018 expose l'état des connaissances et des incertitudes restantes sur l'inventaire radiologique et chimique de ces déchets.

2. Concept de stockage de déchets FA-VL

2.1. Phases de développement du stockage et fonctions de sûreté

L'Andra identifie plusieurs phases de développement pour le stockage de déchets FA-VL. Pendant la phase d'exploitation, l'Andra retient les fonctions de sûreté suivantes : (i) confiner la radioactivité, (ii) protéger les personnes contre l'irradiation, (iii) rester sous-critique et (iv) évacuer les gaz formés par radiolyse. Après sa fermeture, le stockage doit satisfaire les fonctions de sûreté suivantes : (i) isoler les déchets de l'homme et de la biosphère (activités humaines banales et érosion), (ii) limiter la circulation de l'eau, (iii) limiter le relâchement des radionucléides et des toxiques chimiques et les immobiliser au plus près des déchets, (iv) retarder et atténuer la migration des radionucléides et des toxiques chimiques par voie aqueuse et (v) limiter l'exhalaison de gaz radioactif à la surface. L'Andra ajoute que la mémoire du stockage sera maintenue le plus longtemps possible mais suppose, pour la conception du stockage, qu'elle est perdue au-delà de 500 ans.

Les fonctions de sûreté retenues par l'Andra, cohérentes avec la note d'orientations générales de sûreté en vue de la recherche d'un site de stockage de déchets FA-VL publiée par l'ASN en 2008 (dite Note ASN de 2008 ci-après), n'appellent pas de remarque.

S'agissant de la sûreté du stockage après sa fermeture, la conception du stockage doit selon l'Andra être telle que les fonctions de sûreté précitées soient assurées pendant une durée d'au moins 50 000 ans. L'Andra ne fournit toutefois pas de justification de cette durée. A cet égard, l'IRSN rappelle qu'une installation de stockage de déchets radioactifs est conçue pour prévenir les risques d'intrusion humaine et de dissémination de substances radioactives pendant une durée qui permet la décroissance de l'activité contenue dans les déchets jusqu'à l'atteinte d'un niveau résiduel qui n'induit pas de risque inacceptable pour l'homme et l'environnement. Pour les déchets de graphite, la période de 50 000 ans retenue par l'Andra permet effectivement une décroissance substantielle du ^{14}C , qui constitue l'essentiel de l'inventaire en radioéléments à vie longue qu'ils contiennent. Pour les déchets bitumineux et les colis CBF-C'2, les courbes de décroissance transmises par l'Andra (cf. Annexe 1) montrent une réduction forte de l'inventaire radioactif entre 100 et 1 000 ans, puis une deuxième réduction autour de 50 000 ans associée à la décroissance du ^{240}Pu . **L'objectif de maintien des fonctions de sûreté sur une période d'environ 50 000 ans pour ces déchets apparaît donc pertinent.**

Cet objectif est également pertinent pour les déchets radifères qui ne contiennent que du radium (comme par exemple les sources et objets) ou qui présentent une activité en radium en fort excès par rapport à celle de ses éléments pères. Le ^{226}Ra décroît en effet fortement en quelques dizaines de milliers d'années. Cependant, les courbes de décroissance précitées montrent que dans l'ensemble, les déchets radifères pris en compte dans l'inventaire des déchets FA-VL ne présentent pas de décroissance notable durant la période visée, du fait de l'établissement de l'équilibre radioactif entre l'uranium et ses descendants (dont le radium). Ainsi, le stockage de ces déchets selon le concept FA-VL envisagé peut permettre de différer les expositions qui pourraient en résulter mais n'est pas à même de réduire significativement ce risque durant la période de 50 000 ans retenue ni au-delà. Ainsi qu'indiqué précédemment, la particularité des déchets radifères appelle à considérer plus globalement la gestion des déchets du même type ; ce point est abordé au § 4 du présent avis.

2.2. Options de conception

A ce stade du projet, l'Andra retient deux options de conception différentes pour une installation de stockage qui accueillerait des déchets dans des alvéoles de 6 m de hauteur au sein de la formation des Argiles tégulines (décrite et analysée au § 3), avec une garde supérieure d'une vingtaine de mètres et une garde inférieure de 20 à 30 m, soit dans une couche d'au moins 50 m d'épaisseur :

- un stockage avec terrassement depuis la surface, avec pour la fermeture, une couverture reconstituée à partir des argiles excavées du site. Il s'agit d'un concept équivalent au stockage sous couverture remaniée dans les termes du décret 2013-1304 du 27 décembre 2013 établissant les prescriptions du PNGMDR ;
- un stockage en galeries souterraines, avec un accès envisagé par descenderie, remblayé et scellé lors de la fermeture. Il s'agit d'un concept équivalent au stockage sous couverture intacte dans les termes du décret précité.

L'emprise de la zone dédiée au stockage de déchets FA-VL est estimée à 2 km², avec trois plateformes distinctes pour (i) les déchets radifères et RNR, (ii) les déchets de graphite et (iii) les déchets bitumineux, les colis CBF-C'2 et les REI. L'IRSN prend note que dans les deux cas, l'Andra envisage de réserver, sans toutefois en préciser l'emprise, une partie du centre pour le stockage en surface de déchets de très faible activité.

Concernant la mise en œuvre des deux options de conception, l'IRSN remarque que l'Andra ne précise pas les fonctions de sûreté de chacun des composants du stockage, ni les performances recherchées, notamment pour la couverture (reconstituée ou intacte). L'Andra présente simplement quelques valeurs retenues pour certains composants dans son évaluation d'impact. C'est le cas de la couverture reconstituée pour laquelle l'Andra retient dans son évaluation préliminaire de sûreté des valeurs de perméabilité de l'ordre de 10⁻⁸ à 10⁻⁹ m/s. L'IRSN considère que ces performances sont potentiellement accessibles, compte tenu de l'état des connaissances sur les techniques de mise en place de couvertures à base d'argiles. Il appartient toutefois à l'Andra d'apporter les éléments permettant de montrer que les objectifs préliminaires de performance d'ensemble du stockage peuvent être atteints sans difficulté majeure, sur la base notamment du retour d'expérience industriel disponible (établi à partir des connaissances acquises sur les centres de stockage existants ou en projet, mais également lors de la construction d'ouvrages souterrains ou de barrages en terre). **L'IRSN estime que pour démontrer la possibilité d'atteindre des performances permettant d'isoler durablement et de confiner les déchets, des compléments importants sont à apporter sur la mise en œuvre d'une couverture reconstituée, le creusement dans la couche argilleuse et les risques de tassements liés à la dégradation des composants du stockage.**

Aussi, l'IRSN ne peut pas, en l'état, porter un avis circonstancié sur la pertinence des deux options de conception envisagées.

Toutefois, l'IRSN relève que des études sont prévues dans la suite du projet pour caractériser certains des aspects précités. L'Andra indique ainsi que pour 2018, « les techniques de réalisation [d'un stockage en galeries] seront analysées au regard de leur capacité à préserver les propriétés favorables de la roche » et que la conception d'un stockage terrassé depuis la surface s'appuiera « d'une part sur la caractérisation des propriétés physico-chimiques des argiles excavées et l'étude de

son comportement hydromécanique, et d'autre part sur les dispositions constructives permettant d'obtenir et de maintenir durablement les performances attendues ».

L'IRSN rappelle enfin que la conception d'un stockage de ces déchets doit en premier lieu viser à se prémunir contre le risque d'intrusion humaine. Selon les études disponibles, une profondeur d'implantation de plusieurs dizaines de mètres est nécessaire pour rendre improbable l'atteinte des ouvrages par des intrusions banales (par exemple des travaux de construction d'immeubles). Aussi, l'IRSN estime que l'épaisseur d'une vingtaine de mètres pour la garde supérieure du stockage ne laisse pas de marge vis-à-vis du risque d'intrusion humaine, a fortiori si l'on tient compte des phénomènes d'érosion potentiels (qui sont évalués dans le § 3.2 du présent avis).

3. Adéquation de la zone géologique investiguée avec les objectifs de confinement fixés par l'Andra

L'Andra a engagé en 2013 des investigations géologiques dans la Codecom de Soulaines, qui l'ont notamment conduite à retenir la couche des Argiles tégulines comme formation hôte pour le stockage de déchets FA-VL. Celle-ci est à l'affleurement sur une grande partie de la zone étudiée et s'épaissit jusqu'à 80 m vers le Nord. La formation des Argiles tégulines est sus-jacente à l'aquifère des Sables verts.

3.1. Contexte hydrologique et hydrogéologique

Bien que l'Andra ne le mentionne pas, l'IRSN observe dans les cartes géologiques locales du BRGM que la couche des Argiles tégulines est recouverte, dans le Nord de la zone étudiée, par une plaine alluviale (i.e., une couche d'alluvions quaternaires constituant une nappe affleurante) qui pourrait nécessiter des dispositions particulières de creusement et d'exploitation.

Le gradient hydraulique vertical mesuré par l'Andra à travers les Argiles tégulines est faible. Pour l'implantation du stockage, l'Andra exclut les zones où l'aquifère est artésien et privilégie celles où le gradient hydraulique est descendant. L'Andra indique par ailleurs que des investigations complémentaires seront menées sur les propriétés des écoulements hydrogéologiques, notamment de la formation des Sables verts, d'ici 2018. L'IRSN observe que l'aquifère des Sables verts, qui est l'exutoire naturel des relâchements de radioactivité pouvant provenir du stockage, est d'une part exploité au niveau local pour l'irrigation, d'autre part d'intérêt majeur pour l'eau de boisson dans l'agglomération parisienne. A cet égard, l'IRSN note qu'à proximité du secteur investigué, des pompages d'alimentation en eau potable sont exploités. L'Andra n'aborde toutefois pas dans son rapport d'étape la question relative à la protection des ressources naturelles de ce type. Compte tenu de cette situation, l'IRSN estime qu'il convient d'accorder une attention particulière à la capacité de barrières artificielles et de la formation hôte à contenir les relâchements d'activité afin de garantir que la présence du stockage ne peut engendrer des conséquences inacceptables sur la ressource en eau sous-jacente et son exploitation. Au-delà du respect des objectifs de radioprotection de la population et de l'environnement, dont la démonstration est incontournable, l'IRSN estime également nécessaire que la conception du stockage vise à prévenir un marquage radioactif des eaux tel qu'il serait préjudiciable à l'exploitation de cette ressource, en particulier à des fins de consommation. L'IRSN considère que cette démonstration de l'absence d'impact sur l'aquifère doit notamment

s'appuyer sur le choix d'implantation du stockage dans la couche d'argile et les propriétés de confinement de cette couche (en termes d'épaisseur, d'homogénéité, de faible perméabilité...), en particulier au niveau de la garde inférieure du stockage. **Cette exigence de protection doit constituer un des points fondamentaux de la démonstration de sûreté à long terme dans l'objectif de sélection d'un site pour l'implantation du stockage. Le Dossier d'esquisse attendu pour 2018 devra présenter cette analyse.**

3.2. Performances de la formation hôte

S'agissant des performances intrinsèques de la couche géologique, l'Andra conclut, sur la base des investigations réalisées, que la couche d'argile présente des caractéristiques globalement favorables, en termes de faible déformation, de géométrie simple ainsi que d'homogénéité. L'IRSN convient que le choix d'une roche de nature argileuse comme formation hôte d'un stockage de déchets FA-VL est *a priori* adapté à la nature de ces déchets en raison des propriétés hydrauliques et de rétention des argiles saturées en eau, qui sont favorables à la limitation de la migration des radionucléides. En particulier, les perméabilités mesurées par l'Andra sur échantillons sont faibles (environ $2 \cdot 10^{-11}$ m/s). Toutefois, l'IRSN observe que d'après les notices des cartes géologiques locales, les Argiles tégulines peuvent présenter des épisodes sableux plus perméables. De plus, l'Andra a identifié des failles dans la zone d'investigation. A cet égard, l'IRSN estime qu'il convient de déterminer la distance de garde à maintenir entre ces failles et le stockage, afin de s'éloigner de zones qui pourraient constituer des chemins d'écoulement préférentiels, notamment vers la nappe sous-jacente.

Ainsi, l'IRSN estime que la détermination de la perméabilité en grand de la formation des Argiles tégulines ainsi que d'éventuelles zones plus perméables, notamment au niveau de la partie inférieure située entre le stockage et l'aquifère des Sables verts, sont des paramètres clés à acquérir en vue de statuer sur les performances de la couche hôte.

Concernant les phénomènes d'altération de la couche en surface en raison de sa situation à l'affleurement, l'Andra indique que la zone altérée peut atteindre 10 à 20 m mais ne précise pas ses caractéristiques physico-chimiques, en particulier son degré d'oxydation et sa gamme de perméabilités. L'IRSN observe également que l'Andra ne présente pas d'élément quant à la profondeur dans la formation des Argiles tégulines à laquelle elle considère que les conditions favorables sont réunies pour l'implantation du stockage (conditions anoxiques, saturées en eau, perméabilité d'une roche saine). Or, cette exigence conditionne l'épaisseur de garde disponible entre les ouvrages et l'aquifère des Sables verts. L'Andra prévoit cependant de réaliser des investigations géologiques complémentaires d'ici 2018 sur la variabilité spatio-temporelle des propriétés de la couche des Argiles tégulines, en particulier dans la zone altérée. **Ceci n'appelle pas de commentaire à ce stade de la part de l'IRSN.**

Enfin, concernant l'érosion, l'Andra présente les résultats d'une étude sur l'évolution future du site basée, d'une part sur un scénario d'évolution climatique « *naturel* » prenant en compte des taux d'érosion liés à différents climats, d'autre part sur un scénario dit « *perturbé* » qui prend en compte le réchauffement climatique. L'Andra combine ces deux scénarios pour en déduire une carte prédictive de l'érosion en 50 000 ans, avec des valeurs d'érosion allant de 5 m sur les plateaux à 15 m dans les vallées. S'appuyant sur cette carte, l'Andra retient une valeur moyenne d'érosion de la

couche des Argiles tégulines de 10 m d'ici 50 000 ans. L'IRSN observe que l'Andra ne présente ni les données ayant permis de réaliser cette étude, ni les incertitudes associées. **L'IRSN estime qu'au regard des épaisseurs de couches argileuses érodées ou incisées sur le dernier million d'années dans le Bassin parisien, les valeurs présentées par l'Andra apparaissent majorantes pour les plateaux mais peuvent être sous-estimées pour ce qui concerne l'incision dans les vallées.** En outre, l'Andra ne présente pas d'éléments relatifs à la vitesse d'érosion d'une couverture reconstituée si l'option de conception avec terrassement était retenue. En l'absence d'implantation exacte renseignant sur la topographie environnante, **l'IRSN ne peut pas se prononcer sur le taux d'érosion attendu pour une couverture reconstituée.**

3.3. Secteur d'implantation et épaisseur de la formation hôte

L'Andra a déterminé, dans les limites administratives de la Codecom de Soulaines, une zone de 10 km² qu'elle considère favorable pour accueillir un site de stockage de déchets FA-VL, en respectant en plus des critères précités un éloignement de 200 m des zones habitées. Des études complémentaires prévues par l'Andra en 2016-2017 visent à définir une zone restreinte de 2 km² dans laquelle pourrait être implanté le stockage.

L'IRSN observe que, selon les exigences conceptuelles d'épaisseurs de garde supérieure et inférieure retenues par l'Andra pour implanter le stockage dans la couche hôte, **une épaisseur de couche minimale d'environ 50 m serait nécessaire.** Or l'IRSN constate que la zone étudiée par l'Andra ne présente une telle épaisseur minimale que dans la partie la plus au Nord, ce qui limite de fait la surface disponible à quelques kilomètres carrés, environ la moitié des 10 km² identifiés par l'Andra. De plus, ainsi qu'indiqué ci-avant, cette surface est traversée par une zone de faille à l'écart de laquelle il convient de tenir le stockage, et présente d'autres caractéristiques potentiellement peu favorables eu égard à l'érosion (présence de vallées) ou à la maîtrise de risques naturels (zones potentiellement inondables). En se basant sur les cartes présentées par l'Andra, il semble difficile de sélectionner une zone de 2 km² (que l'Andra estime nécessaire à l'implantation d'un stockage permettant d'accueillir l'ensemble des déchets FA-VL inventoriés) qui puisse concilier l'ensemble des critères favorables recherchés (épaisseur suffisante, écart aux zones faillées, topographie favorable...). Aussi, **à ce stade de l'étude, l'IRSN ne peut se prononcer sur la faisabilité de l'implantation dans la zone investiguée par l'Andra d'un stockage contenant l'ensemble des déchets FA-VL inventoriés. Cette démonstration de faisabilité nécessite d'apporter de nombreux compléments relatifs aux critères précités. Le cas échéant, un élargissement de la zone d'investigation pourrait être considéré, sachant qu'au Nord de la Codecom de Soulaines des caractéristiques plus favorables pourraient être réunies, notamment eu égard à l'épaisseur de la couche argileuse.**

4. Évaluation préliminaire de sûreté

L'Andra présente les principaux résultats de son analyse préliminaire de la sûreté du stockage en exploitation et après fermeture.

Dans cette analyse, l'Andra présente un modèle conceptuel d'évolution du stockage pour chacune des deux options de conception. Trois exutoires sont considérés : rivière, pompage à la nappe et sol

contaminé. L'impact radiologique du stockage lié au transfert par l'eau des radionucléides est calculé pour chacun des radionucléides qui y contribuent majoritairement (i.e. les radioéléments de la famille de l'²³⁸U pour les déchets radifères, le ¹⁴C organique et le ³⁶Cl issus des déchets de graphite, l'¹²⁹I et le ⁹⁹Tc issus des déchets bitumineux). Le scénario « pompage à la nappe » est dans tous les cas le plus pénalisant ; selon l'Andra, les contributeurs majeurs à l'impact sont l'¹²⁹I et le ³⁶Cl (dose délivrée de l'ordre de 0,05 mSv/an pour chacun d'entre eux). L'Andra présente également les résultats principaux d'une analyse de sensibilité de l'impact radiologique à certains paramètres de transport dans la couverture intacte ou reconstituée et à l'inventaire radioactif pour chaque catégorie de déchets considérée.

L'IRSN approuve la démarche de l'Andra consistant à identifier, à travers des analyses de sensibilité, les paramètres clés qui gouvernent l'impact associé à chaque typologie de déchets considérés dans l'inventaire et note qu'à ce stade de l'évaluation, les doses imputables aux radionucléides contributeurs majeurs sont inférieures à la contrainte de 0,25 mSv/an, préconisée dans la Note ASN de 2008. Le dossier de l'Andra ne fournit cependant pas de détails suffisants sur les hypothèses retenues (paramètres de transport dans la roche et notamment perméabilité en grand des Argiles téglines, distance et débits aux exutoires, description de la biosphère...) pour permettre une analyse des calculs réalisés et des études de sensibilité, ou pour comparer les deux concepts de stockage présentés au regard de leur impact estimé. En outre, l'Andra ne présente pas d'évaluation préliminaire de l'impact dû aux toxiques chimiques ni de scénario d'évolution normale complet, montrant l'impact simultané de l'ensemble des radionucléides de l'inventaire. Une évaluation d'impact plus étayée est donc attendue dans le Dossier d'esquisse de 2018.

L'Andra évalue ensuite l'impact (exposition externe ainsi qu'interne par ingestion ou inhalation) de trois situations d'intrusion humaine involontaire : forage géotechnique, chantier routier et érosion totale de la couverture, en considérant la présence d'une résidence dans les trois cas. L'Andra estime l'impact à environ 10 mSv/an pour les déchets bitumineux, les déchets des UNGG de La Hague et les colis CBF-C'2, sans toutefois préciser dans quelle situation d'intrusion ; il est de l'ordre du millisievert par an pour les déchets de graphite et radifères. Afin de réduire les plus forts impacts, l'Andra envisage de fixer des seuils d'activité massique et d'étudier la répartition des déchets dans le stockage. L'IRSN n'est pas en mesure, à ce stade du projet, de donner un avis sur l'évaluation d'impact dosimétrique réalisée par l'Andra, en raison du faible niveau de détail présenté sur les hypothèses de calcul ainsi que de la difficulté d'évaluer leur pertinence compte tenu des incertitudes subsistant sur les performances des ouvrages et les caractéristiques du site lui-même. **L'IRSN estime cependant qu'au vu de ces résultats préliminaires, l'évaluation du niveau de protection que le stockage est capable de procurer vis-à-vis des phénomènes d'érosion et du risque d'intrusion est un des points clés pour la conception de l'installation, notamment au regard de sa profondeur d'implantation et le cas échéant du besoin de limiter et de répartir l'activité des déchets.**

L'Andra a également évalué l'exposition au radon pour le scénario « résidence ». Pour les sols remaniés situés en-dessous du bâtiment, l'Andra n'indique pas les teneurs en radium qu'elle retient mais les concentrations volumiques en radon calculées peuvent atteindre 500 Bq/m³.

L'occurrence de cet événement intervenant après perte de la mémoire du stockage, ces valeurs prospectives, ou leur équivalence en débit de dose annuel, sont à comparer avec les valeurs de

référence préconisées pour évaluer le caractère acceptable d'une situation d'exposition existante et les éventuels besoins d'optimisation de la conception (Directive 2013/59/Euratom, publications 103, 115 et 126 de la Commission internationale de protection radiologique). L'ordre de grandeur calculé en première approche par l'Andra apparaît compatible avec ces valeurs de référence. Toutefois, l'évaluation des niveaux d'exposition au radon pouvant être générés dans un bâtiment construit à l'aplomb du stockage est particulièrement délicate, compte tenu des multiples hypothèses pouvant jouer un rôle dans l'estimation d'une telle exposition, que ce soit celles liées au site et aux matériaux libérant le radon ou celles liées aux caractéristiques du bâtiment étudié. A cet égard, l'IRSN souligne que sur le territoire national, de nombreuses habitations présentent des activités volumiques mesurées dans les pièces de vie, variant de quelques centaines à la dizaine de milliers de Bq/m³ (cas de Bessines-sur-Gartempe par exemple) pour des sols dont les activités massiques en ²²⁶Ra sont de 0,1 à quelques Bq/g, soit à des teneurs équivalentes voire plus basses que celles des déchets radifères considérés pour le stockage de déchets FA-VL (de quelques Bq/g par exemple pour les RSB à quelques centaines de Bq/g pour les RRA d'après l'Inventaire National 2015). Aussi, il apparaît qu'une approche prospective purement calculatoire, sans tenir compte du retour d'expérience de mesures de concentration en radon dans des habitations liées à la présence d'une source anthropique de radon dans le sol est fragile. **Aussi, l'IRSN estime qu'une réflexion devrait être menée, éventuellement dans un cadre pluraliste, sur l'opportunité de définir et d'utiliser des scénarios conventionnels qui seraient établis sur la base de l'exploitation des cas d'exposition constatée, dans l'objectif de fournir des éléments de référence d'appréciation du risque radon.**

L'IRSN estime par ailleurs que la question de la gestion du risque lié aux déchets radifères FA-VL doit s'instruire dans un cadre de réflexion plus large, incluant les solutions envisagées pour la gestion à long terme des déchets uranifères et thorifères existants ou à produire, et tout particulièrement les résidus miniers d'uranium répartis dans les 17 sites de stockage exploités par Areva Mines. A cet égard, l'IRSN estime que dans l'objectif de promouvoir une approche globale et cohérente de la maîtrise du risque lié au stockage de déchets riches en radium et en uranium, la faisabilité de rassembler les déchets radifères FA-VL sur un ou plusieurs sites de stockage de résidus miniers, présentant des caractéristiques suffisamment robustes eu égard à la préservation de leur capacité de confinement à long terme, devrait être évaluée. **En effet, compte tenu d'une part du faible volume que représentent les déchets FA-VL en comparaison de celui des résidus miniers, d'autre part de la similitude des caractéristiques radiologiques que présentent ces deux catégories de déchets, l'IRSN estime que l'accueil des déchets radifères FA-VL sur un site de stockage de résidus miniers n'est pas susceptible d'augmenter significativement le risque d'exposition lié à l'existence de ce stockage et à son évolution projetée dans le temps.** En outre, l'IRSN rappelle que parmi les dispositions visant à gérer le risque d'exposition au radon, l'appropriation par la population d'une culture de protection contre ce risque est considérée comme un des moyens essentiels de le réduire. **Sur ce dernier point, l'IRSN estime que le stockage de déchets produisant du radon dans une région qui n'est pas aujourd'hui confrontée à ce risque n'est pas favorable au développement d'une telle culture et de sa transmission aux générations futures, contrairement aux régions dans lesquelles l'exploitation passée des mines d'uranium et la présence des stockages de résidus conduit d'ores et déjà à la sensibilisation des populations au risque d'exposition pouvant en**

résulter. Ainsi, l'IRSN considère que l'option de regroupement présentée ci-avant, moyennant la confirmation que les déchets FA-VL ne présentent pas de caractéristiques chimiques incompatibles avec ce regroupement, pourrait constituer une solution de gestion optimisée du point de vue du risque radiologique. L'IRSN ne mésestime toutefois pas les réticences que pourrait manifester la société civile à la mise en œuvre d'une telle solution et recommande donc que celle-ci soit examinée et débattue dans un cadre pluraliste, par exemple au sein du groupe de travail du PNGMDR.

Pour ce qui concerne les déchets de graphite, l'IRSN estime que le stockage dédié étudié par l'Andra est dans le principe la solution la plus appropriée mais constate que les délais de mise à disposition de cette solution, qui conditionne à ce jour le démarrage des opérations de reprise des empilements de graphite dans les réacteurs de première génération, sont encore incertains. En effet, eu égard aux nombreux compléments d'investigations et d'études identifiés dans le présent avis pour pouvoir statuer sur la faisabilité de l'implantation d'une installation de stockage de déchets FA-VL dans la formation géologique sélectionnée par l'Andra, le calendrier présenté, visant notamment à une autorisation de création de l'installation à l'horizon 2026, apparaît tendu et ne laisse aucune marge pour tenir compte des aléas possibles dans le développement du projet. L'IRSN estime qu'un délai supplémentaire dans la mise en œuvre du démantèlement des réacteurs de la filière UNGG n'est pas souhaitable du point de vue de la gestion des risques associés à ces installations. Aussi, compte tenu de la révision à la baisse du contenu radiologique en isotope à vie longue des déchets de graphite, l'IRSN considère utile d'examiner la faisabilité de stocker une partie des déchets de graphite au CSA, afin de pouvoir, si nécessaire, recourir à cette solution pour disposer d'un exutoire permettant le démarrage des opérations de démantèlement précitées. De la même manière que pour les déchets radifères, l'IRSN estime que cette question devrait être instruite dans un cadre pluraliste au sein du PNGMDR.

Enfin, l'Andra indique que des études relatives à divers procédés de traitement thermique de décontamination, ou de gazéification totale de déchets de graphite sont menées par EDF. L'IRSN constate que le dossier examiné ne permet pas de se prononcer sur l'efficacité de tels procédés, ni sur leur mise en œuvre industrielle. Toutefois, l'IRSN estime que l'étude de faisabilité industrielle de ces procédés mérite d'être finalisée puis évaluée dans la perspective notamment de leur contribution à l'optimisation de la répartition des déchets traités dans les différentes filières de gestion.

5. Conclusion

En conclusion, sur la base du dossier examiné, l'IRSN estime que la sélection, dans le secteur investigué par l'Andra, d'une zone réunissant des caractéristiques suffisamment favorables à l'implantation d'un stockage de déchets permettant d'accueillir l'ensemble des déchets FA-VL inventoriés pourrait présenter des difficultés de fond au regard de plusieurs critères majeurs. Ces critères se rapportent à l'existence dans ce secteur d'une couche argileuse suffisamment épaisse et performante pour permettre à la fois une protection efficace contre les risques d'intrusion et la préservation de la qualité des eaux de l'aquifère des Sables verts sous-jacent qui constitue une ressource en eau potable d'importance régionale. Le stockage doit à cet égard être placé préférentiellement à l'écart des failles identifiées et dans une zone dont la topographie est favorable

à la limitation du risque d'érosion. A ce stade du projet, l'IRSN ne peut donc se prononcer sur la faisabilité de l'implantation d'un stockage de déchets FA-VL dans le secteur investigué par l'Andra.

Afin de statuer sur cette faisabilité à l'horizon 2018, date à laquelle l'Andra prévoit de remettre son Dossier d'esquisse, l'IRSN recommande que l'Andra complète son étude sur l'aptitude, au regard des critères précités, de la formation hôte à accueillir une installation de stockage de déchets FA-VL et présente une évaluation de sureté permettant d'apprécier, au regard notamment des remarques formulées dans le présent avis, le degré de protection que l'installation de stockage est capable de procurer contre les risques d'intrusion et la dissémination de substances radioactives et chimiques dans l'aquifère sous-jacent. .

Par ailleurs, au titre de l'optimisation globale de la gestion des risques associés aux déchets de graphite et aux déchets radifères, l'IRSN recommande que soient examinés d'une part la faisabilité de stocker une partie des déchets de graphite au CSA dans l'objectif de disposer en cas de retard dans la création du stockage de déchets FA-VL d'un exutoire permettant l'évacuation des déchets de démantèlement des réacteurs de première génération, d'autre part l'intérêt de regrouper les déchets radifères prévus dans l'inventaire des déchets FA-VL avec les résidus miniers stockés dans les sites exploités par Areva NC. Compte tenu des implications sociétales associées à de telles options de gestion des déchets, ces réflexions complémentaires pourraient avoir lieu dans un cadre pluraliste, par exemple au sein du groupe de travail du PNGMDR.

Jacques Repussard
Directeur Général de l'IRSN

Courbes de décroissance des grandes typologies de déchets FA-VL

