

Fontenay-aux-Roses, le 13 février 2013

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2013-57
Objet : Andra - Cigéo
Commentaires de l'Andra sur le rapport de l'IEER de mars 2011

Réf. Lettre ASN/CODEP-DRC-2012-024137 du 2 mai 2012

Par lettre citée en référence, vous demandez l'avis et les observations de l'IRSN sur les commentaires de l'Andra transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) le 12 décembre 2011, relatifs à l'évaluation par l'Institut de Recherche sur l'Energie et l'Environnement (IEER) des recherches effectuées par l'Andra pour définir une Zone d'Intérêt pour la Reconnaissance Approfondie (ZIRA). Cette évaluation se base sur différents documents relatifs aux travaux réalisés par l'Andra jusqu'en 2009.

Vous demandez en particulier à l'IRSN d'examiner la position de l'Andra sur :

- la complémentarité des approches probabiliste et déterministe pour évaluer la performance du stockage ainsi que sur l'estimation probabiliste faite par l'IEER,
- l'homogénéité de la couche du Callovo-Oxfordien, ainsi que les conséquences potentielles de la co-dominance de régimes de transport diffusif et convectif et de la présence de microfissures en termes de transfert de solutés,
- l'évaluation de l'aléa sismique,
- la cicatrization potentielle de la zone endommagée par l'excavation (EDZ),
- la comparaison avec d'autres programmes de recherche en laboratoire souterrain du point de vue de la définition de démonstrateurs à l'échelle 1 ou du stockage de combustibles usés,
- le calendrier contraint pour le développement du projet de site de stockage, en particulier en vue de la 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

Evaluation probabiliste

L'IEER considère que « l'Andra devrait procéder à une évaluation probabiliste du risque en utilisant la gamme complète des valeurs de paramètres indiqués par les données, plutôt que seulement une analyse de sensibilité limitée ». Dans ses commentaires sur le rapport de l'IEER, l'Andra indique utiliser la notion de dose et non de risque (produit de la probabilité de la situation par l'effet de

l'exposition associée) comme indicateur de l'acceptabilité du stockage, conformément au guide de l'ASN relatif à la sûreté d'un stockage géologique de déchets radioactifs. L'Andra ajoute qu'elle retient une démarche déterministe qui consiste, conformément au guide précité, en l'étude « *d'un nombre limité de situations [...] pour lesquelles les conséquences associées sont les plus élevées parmi l'ensemble des situations envisageables* », sans quantification de la probabilité d'occurrence de chaque situation. L'Andra précise que, dans le Dossier 2005, les analyses de sensibilité associées aux évaluations quantitatives des situations retenues intégraient des calculs probabilistes, pour certains radionucléides, ciblés sur des variations des caractéristiques du Callovo-Oxfordien et de matériaux de stockage, en vue de vérifier notamment que les transferts de radioactivité s'effectuaient bien au travers de l'épaisseur de la formation hôte y compris dans le cas de situations où des composants du stockage seraient altérés. L'Andra indique que cette démarche sera reconduite pour les futures évaluations.

L'IRSN rappelle que le guide de sûreté précité, n'exclut pas l'utilisation de la notion de risque comme indicateur de l'impact du stockage, mais précise cependant que « *la définition d'un critère fondé sur une limitation du risque individuel ne peut pas se faire sans précautions, dans la mesure où il impliquerait une équivalence discutable entre réduction de la probabilité et réduction des expositions individuelles. En outre, il faut s'attendre à des difficultés, voire à des impossibilités, dans l'estimation des probabilités des événements pouvant conduire à des expositions* ». Aussi le guide préconise que les analyses de sûreté présentées comprennent la détermination des expositions individuelles susceptibles d'être générées par la présence du stockage exprimées en dose efficace.

L'IRSN constate que la démarche d'évaluation de la sûreté du stockage retenue par l'Andra est sur ce point parfaitement conforme aux préconisations de ce guide, et rappelle en outre qu'il avait à l'issue de l'examen du Dossier 2005, estimé que la démarche déterministe retenue par l'Andra couvrait un ensemble de situations d'intérêt pour évaluer le comportement à long terme du stockage et avait permis à l'Andra de traiter les diverses incertitudes par une analyse de sensibilité aussi complète que possible. Par ailleurs, les compléments d'analyse de type probabiliste apportés par l'Andra confirmaient le caractère enveloppe des situations déterministes étudiées. L'IRSN observe enfin que l'utilisation combinée des approches déterministe et probabiliste est une pratique recommandée au niveau international, par exemple dans les conclusions du projet européen PAMINA du 6^{ème} PCRD Euratom¹ et de l'European Pilot Study². Aussi, l'IRSN considère que l'approche retenue par l'Andra, qui consiste à évaluer la performance du stockage de façon déterministe et à consolider les résultats de cette évaluation par des études de sensibilité incluant des calculs probabilistes, est satisfaisante.

En appui de sa recommandation incitant l'Andra à réviser son approche d'évaluation de la performance du stockage, l'IEER présente une évaluation probabiliste « simple » de dose, basée sur des méthodes de Monte-Carlo, visant à déterminer la variation de la dose liée notamment aux

¹ <http://www.ip-pamina.eu>, Deliverable D-N°:1.1.2

² Vigfusson, J., Maudoux, J., Rambault, P., Röhlig, K.J. and Smith, R.E., 2007. European Pilot Study on the Regulatory Review of the Safety Case for Geological Disposal of Radioactive Waste. Case Study: Uncertainties and their Management.

variations des paramètres de transport de radionucléides. L'IEER conclut que l'incertitude sur la dose maximale peut atteindre environ 5 ordres de grandeur (facteur 100 000). Dans ses commentaires sur le rapport de l'IEER, l'Andra évalue cette incertitude à environ un facteur 200, par un calcul analytique réalisé à partir des valeurs de paramètres retenues par l'IEER, et conclut au caractère « *surprenant* » du résultat de l'IEER. A cet égard, l'IRSN constate que l'incertitude calculée par l'Andra est déduite du rapport entre deux valeurs de doses maximales obtenues sur une échelle de temps non limitée, en considérant les valeurs de paramètres retenues par l'IEER traduisant le confinement le plus fort d'une part et le plus faible d'autre part ; ces deux valeurs de dose se situent au-delà d'un million d'années (cf. figure 1 en annexe au présent avis). L'incertitude obtenue par l'IEER concerne quant à elle la différence entre deux valeurs de dose calculées à un temps donné (un million d'années), et non pas entre les doses maximales qui auraient été atteintes si la durée sur laquelle ont porté les simulations de l'IEER avait été prolongée. Ainsi, l'indicateur calculé par l'IEER et celui calculé par l'Andra ne sont pas strictement identiques et leurs valeurs ne peuvent donc pas être directement comparées.

L'IRSN remarque qu'il n'est pas possible, sur la base des éléments présentés par l'IEER et par l'Andra, de vérifier que le faisceau de résultats obtenu par le calcul analytique précité est bien conservatif au regard de la dispersion des résultats obtenus par l'IEER. Il est à noter que dans le Dossier 2005, les évaluations de dose présentées par l'Andra indiquent des doses maximales (à quelques centaines de milliers d'années) inférieures d'environ 2 ordres de grandeur à la dose la plus élevée estimée par l'IEER (à un million d'années). Il faut toutefois rappeler que l'IEER a adopté une approche « *simple* » visant à illustrer le fait qu'une incertitude importante puisse être associée à la valeur de dose maximale calculée, plutôt qu'à estimer une valeur vraisemblable de cette borne maximale. Ainsi, comme souligné par l'Andra, la réalisation de 25 calculs seulement dont les paramètres sont sélectionnés par tirage aléatoire ne peut pas être considérée comme représentative des combinaisons possibles des paramètres de transport dans le stockage, sachant par ailleurs que certaines de ces combinaisons peuvent être impossibles (par exemple une grande perméabilité de la roche associée à coefficient de diffusion faible) compte tenu des processus physiques en jeu.

En conséquence, l'IRSN estime que les commentaires de l'Andra relatifs à l'évaluation probabiliste présentée par l'IEER sont globalement fondés et considère que les éléments exposés par l'IEER ne sont pas suffisants pour remettre en question les conclusions formulées en 2005 sur les performances globales du stockage. Néanmoins, sur le plan de la méthode, comme le souligne l'IEER et ainsi qu'il l'a été expliqué plus haut, l'IRSN estime que l'Andra pourrait à l'avenir combiner plus systématiquement approches déterministe et probabiliste pour évaluer l'impact du stockage dans la mesure où ceci peut avoir pour effet de renforcer la confiance dans la maîtrise des diverses incertitudes entrant dans la description des phénomènes de transfert des flux d'activité au travers du stockage.

Homogénéité du Callovo-Oxfordien et conséquences en termes de transfert de solutés

Variabilité verticale et horizontale du Callovo-Oxfordien

L'IEER estime que les données disponibles indiquent une grande variabilité verticale et horizontale de la composition minéralogique et de la composition de l'eau interstitielle de la formation du Callovo-Oxfordien à l'échelle de la zone de transposition, qui entraîne des différences perceptibles dans les propriétés de transport (porosités, coefficients de diffusion effective, perméabilité). Par ailleurs, l'IEER précise que selon l'Andra la variabilité minéralogique dans le Callovo-Oxfordien est due, en partie, à l'existence de hiatus sédimentaires. En réponse à ces remarques, l'Andra indique que l'IEER s'appuie notamment sur des mesures réalisées dans l'Oxfordien calcaire pour mettre en évidence l'« *hétérogénéité* » de la formation hôte, alors que l'Oxfordien calcaire ne fait pas partie de la formation hôte du Callovo-Oxfordien. L'Andra ajoute que l'interprétation de l'IEER selon laquelle l'Andra n'a pas pris en compte dans ses évaluations de sûreté la variabilité des caractéristiques du milieu géologique, en particulier de la couche du Callovo-Oxfordien, « *est erronée* » puisqu'elle s'est toujours attachée à mener une analyse de la variabilité (verticale et horizontale) des paramètres hydrauliques et de transport des solutés, en corrélant autant que possible ces variations entre elles ainsi qu'avec la variabilité litho-stratigraphique (pétrographique) du Callovo-Oxfordien. L'Andra précise en outre que le choix de propriétés de transport uniformes (mais anisotropes) du Callovo-Oxfordien, pour l'évaluation de sûreté du Dossier 2005, a fait l'objet de justifications et s'est accompagné d'études de sensibilité pour rendre compte de la variabilité minéralogique de la formation. L'Andra indique enfin que l'affirmation selon laquelle des hiatus de sédimentation seraient à l'origine de la variabilité minéralogique du Callovo-Oxfordien est « *erronée* » et explique cette origine principalement par les variations du niveau marin.

L'IRSN estime comme l'Andra, que la variabilité de l'Oxfordien calcaire ne peut être retenue pour invoquer celle de la formation hôte, dans la mesure où il a toujours été clairement considéré que celle-ci correspondait à la formation argileuse du Callovo-Oxfordien, excluant ses encaissants. En outre, l'IRSN souligne, comme indiqué dans le cadre de son examen des critères retenus par l'Andra pour le choix d'une ZIRA en 2009, que la variabilité du Callovo-Oxfordien argileux est bien moins prononcée dans la ZIRA que dans la zone de transposition et concerne principalement le toit du Callovo-Oxfordien, en particulier au niveau des unités lithostratigraphiques C2d (S3) et C2c (toit de S2).

L'IRSN considère également, au vu des nouvelles connaissances acquises depuis 2005 et présentées par l'Andra en 2009 sur les conditions de dépôt des sédiments, que l'origine essentiellement marine de la variabilité de la couche hôte est très vraisemblable, ce qui permet de renforcer le caractère transposable des observations réalisées dans le laboratoire de Meuse/Haute-Marne à la zone dite de transposition, et a fortiori à la ZIRA.

Aussi, l'IRSN considère que la variabilité verticale et horizontale de la minéralogie et de la composition de l'eau du Callovo-Oxfordien à l'échelle de la zone de transposition et de la ZIRA est convenablement estimée par l'Andra.

A cet égard, au vu de l'évaluation de sûreté présentée par l'Andra en 2005 et de l'état des connaissances établi en 2009, l'IRSN considère que les propriétés de transport des solutés au sein de la formation du Callovo-Oxfordien varient peu à l'échelle de la ZIRA. En outre les variations possibles ont bien été prises en compte dans les valeurs retenues pour les études de sensibilité présentées par l'Andra dans le Dossier 2005.

Présence de microfissures

L'IEER considère que, bien que les microfissures détectées dans le laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne soient colmatées, « *il reste à déterminer si cela sera aussi le cas dans la ZIRA, puisque la caractérisation de son sous-sol est nécessaire pour arriver à cette conclusion* ». A cet égard, l'Andra indique que, d'une part, ce colmatage s'est produit au cours de phénomènes diagénétiques et est par conséquent représentatif de la ZIRA et, d'autre part, que « *le fait que des microfissures contenues à l'intérieur du Callovo-Oxfordien soient colmatées ou non n'a pas d'influence sur la sûreté du stockage* ».

L'IRSN estime comme l'Andra que le colmatage des fentes et microfailles par de la célestine et de la calcite résulte de phénomènes diagénétiques, et que l'ensemble des microfissures identifiées, incluant des diaclases (microfissures d'origine non diagénétique), n'a effectivement pas d'impact notable sur les propriétés de transport du Callovo-Oxfordien.

Ainsi qu'indiqué par l'IRSN à l'issue de l'évaluation du Dossier 2005 et des critères retenus par l'Andra en 2009 pour le choix d'une ZIRA, l'enjeu de caractérisation complémentaire de la ZIRA porte non pas sur la microfissuration mais sur l'existence éventuelle de structures de dimensions plus importantes. A cet égard, l'IRSN a récemment évalué les résultats de la campagne de reconnaissance sismique effectuée par l'Andra sur l'emprise de la ZIRA en 2010. Cet examen a permis de conclure que, compte tenu du niveau de précision de la méthode de géophysique (campagne de sismique 3D) déployée par l'Andra dans l'objectif de mieux caractériser les structures potentielles dans la ZIRA, la présence de structures tectoniques rédhibitoires à l'implantation future d'un stockage pouvait raisonnablement être écartée.

Co-dominance des régimes diffusif et convectif

L'IEER remarque que, s'agissant du transport de solutés dans le Callovo-Oxfordien non perturbé, « *l'Andra suppose que le transport diffusif dominera le flux bien que les données et une analyse des nombres de Peclet indiquent qu'un transport à la fois diffusif et convectif pourrait se manifester avec une probabilité significative* ». L'Andra indique que les calculs qu'elle a réalisés en support à l'évaluation de la sûreté du stockage prennent en compte les processus de transports par convection et par diffusion, sans préjuger de la dominance de l'un ou de l'autre. L'Andra précise qu'une co-dominance des régimes diffusif et convectif est possible dans certains cas (zones à perméabilité plus

élevée), sans toutefois qu'elle n'ait de conséquence significative sur l'impact radiologique d'un stockage. Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

Aléa sismique

Concernant l'aléa sismique, l'IEER indique « [ne pas avoir] trouvé d'analyse comparative, à partir des catalogues des séismes utilisés par l'Andra, indiquant de quelle façon la secousse maximale a été déterminée, à la fois pour la période d'exploitation et la période post-fermeture [et qu'une] analyse probabiliste, facile à consulter, de l'accélération et de la charge est importante pour évaluer la conception des installations de surface, et notamment les installations de manutention des déchets ». A ce sujet, l'Andra indique que plusieurs méthodes, dont des analyses probabilistes, ont été utilisées et qu'elle établira une note explicitant la méthodologie de détermination de l'aléa sismique qui sera retenue en vue de la DAC. L'IRSN rappelle que dans le Dossier 2009, concernant la phase d'exploitation, l'Andra a déduit, à partir des sources sismiques locales et régionales et en utilisant plusieurs modèles sismotectoniques, des Séismes Majorés de Sécurité (SMS), conformément à la RFS 2001-01 qui recommande une évaluation basée sur une approche déterministe. L'Andra a ensuite calculé le spectre de réponse sismique prenant en compte chacun de ces SMS, puis a estimé la période de retour de séismes par analyse des vitesses des failles selon une approche à la fois déterministe et probabiliste. Une approche identique a été suivie pour la détermination du spectre de Séismes Maximal Proposé (SMP) de référence pour estimer l'aléa sismique pendant la période de post-fermeture.

A l'issue de l'examen du Dossier 2009, l'IRSN a estimé que, d'un point de vue global, la méthode proposée par l'Andra de détermination des spectres SMS et SMP, basée sur plusieurs modèles sismotectoniques, permettrait de couvrir les incertitudes sur l'aléa, moyennant l'apport de justifications complémentaires (valeurs de pondération des différents modèles utilisés évaluation de la période de retour des séismes incertitudes associées aux vitesses des failles). **Toutefois, compte tenu d'une part de la durée prévisible d'exploitation d'une telle installation, d'autre part des réflexions en cours concernant la définition d'aléas extrêmes dans le cadre de la démarche d'évaluation complémentaire de sûreté des installations nucléaires, l'IRSN estime qu'une analyse probabiliste plus complète et systématique de la quantification de l'aléa sismique serait un complément utile à la démarche préconisée par la RFS 2001-01.**

Cicatrisation de l'EDZ

L'IEER considère que l'Andra fait preuve d'un « *optimisme omniprésent* » qui se caractérise en particulier par « *le postulat selon lequel le site de stockage, sur le très long terme, se comportera essentiellement comme un fluide idéal sur une période de plus d'un million d'années : tous les vides seront fermés et scellés, y compris les espaces vides dans [...] la roche perturbée (fracturée et microfissurée)* ». Pour ce qui concerne plus particulièrement la cicatrisation de l'EDZ, l'IEER doute « *que la perméabilité de la zone perturbée puisse être sensiblement restaurée pour se rapprocher de sa valeur d'origine* » et s'interroge sur les tests effectués ou conçus pour démontrer cette cicatrisation quasi totale de fractures. L'IEER considère enfin que l'Andra ne devrait pas prendre en compte la

cicatrisation de l'EDZ et « *considérer que l'EDZ conserve le pire état de dommages estimé tout au long de la durée de vie du stockage* ».

En réponse à ces remarques, l'Andra indique en premier lieu que les travaux de recherche qu'elle mène sur les phénomènes d'interaction au sein du stockage entre composants de celui-ci et argilite montrent, « *leur complexité, mais aussi leur extension limitée de par les propriétés intrinsèques de l'argilite* » et souligne que « *l'analyse de performance réalisée en 2005 est caractérisée par un choix systématique d'extensions enveloppes et de caractéristiques conservatives, voire pénalisantes, des perturbations* ». S'agissant des phénomènes de cicatrisation de l'EDZ, l'Andra précise dans ses commentaires que les perméabilités très élevées mesurées dans le Callovo-Oxfordien perturbé ne sont pas représentatives de la perméabilité d'un milieu poreux mais de la transmissivité de certaines fractures induites par le creusement. Elle ajoute que la fermeture d'une fracture (et donc la diminution de sa transmissivité) ne résulte pas que d'un processus purement mécanique (par l'application d'une contrainte normale sur la fracture), mais aussi du gonflement des particules argileuses provoqué par l'arrivée d'eau dans la fracture (phénomène de colmatage de la fracture). L'Andra indique plusieurs essais réalisés sur échantillons en laboratoire de surface, *in situ* au laboratoire souterrain ou en cours (CDZ, essai de compression de l'EDZ) et enfin, signale l'existence d'un ouvrage international récent compilant l'ensemble des données acquises sur les différentes formations argileuses (*Self-Sealing of Fractures in Argillaceous Formations in Context with the Geological Disposal of Radioactive Waste*, OECD/NEA n°6184, 2010) et mettant en évidence la similarité des processus d'auto-colmatage dans les différentes formations analysées dans ce rapport.

L'IRSN ne remet pas en cause la valeur des éléments rapportés dans l'ouvrage précité et souligne l'intérêt de l'expérience CDZ menée par l'Andra, spécialement conçue pour confirmer et quantifier *in situ* au laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne l'évolution des propriétés de transport de l'EDZ avec la resaturation et le confinement mécanique de la roche. Toutefois l'Andra n'est pas encore en mesure de présenter les résultats de cette expérience CDZ, celle-ci étant toujours en cours. Par ailleurs, l'IRSN constate que les éléments présentés par l'Andra en appui des phénomènes de colmatage de l'EDZ sont relativement disparates, obtenus pour certains sur échantillons, pour d'autres *in situ* mais dans d'autres laboratoires de recherche souterrains que Bure (Mol en Belgique, Mont-Terri en Suisse) ou tirés d'analogues naturels, pour d'autres enfin à Bure mais par le biais d'expériences (par exemple KEY) moins pertinentes de ce point de vue que CDZ. L'IRSN rappelle également avoir indiqué, à l'issue de l'examen du Dossier 2009, que les résultats de l'expérience CDZ devront ensuite être intégrés dans une modélisation plus complète du comportement de la zone endommagée, et non pas considérés comme directement représentatifs du comportement attendu de l'EDZ autour des ouvrages envisagés dans le projet de stockage dans la mesure où les dimensions de ces ouvrages sont plus importantes que celles des galeries du laboratoire souterrain de Bure. L'IRSN rappelle enfin avoir souligné lors de l'examen du Dossier 2009 la nécessité d'améliorer la modélisation du comportement mécanique de la roche, afin d'être en mesure de reproduire l'extension et l'évolution des fractures.

L'IRSN estime en conséquence que des progrès sont encore nécessaires pour réduire les incertitudes sur le comportement mécanique de la roche afin de disposer d'une interprétation satisfaisante de ses possibles évolutions. Ces incertitudes peuvent toutefois être convenablement

couvertes dans la démonstration de la sûreté du stockage en prenant en compte un scénario volontairement pessimiste postulant que la zone endommagée autour des ouvrages ne se cicatrise pas. L'IRSN considère qu'un tel scénario devra être pris en compte, comme l'Andra l'avait par ailleurs fait dans le Dossier 2005, pour évaluer la capacité globale de confinement du stockage en tenant compte des incertitudes résiduelles liées à l'évolution à long terme du stockage, même si ces incertitudes venaient à être très fortement réduites.

Stockage de combustibles usés, démonstrateurs et calendrier de développement du stockage

Stockage de combustibles usés

L'IEER estime nécessaire que l'Andra traite le cas d'un scénario de mise en stockage direct des combustibles usés, actualisé par rapport à celui présenté dans le Dossier 2005, en particulier en vue d'examiner les contraintes thermiques et leurs conséquences pour la taille du stockage. L'IEER estime également que l'Andra devrait évaluer expérimentalement dans le laboratoire de Meuse/Haute-Marne si des alvéoles verticales seraient plus adaptés pour le stockage de combustibles usés compte tenu des questions relatives à la stabilité mécanique de ce type d'alvéoles de grandes dimensions.

En réponse à ces commentaires, l'Andra indique que le stockage direct de combustibles usés déchargés des réacteurs de puissance ne fait pas partie du périmètre de la DAC. L'Andra précise qu'en revanche, le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) 2010-2012 prévoit la vérification de la compatibilité des concepts de stockage (en particulier la conception de la descenderie et des puits) avec l'hypothèse du stockage direct de combustibles usés, ce qui a conduit l'Andra à actualiser l'étude présentée dans le Dossier 2005. **L'IRSN n'a pas de remarque sur ce point.**

S'agissant des concepts d'alvéoles, l'Andra indique que l'évaluation des avantages et inconvénients des alvéoles verticales a été réalisée dans le Dossier 2005 et a conduit à retenir des alvéoles horizontales, pour des raisons notamment de moindre impact sur la formation géologique en termes de volumes excavés et d'emprise du stockage, ainsi que d'épaisseur de garde d'argilite non perturbée. Du point de vue de la sûreté à long terme, l'IRSN estime que cette option présente en effet le bénéfice de préserver l'épaisseur utile de la couche du Callovo-Oxfordien non perturbée au droit des colis. Néanmoins, l'IRSN avait souligné à l'issue de l'examen du Dossier 2005 l'absence de retour d'expérience industriel de la mise en place de colis à l'horizontale sur de longues distances (pluridécamétriques) et observait que la mise en place de colis dans les stockages de surface était généralement effectuée à la verticale à l'aide de ponts roulants dont la fiabilité est éprouvée. L'IRSN avait donc considéré que la validation du concept d'alvéole retenu pour le stockage de combustible usé nécessitait la réalisation d'un démonstrateur in situ afin de qualifier les systèmes de manutention des colis dans l'alvéole, notamment eu égard à la possibilité de retrait des colis sur des durées d'exploitation longues, compte tenu de l'exigence de réversibilité du stockage. **Cette disposition serait à mettre en œuvre si le stockage direct de combustibles devait être décidé.**

Démonstrateurs et calendrier

S'agissant des démonstrateurs, l'IEER a souligné le fait que d'autres programmes menés à l'étranger ne peuvent pas se substituer à des essais dans le laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne et sur

la nécessité de construire des démonstrateurs en vraie grandeur. A cet égard, l'IEER précise que « *l'Andra pourrait envisager la construction d'une zone d'expérimentation dans le laboratoire souterrain comparable au démonstrateur de concept de site à Aspö, afin de démontrer, autant que possible dans une expérience de quelques années, la façon dont un réel site de stockage pourrait fonctionner dans la pratique* ». Pour ce qui concerne le calendrier de développement du stockage, l'IEER indique que « *compte tenu des recherches et de la caractérisation qui restent à faire, le calendrier officiel pour le projet de site de stockage est beaucoup trop tendu* » et se dit convaincu qu'un allongement important du calendrier sera nécessaire.

En réponse, l'Andra indique qu'elle a présenté dans son dossier de demande de renouvellement de l'exploitation du Laboratoire souterrain son programme d'essais technologiques et d'expérimentations pour les années à venir. L'Andra précise qu'un essai à l'échelle d'un alvéole HA soumis à un chauffage sera réalisé dans le cadre du projet européen LUCOEX (2011-2014).

L'IRSN estime que l'essai de démonstration en vraie grandeur d'un alvéole HA mentionné par l'Andra dans le cadre du projet européen LUCOEX est une étape pertinente pour la qualification d'un tel ouvrage. Toutefois, cet essai se limite aux phases de « construction » et d'« exploitation » de l'alvéole sans inclure la phase « post-fermeture », puisque la mise en place du bouchon définitif en bentonite de l'alvéole n'est à ce jour pas prévue³. Plus généralement, l'IRSN a relevé, à l'issue de l'examen du Dossier 2009, que les résultats des démonstrateurs de scellements ne seront pas disponibles avant la DAC. Aussi, l'IRSN a recommandé qu'en parallèle de la poursuite des études en cours visant à qualifier les concepts de scellement retenus, l'Andra présente, comme alternative pour la DAC, des concepts plus simples, et pour lesquels suffisamment d'éléments probants quant à la démonstration de leur faisabilité industrielle pourront être réunis à l'échéance de la DAC. L'IRSN a également rappelé lors de cet examen que la qualification des ouvrages de grande dimension (notamment les alvéoles MAVL) en vue de leur mise en exploitation restait subordonnée à la réalisation préalable d'un démonstrateur *in situ*. Il est à noter que, selon l'Andra, les dimensions du laboratoire souterrain limitent la taille des essais réalisables et empêchent ainsi la réalisation d'un essai de démonstration en vraie grandeur de ces ouvrages. Cet essai ne pourra donc être réalisé qu'après le dépôt de la DAC lors du creusement du stockage. A cet égard, compte tenu de l'approche adoptée par l'Andra de réalisation du stockage en plusieurs phases, l'IRSN a estimé qu'il était possible que des compléments de démonstration soient apportés ultérieurement à la DAC, dans la mesure où la réalisation des différentes parties du stockage peut faire l'objet de demandes d'autorisation spécifiques étalées dans le temps, délivrées sur la base d'une démonstration de sûreté actualisée. Mais en tout état de cause, l'IRSN souligne qu'il ne pourra être envisagé de mettre en exploitation le stockage que lorsque l'ensemble des éléments nécessaires à la qualification des premiers ouvrages de stockage aura été réuni. Ceci comprend, pour le dépôt de la DAC, la remise d'un avant-projet détaillé décrivant le dimensionnement et les méthodes de construction et d'exploitation des premiers ouvrages à construire, fondé sur l'ensemble des résultats de recherche et d'essais qui auront été réalisés, puis postérieurement à la DAC et avant la mise en service de la première tranche d'exploitation, la confirmation au moyen d'essais en vraie grandeur du bien-fondé des solutions techniques retenues. Sur ce dernier

³www.lucoex.eu, WP3

point, l'IRSN signale qu'il a récemment examiné les dernières études produites par l'Andra depuis le Dossier 2009 et présenté les résultats de cet examen au groupe permanent d'experts pour les installations destinées au stockage à long terme des déchets radioactifs lors de la réunion du 5 février 2013. A cette occasion, le groupe permanent a relevé que « *la durée annoncée à ce jour séparant la construction d'un alvéole témoin MAVL inactif et la mise en actif de l'installation, prévue en 2025, est extrêmement courte* » et souligné qu' « *il est essentiel que le calendrier du programme d'essais et d'expérimentation permette l'acquisition des données nécessaires à la mise au point et à la qualification des méthodes de construction et d'exploitation des premiers alvéoles qui seront mis en actif* ».

Pour le Directeur général et par délégation
Le Directeur des déchets et de la géosphère

François BESNUS

Annexe à l'avis IRSN/2013-57

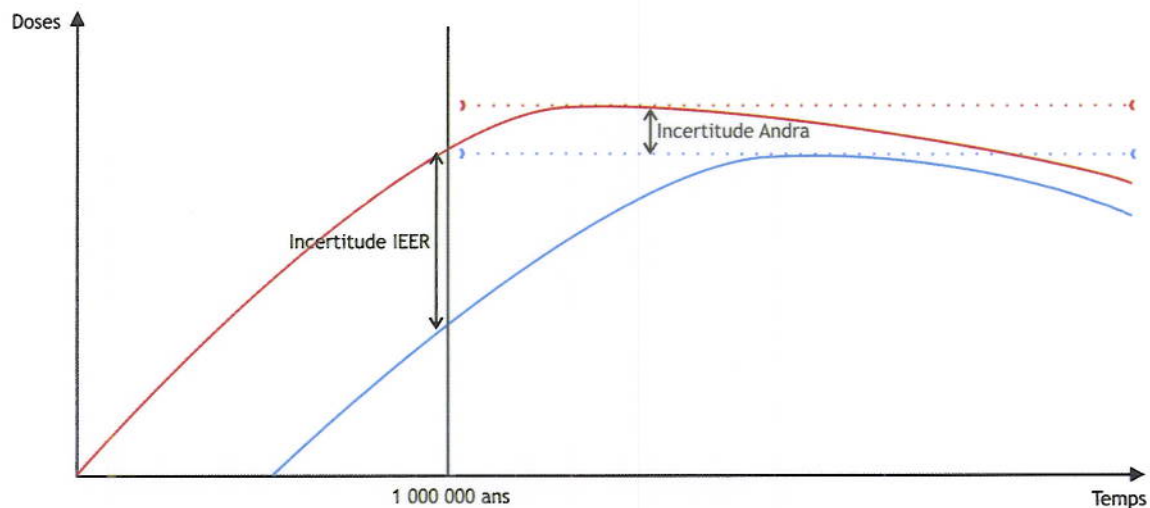


Figure 1 - Schéma illustratif des incertitudes estimées par l'IEER et l'Andra