

Fontenay-aux-Roses, le 16 juillet 2012

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2012-330

Objet : Etudes transmises dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs : évaluation du dossier de l'impact des résidus miniers d'uranium

Réf.

1. Saisine ASN CODEP-DRC-2012-019767 du 10 avril 2012
2. Avis ASN n° 2009-AV-0075 du 25 août 2009

Par lettre citée en référence, vous avez sollicité l'avis de l'IRSN sur un ensemble de documents relatifs à l'impact à long terme des stockages de résidus miniers d'uranium remis par Areva en application du Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) pour la période 2010 - 2012. Les documents transmis comprennent dix notes d'études couvrant quatre aspects particuliers : la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus, les techniques de traitement des eaux, l'évaluation de l'impact dosimétrique des stockages de résidus et l'évaluation de l'impact dosimétrique associé aux stériles. Ces notes complètent les études transmises par Areva en 2009, dans le cadre du précédent PNGMDR et visent notamment à prendre en compte les recommandations formulées par l'ASN sur les études précitées.

A partir de l'analyse des documents transmis par Areva, vous demandez plus particulièrement à l'IRSN:

- d'examiner si la démarche d'évaluation de la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus est adaptée et répond aux demandes déjà formulées ;
- de porter un avis sur les évolutions techniques envisageables en matière de traitement des eaux ainsi que sur les éléments produits par Areva pour évaluer les impacts chimique et radiologique des rejets issus des sites miniers ;
- d'examiner si les nouveaux éléments produits par Areva nécessitent une évolution de la méthode d'évaluation de l'impact dosimétrique à long terme des stockages de résidus, si l'ensemble des informations disponibles permettent de conclure à un impact négligeable de ceux-ci sur le court et le long terme et s'il est nécessaire de revoir les propositions formulées par Areva en 2009 en vue de renforcer la prévention des risques d'exposition des populations, via par exemple l'amélioration des caractéristiques des couvertures de certains stockages ;
- d'examiner si les compléments apportés par Areva permettent de disposer d'une méthode satisfaisante pour évaluer l'impact dosimétrique lié à la présence de stériles miniers dans le domaine public ou au niveau d'une verse et si les éléments aujourd'hui disponibles permettent de définir des actions de prévention des risques d'exposition des populations.

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

Vous trouverez en annexe au présent avis les résultats de l'examen de ces différents dossiers réalisé par l'IRSN dont les principales conclusions sont les suivantes.

Pour ce qui concerne la tenue à long terme des digues, l'IRSN considère que les bases nécessaires à l'évaluation de la stabilité des digues et à la définition des niveaux d'exigence associés sont correctement identifiées. Ces bases peuvent désormais permettre de formaliser les éléments de doctrine relatives à ce sujet. Certains points restent néanmoins à préciser. Ainsi, s'agissant de la définition de l'aléa sismique, l'IRSN considère que l'approche retenue est acceptable sous réserve que l'exploitant s'assure qu'elle reste conservatrice compte tenu des incertitudes associées à l'évaluation de l'aléa sismique pour les périodes longues de retour considérées. **A cet égard, l'IRSN recommande que l'exploitant complète son évaluation par une étude de sensibilité de la stabilité des digues en fonction de la période de retour visée et du niveau d'aléa associé.** Par ailleurs, compte tenu de la période de retour visée (30 000 ans selon l'exploitant), l'IRSN souligne que la présence de failles potentiellement actives dans l'environnement de certains sites doit faire l'objet d'une prise en compte spécifique. **L'IRSN recommande donc qu'Areva complète sa démarche d'évaluation de l'aléa sismique en évaluant l'impact sur les sites des séismes maximaux physiquement possibles.**

En complément de ce travail de formalisation, l'IRSN souligne la nécessité de constituer dès maintenant un dossier géotechnique (géologie, géotechnique, hydrogéologie) complet pour chaque site. Ce dossier est un élément indispensable de la revue de sûreté des ouvrages qui doit être engagée conformément à la demande de l'ASN dans son avis du 25 Août 2009. Ce processus de revue de sûreté apparaît d'autant plus nécessaire que l'évaluation générique menée par Areva a mis en évidence la vulnérabilité potentielle des ouvrages vis-à-vis des régimes hydrauliques extrêmes et des situations sismiques considérées et a souligné la nécessité de vérifier certaines caractéristiques des digues.

L'IRSN recommande la mise en place d'un groupe de travail destiné à élaborer la doctrine d'évaluation de la tenue à long terme des digues ceinturant les stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium à partir des éléments transmis par Areva.

L'IRSN recommande également qu'Areva définisse le plan d'action qu'il prévoit de mettre en œuvre, dans un premier temps, pour constituer les dossiers géotechniques associés à chaque digue et, dans un second temps, pour évaluer leur stabilité et déterminer la nécessité éventuelle de les renforcer. Le plan d'action précisera notamment le calendrier envisagé ainsi que la liste des sites jugés prioritaires.

Pour ce qui concerne les évolutions techniques envisageables en matière de traitement des eaux et l'évaluation des impacts chimique et radiologique des rejets issus des sites miniers, l'IRSN observe que les éléments fournis par Areva mettent en perspective l'état des lieux du fonctionnement des stations existantes, avec l'analyse des avantages et inconvénients des différents types de procédés envisageables mais également de l'évaluation des impacts chimiques et radiologiques associés aux éléments présents dans les eaux rejetées, qu'ils aient pour origine l'activité minière ou les traitements eux-mêmes.

Sur la base de l'étude d'Areva, l'IRSN note que, pour les sept stations de traitement physico-chimique étudiées, les concentrations en radium 226 et en uranium dissous dans les eaux rejetées sont actuellement conformes aux limites fixées par arrêté préfectoral, lesquelles sont dans certains cas plus contraignantes que les valeurs limites fixées par la Réglementation des Industries Extractives

(RGIE). Ainsi, comme relevé par Areva, dans certains cas, la qualité des eaux avant traitement est telle que la stricte application de la RGIE pour l'uranium et le radium 226 conduirait à arrêter les traitements. Toutefois, l'IRSN regrette que l'analyse des différents éléments disponibles n'ait pas conduit Areva à identifier plus avant les actions d'amélioration envisageables notamment eu égard à la qualité des eaux du milieu récepteur de ces rejets et leur impact sur l'homme et de l'environnement. A cet égard, l'IRSN relève que, dans le cas de la rivière du Ritord, à l'impact chimique de l'uranium s'ajoute celui du Baryum, ajouté au procédé dans l'objectif d'abaisser les teneurs en radium 226, qui se trouve en concentration élevée dans les eaux de rejet. De même, il ressort que les concentrations en Uranium ajoutées au bruit de fond géochimique du milieu récepteur en aval de certaines stations peuvent être notablement plus élevées que la valeur cible de 5 µg/L retenue par Areva dans son étude. Aussi, l'IRSN s'interroge sur les possibilités d'améliorer le rendement des procédés de traitement pour l'Uranium, significativement plus faible que celui obtenu pour le radium, en vue d'abaisser les concentrations dans les eaux de rejet et, par suite, dans les milieux récepteurs. L'IRSN considère en tout état de cause que l'analyse de l'arrêt ou la poursuite des traitements ne doit pas se limiter à la vérification du respect des limites de rejet en sortie de station, mais doit également tenir compte en particulier de l'impact chimique du procédé sur l'homme et l'environnement.

L'IRSN recommande en conséquence qu'Areva poursuive et approfondisse la démarche qu'il a engagée sur l'ensemble des stations de traitement de manière à définir et justifier la stratégie qu'il retient pour l'évolution, l'arrêt ou le maintien du traitement des eaux collectées sur les anciens sites miniers relevant de sa responsabilité. La stratégie retenue devrait en particulier être justifiée au regard :

- des évolutions naturelles de la qualité des eaux envisageables sur chacun des sites compte tenu des mécanismes géochimiques en jeu et des tendances observées à ce jour ;
- de l'objectif de réduction de l'impact global des rejets sur l'homme et l'environnement. L'impact chimique associé aux différentes substances rejetées, y compris celles liées aux procédés de traitement des eaux, sera en particulier pris en compte ;
- des contraintes de maintenance et de gestion des déchets associées aux divers procédés envisageables.

Pour ce qui concerne l'impact dosimétrique à long terme des stockages de résidus, l'avancée la plus significative présentée dans les différents documents transmis par Areva porte sur la modélisation des flux de radon pénétrant dans un bâtiment en provenance des matériaux de soubassement. Dans ce domaine, Areva a modifié ses hypothèses de modélisation afin de tenir compte des possibilités de transfert par advection au travers de l'interface séparant le bâtiment des matériaux de soubassement. La modification conduit à une révision significative à la hausse des résultats du calcul de dose ajoutée pour le scénario de résidence sur le stockage. L'IRSN considère que ces doses sont plus conformes aux valeurs attendues pour ce type de scénarios. Elles sont également plus cohérentes avec les données disponibles pour des situations comparables de bâtiments édifiés sur des matériaux présentant des teneurs élevées en radium. L'IRSN estime qu'il reste toutefois difficile d'apprécier précisément la pertinence des résultats produits compte tenu notamment de l'absence de résultats intermédiaires tels que les activités volumiques du radon dans le bâtiment, qui sont des valeurs repères pouvant être comparées à des mesures existantes.

En complément des évolutions apportées à la modélisation du radon, Areva a effectué une comparaison entre les résultats des modélisations de l'impact dosimétrique des stockages de résidus et des mesures issues de la surveillance des sites concernés. Areva conclut de la comparaison, d'une part que les choix de modélisation qu'il a retenus conduisent généralement à une surestimation des expositions et sont donc conservatifs, d'autre part que les différentes contributions mesurées aux points de surveillance traduisent essentiellement la variabilité du bruit de fond naturel.

L'IRSN rappelle que l'exploitation des résultats issus de la surveillance des sites pose une difficulté particulière liée aux influences multiples qu'ils traduisent, et estime qu'il aurait été opportun de focaliser la comparaison sur les paramètres et les points de mesure plus influencés par la présence du stockage. L'IRSN note ainsi que la démarche d'Areva repose sur des mesures effectuées, pour l'essentiel, à des distances généralement comprises entre 500 m et plus de 2 000 m des stockages, alors qu'il aurait été pertinent d'inclure dans la comparaison des mesures relevées depuis des stations plus proches des stockages, voire au droit même de ceux-ci. Par ailleurs, l'IRSN estime que les résultats des modélisations devraient être comparés à des situations existantes correspondant à différents usages des sites. A cet égard, l'exploitation des cas de construction de bâtiments sur des stériles ou résidus miniers, recensés en France et dans le monde, devrait notamment faire l'objet d'une attention particulière afin de mieux apprécier l'exposition susceptible d'être reçue du fait de l'inhalation de radon pour les scénarios de résidence sur un stockage

L'IRSN recommande qu'Areva poursuive et généralise la démarche de comparaison entre données de terrain et résultats de modélisation, dans l'objectif d'améliorer la pertinence et l'utilité de son dispositif de suivi des sites et de renforcer la confiance dans ses résultats de calcul. L'IRSN souligne de ce point de vue l'intérêt d'étendre la comparaison, d'une part, aux données de surveillance acquises au plus près des stockages, d'autre part, à des situations s'apparentant aux scénarios retenus dans les évaluations d'impact à long terme.

Pour ce qui concerne l'évaluation de l'impact dosimétrique associé aux stériles, les documents transmis par Areva portent, d'une part, sur la réutilisation des stériles dans le domaine public, d'autre part, sur l'exposition associée à la présence de vers sur les anciens sites miniers.

S'agissant du premier aspect, l'étude présentée par Areva est fondée sur une démarche d'évaluation générique qui n'est plus celle mise en œuvre aujourd'hui pour l'évaluation de l'impact de la réutilisation des stériles miniers dans le domaine public. La démarche actuelle est fondée sur le recensement des lieux d'utilisation de stériles en application de la circulaire du ministère du développement durable et de l'ASN du 22 juillet 2009, complétée par une évaluation des doses efficaces ajoutées associées à des scénarios génériques d'exposition, au nombre de sept, distinguant des situations d'exposition dans des lieux intérieurs (« habitation », « entreprise ») et des situations d'exposition dans des lieux extérieurs (« route ou chemin », « cour d'habitation », « cour de ferme », « zone de loisirs », « zone publique »). L'IRSN a examiné cette nouvelle démarche en 2011 et a conclu que celle-ci était globalement pertinente. Plusieurs points étaient toutefois identifiés comme nécessitant des modifications et précisions, en particulier la possibilité de cumul de plusieurs usages sur une même zone, la gestion des zones d'extension réduite mais présentant des débits de dose élevés ou sur lesquelles des usages sensibles étaient identifiés, le dépistage du radon dans les bâtiments et la conservation ainsi que la diffusion des informations collectées.

L'IRSN constate donc que l'étude transmise est obsolète et estime que la nouvelle démarche mise en œuvre par Areva doit se poursuivre en tenant compte des remarques identifiées lors de l'examen précité. En outre, l'IRSN recommande qu'Areva transmette le bilan de la campagne de

recensement des lieux d'utilisation de stériles dans le domaine public. Ce bilan devra notamment conduire, à partir des observations effectuées, à confirmer ou le cas échéant redéfinir les scénarios d'exposition qu'il est pertinent de prendre en compte pour évaluer l'impact associé à la présence de stériles sur la base des gammes de teneur et d'exposition effectivement rencontrées. S'agissant de l'impact dosimétrique associé à la présence d'une verse à stériles, l'évaluation présentée par Areva repose sur une déclinaison directe de la méthodologie définie pour évaluer l'impact radiologique à long terme des stockages de résidus de traitement. Les doses calculées selon les hypothèses retenues par Areva sont inférieures à 1 mSv.an^{-1} quel que soit le scénario concerné. Selon l'IRSN, ces résultats ne permettent toutefois pas de couvrir la gamme des expositions susceptibles d'être reçues. En premier lieu, l'IRSN considère que la teneur maximale de 100 ppm en uranium retenue par Areva pour les stériles ne correspond pas à la diversité des situations observées sur les sites. Il en est de même pour le jeu de scénarios retenus qui ne tient pas suffisamment compte des divers usages d'ores et déjà constatés sur les sites. Enfin, les hypothèses de modélisation du transfert et de l'accumulation du radon dans des locaux fermés ne tiennent pas compte des améliorations précédemment évoquées. Les calculs conduisent de ce fait à une sous-évaluation notable de l'exposition pour les scénarios impliquant la construction d'un bâtiment sur une verse à stériles.

L'IRSN considère important qu'Areva fonde sa démarche de gestion des risques associés aux stériles sur l'exploitation la plus approfondie possible des diverses situations rencontrées sur et autour des anciens sites miniers. A cet égard, l'IRSN recommande qu'Areva exploite la connaissance des sites dont il dispose aujourd'hui, notamment au travers des bilans environnementaux prévus par la circulaire du 22 juillet 2009, pour identifier la présence de verses à stériles et préciser, sur la base des divers cas d'utilisation ou de réaménagement de sites conduisant à une exposition des populations qui seraient répertoriés, les niveaux d'exposition possibles pour les différentes teneurs en uranium des verses recensées (notamment celles présentant des teneurs supérieures à 100 ppm). Cette identification pourra en particulier tenir compte des anomalies mises en évidence sur les plans compteurs disponibles sur les divers sites ainsi que des cartes issues des mesures spectrométriques effectuées lors des survols aériens.

--0--0--0--

En conclusion, les nouveaux éléments transmis par Areva marquent de réelles avancées sur plusieurs points mis en avant lors de précédentes instructions. C'est en particulier le cas pour la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus, sur laquelle Areva a conduit une réflexion méthodologique qui va bien au-delà de la démarche adoptée dans les études produites en 2009. C'est également le cas de l'évaluation des impacts chimique et radiologique sur l'homme et l'environnement. L'IRSN note également l'amélioration notable apportée à la modélisation du transfert et de l'accumulation du radon dans une habitation supposée construite sur un stockage de résidus dans le cadre des évaluations d'impact dosimétriques à long terme.

L'IRSN constate toutefois que les études produites ne conduisent pas Areva à formuler des propositions d'action d'amélioration concrètes, que ce soit en matière de connaissance des risques

d'exposition des populations ou d'évolution des techniques de traitement des eaux. A cet égard, l'IRSN estime qu'Areva devra développer sa réflexion sur ces actions en tenant compte des recommandations formulées dans le présent avis.

Enfin, l'IRSN signale qu'aucun élément n'a été transmis par Areva relativement aux besoins de renforcement éventuels des couvertures de certains stockages. Ce point devra être réexaminé à la lumière notamment des nouvelles connaissances acquises sur le comportement à long terme des stockages et de l'interprétation des résultats de la surveillance.

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



François Besnus

Copies :

ASN/DG

M. Le Directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire

ASN/DRC

Mme La Directrice de l'ASN/DRC - FAR (2 exemplaires)

MEDDE/DGPR/MSNR

N. CHANTRENNE

E. CHAPALAIN

F. SEIGLE

L'exploitation d'uranium sur le territoire français a conduit à la production de plus de 52 millions de tonnes de résidus de traitement de minerais, actuellement déposés dans 17 installations de stockage, et de plus de 200 millions de tonnes de stériles, répartis sur près de 250 anciens sites miniers. Areva est aujourd'hui responsable de l'ensemble des installations de stockage de résidus et de la plupart des anciens sites miniers.

Le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) pour la période 2010-2012 a inscrit à son programme la réalisation de plusieurs études relatives à la situation des stockages de résidus, des stériles miniers et de manière plus générale à la gestion des anciens sites miniers d'uranium. En application de ce programme, Areva a remis, début 2012, une première série de dix notes d'études couvrant quatre aspects particuliers : la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus, les techniques de traitement des eaux, l'évaluation de l'impact dosimétrique des stockages de résidus et l'évaluation de l'impact dosimétrique associé aux stériles. L'ensemble vient compléter les études transmises par Areva en 2009, dans la cadre du PNGMDR 2007-2009.

Par lettre ASN CODEP-DRC-2012-019767 du 10 avril 2012, le président de l'ASN a demandé l'avis de l'IRSN sur le contenu de ces documents et plus particulièrement :

- d'examiner si la démarche d'évaluation de la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus est adaptée et répond aux demandes déjà formulées ;
- de porter un avis sur les évolutions techniques envisageables en matière de traitement des eaux ainsi que sur les éléments produits par Areva pour évaluer les impacts chimique et radiologique des rejets issus des sites miniers ;
- d'examiner si les nouveaux éléments produits par Areva nécessitent une évolution de la méthode d'évaluation de l'impact dosimétrique à long terme des stockages de résidus, si l'ensemble des informations disponibles permettent de conclure à un impact négligeable de ceux-ci sur le court et le long terme et s'il est nécessaire de revoir les propositions formulées par Areva en 2009 en vue de renforcer la prévention des risques d'exposition des populations, via par exemple l'amélioration des caractéristiques des couvertures de certains stockages ;
- d'examiner si les compléments apportés par Areva permettent de disposer d'une méthode satisfaisante pour évaluer l'impact dosimétrique lié à la présence de stériles miniers dans le domaine public ou au niveau d'une verse et si les éléments aujourd'hui disponibles permettent de définir des actions de prévention des risques d'exposition des populations.

Les résultats de l'analyse effectuée en réponse à cette demande sont présentés ci-après.

--0--0--0--

1. Etude de la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus de minerai d'uranium

Dans son examen des études effectuées par Areva en 2009 relatives à la démarche d'évaluation de la tenue à long terme des digues de rétention de stockage de résidus et transmises dans le cadre du précédent PNGMDR, l'IRSN estimait que la démarche mise en œuvre par Areva pour montrer la stabilité des digues, bien que pertinente, devait être complétée sur plusieurs points. En premier lieu, l'institut soulignait des exigences spécifiques devaient être définies pour la tenue à long terme des digues, tenant compte en particulier de niveaux de sollicitation (sismique notamment) supérieurs à ceux retenus pour des installations de durée de vie plus commune, mais également des dégradations des ouvrages résultant de l'arrêt de toute opération d'entretien et de surveillance des sites. L'IRSN

soulignait également la nécessité de compléter l'évaluation du risque de liquéfaction, d'étudier de manière plus systématique les phénomènes d'érosion interne des digues et de définir les événements pluvieux et de crues à envisager. L'ASN a demandé à la suite de cet examen à Areva de compléter son dossier sur ces différents points.

En réponse à cette demande, Areva a transmis deux notes relatives à l'évaluation de la tenue à long terme des digues dans le cadre du PNGMDR 2010-2012. La première consiste en une étude bibliographique présentant notamment une analyse des notions de long terme, des évolutions possibles des ouvrages et des sollicitations à prendre en compte. La seconde définit les exigences à retenir et donnant les résultats d'une première évaluation pour un jeu d'hypothèses génériques. Cette évaluation générique menée sur une « digue type » met en évidence la vulnérabilité des ouvrages pour les régimes hydrauliques extrêmes envisagés et les situations sismiques considérées. Sur la base de ce constat, Areva souligne la nécessité d'engager la vérification de certaines caractéristiques des digues et de leur comportement hydraulique pour les sollicitations extrêmes retenues.

L'IRSN considère que les nouveaux éléments transmis constituent une amélioration notable de la démarche d'évaluation retenue par Areva. L'institut relève, en particulier, qu'Areva :

- tient compte désormais explicitement de l'impact de l'arrêt de l'entretien des sites sur le colmatage des réseaux de drainage et sur l'évolution des conditions hydrauliques dans le corps des digues. Les situations défavorables susceptibles de résulter de ce scénario sont étudiées dans l'évaluation générique via la prise en compte d'un régime hydraulique critique ;
- a renforcé de manière significative le niveau d'aléa sismique qu'elle retient afin de tenir compte de la spécificité associée à la durée de vie des stockages de résidus. Les mouvements sismiques dérivés des méthodes applicables aux installations dites à risque spécial sont pour cela affectés d'une majoration. Selon Areva, la majoration retenue revient à considérer un aléa sismique de période de retour de 30 000 ans (contre 3 000 ans pour l'aléa retenu par la réglementation pour le dimensionnement des installations classées pour la protection de l'environnement) ;
- a rehaussé de 1 à 1,2 le facteur de sécurité retenu pour juger de la tenue des digues dans le cas de sollicitations extrêmes ;
- retient un spectre large-bande pour ce qui concerne le domaine de fréquences d'intérêt des ouvrages.

Parmi les autres avancées notables, l'IRSN note également l'intention d'Areva :

- de prendre en compte le risque d'érosion interne sur chacun des sites via l'évaluation du potentiel d'entraînement des particules fines et la définition des mesures nécessaires pour stabiliser ces particules à long terme ;
- d'engager une étude spécifique destinée à évaluer le risque de liquéfaction sur les sites sur lesquels ce risque sera jugé non nul ;
- de tenir compte des événements pluvieux extrêmes au travers de la définition de Pluies Maximales Probables (PMP).

Ces derniers risques n'ont toutefois pas été intégrés dans l'évaluation générique produite par Areva. Par ailleurs, l'IRSN note que l'exploitant ne présente aucune exigence de suivi et d'entretien des ouvrages et ne précise pas de quelle manière il prévoit de décliner ces exigences dans ses plans de surveillance et de maintenance préventive.

S'agissant de la définition de l'aléa sismique, l'IRSN considère que l'approche retenue est acceptable sous réserve que l'exploitant s'assure qu'elle reste conservatrice compte tenu des incertitudes associées à l'évaluation de l'aléa sismique pour les périodes longues de retour

considérées. A cet égard, l'IRSN estime que l'exploitant devrait compléter son évaluation par une étude de sensibilité de la stabilité des digues en fonction de la période de retour visée et du niveau d'aléa associé, cela dans l'objectif notamment de vérifier qu'en fonction du choix de ces paramètres, il n'apparaîtrait pas d'effet « seuil » (ou falaise) qui remettrait en question de manière significative l'analyse de la stabilité des digues.

Par ailleurs, compte tenu de la période de retour visée (30 000 ans selon l'exploitant), l'IRSN souligne que la présence de failles potentiellement actives dans l'environnement de certains sites doit faire l'objet d'une prise en compte spécifique. Pour mémoire, des failles dont l'activité pendant ou postérieurement au Pliocène est supposée ou avérée se situent dans l'environnement proche de certains sites. L'IRSN préconise donc qu'Areva complète sa démarche d'évaluation de l'aléa sismique en évaluant l'impact sur les sites des séismes maximaux physiquement possibles.

D'une manière générale, et sous réserve de la prise en compte des commentaires et recommandations précédents, l'IRSN considère que l'état de réflexion sur la démarche, les méthodes et la définition des niveaux d'exigence associées à l'évaluation de la tenue des digues est désormais suffisamment complet pour établir un document de doctrine sur ce sujet.

En complément du travail de formalisation d'éléments de doctrine, l'IRSN souligne la nécessité d'engager dès maintenant la constitution d'un dossier géotechnique (géologie, géotechnique, hydrogéologie) complet pour chaque site. Il devrait en particulier permettre d'apprécier de manière plus précise les vulnérabilités potentielles mises en évidence par l'évaluation générique produite par Areva. Ce dossier devrait également permettre à Areva de clairement expliciter les exigences retenues pour ce qui concerne la surveillance du bon fonctionnement des drains et des ouvrages annexes hydrauliques, des niveaux piézométriques au sein et autour des ouvrages, de l'état des ouvrages de protection des parements ou de confortement, de l'absence de cavités (anciennes galeries de mines...) non comblées sous les ouvrages ou encore de l'absence de signes d'érosion externe ou interne. Ce dossier constitue un élément indispensable pour initier le processus de revue de sûreté tel que demandé par l'ASN dans son avis du 25 août 2009. Cette revue, en lien avec le bilan décennal environnemental, doit permettre de dresser un constat de l'état physique des ouvrages et permettre à Areva d'indiquer et de réexaminer les parades et mesures compensatoires qu'il prévoit de mettre en œuvre en fonction de l'évolution des phénomènes susceptibles d'affecter le niveau de sûreté requis de chaque digue.

L'IRSN recommande la mise en place d'un groupe de travail destiné à élaborer la doctrine d'évaluation de la tenue à long terme des digues ceinturant les stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium à partir des éléments transmis par Areva.

L'IRSN recommande également qu'Areva définisse le plan d'action à mettre en œuvre, dans un premier temps, pour constituer les dossiers géotechniques associés à chaque digue et, dans un second temps, pour évaluer leur stabilité et déterminer la nécessité éventuelle de les renforcer. Le plan d'action précisera notamment le calendrier envisagé ainsi que la liste des sites jugés aujourd'hui prioritaires.

~~0~~~0~~~0~~

2. Performances des dispositifs de traitement des eaux et impacts chimique et radiologique

Areva a transmis trois documents présentant l'évaluation des pratiques actuelles de traitement des eaux issues des anciens sites miniers, l'état des recherches en matière de procédés alternatifs aux traitements physico-chimiques et les impacts radiologiques et chimiques sur l'homme et les écosystèmes aquatiques induits par les rejets.

En France, quatorze sites disposent de stations en fonctionnement pour le traitement des eaux en provenance d'anciennes mines ou de stockages de résidus. Parmi elles, dix utilisent un procédé physico-chimique de précipitation-décantation ; six dans le Limousin (Site industriel de Bessines, Bellezane, Le Fraisse, Augères, Silord, Le Bernardan), deux en Pays de la Loire (L'Ecarpière, La Baconnière), une en Rhône-Alpes (Les Bois Noirs) et une en Midi-Pyrénées (Bertholène). Seules quatre unités mettent en œuvre des traitements alternatifs ; deux en Languedoc-Roussillon (Lodève, Le Cellier), une en Auvergne (Cérilly) et une en Vendée (Beaurepaire). Ces quatre unités utilisent pour la première un procédé de traitement sur membranes échangeuses d'ions et pour les trois autres un procédé de traitement sur drains calcaires.

S'agissant de l'efficacité des traitements physico-chimiques, Areva en présente une évaluation sur sept des dix stations mettant en œuvre ce type de procédé (les six stations du Limousin et L'Ecarpière en Pays de la Loire). L'évaluation se base sur la comparaison des concentrations en entrée et en sortie des dispositifs, par le biais du calcul du rendement (rapport de la concentration dans le rejet et de la concentration en entrée de station). Ce rendement est calculé pour chaque année, de 2001 à 2010, en considérant les valeurs moyennes annuelles des concentrations. Les rejets d'éléments chimiques (Ba, Al) associés aux procédés de traitement sont également pris en compte dans la comparaison. Areva conclut de son évaluation que les traitements physico-chimiques actuels offrent des rendements très satisfaisants. L'exploitant indique également que la diminution des teneurs mesurées en amont des stations, constatée sur plusieurs sites, est telle que la poursuite de certains traitements ne serait plus strictement requise en application de la réglementation en vigueur.

En accord avec les conclusions exprimées par Areva dans son dossier, l'IRSN note que le suivi de la qualité des eaux en amont des stations de traitement montre d'une manière générale une tendance à la diminution des concentrations des substances polluantes. Cette tendance reste cependant très inégale selon la substance et le site considérés et aurait mérité d'être analysée plus en détail par Areva. L'IRSN rappelle que l'ASN a demandé dans son avis du 25 août 2009 qu'Areva élabore une modélisation géochimique permettant de simuler les perturbations envisageables et les évolutions du stockage à long terme et souligne que le choix d'une stratégie d'arrêt ou de poursuite des traitements sur le long terme nécessite au préalable de définir les scénarios d'évolution prévisible des caractéristiques des eaux collectées compte-tenu des processus géochimiques en jeu et des tendances observées.

L'IRSN note que les concentrations en radium 226 dissous et en uranium dissous dans les eaux rejetées sont actuellement conformes aux exigences réglementaires pour les sept stations de traitement physico-chimique étudiées par Areva. Comme le relève Areva, le respect de certaines exigences est dans certain cas obtenu avant mise en œuvre des traitements. L'IRSN considère toutefois que ce constat doit être considéré avec prudence. La décision de poursuivre ou de mettre fin à un traitement doit en effet être examinée au regard d'une évaluation de l'impact global des rejets sur le milieu récepteur, ainsi que développé plus loin.

En comparaison des bruits de fond usuellement rencontrés dans des eaux de surface, y compris dans les zones uranifères, l'IRSN souligne que les concentrations en uranium après traitement apparaissent notablement élevées (de l'ordre de 300 à 600 $\mu\text{g.L}^{-1}$) pour le Site Industriel de Bessines, le site de Bellezane et le site du Bernardan, même si elles restent inférieures à la limite de 1800 $\mu\text{g.L}^{-1}$ fixée par la RGIE.

L'IRSN note enfin que si les traitements physico-chimiques sont globalement efficaces, il existe des différences notables qui mériteraient d'être relevées et pris en compte par Areva pour l'élaboration de sa stratégie. L'IRSN relève ainsi que :

- le rendement obtenu pour l'uranium est significativement plus faible que celui obtenu pour le radium : le rendement pour le radium est ainsi le plus souvent compris entre 90 et 95%,

alors qu'il se situe généralement entre 40 et à 80% pour l'uranium, voire à des niveaux bien inférieurs pour certaines stations ;

- indépendamment de son efficacité, le traitement du radium conduit à des concentrations très variables en baryum dans les rejets. Ainsi, le traitement mis en œuvre sur le Site Industriel de Bessines et sur le site de l'Ecarpière conduit à un abaissement important des concentrations en radium (rendement compris entre 88 et 95% sur la période 2006-2010) et des concentrations faibles en baryum dans les eaux rejetées (de l'ordre de 30 à 90 $\mu\text{g.L}^{-1}$ sur la même période). Au contraire, le traitement mis en œuvre sur le site de Silord, conduit à des concentrations élevées en baryum dans les eaux rejetées (de 900 à 1700 $\mu\text{g.L}^{-1}$) malgré une efficacité raisonnable (rendement compris entre 76 et 88%). La station d'Augères est, quant à elle, caractérisée par une efficacité et des concentrations en baryum dans les rejets élevées.

S'agissant de l'état des lieux de ses études et recherches sur les procédés de traitement des eaux, Areva présente un bilan des connaissances sur les mécanismes physiques, chimiques ou biologiques en jeu et sur les performances des techniques de traitement. Les avantages et inconvénients et les besoins en matière de maintenance des différentes techniques sont discutés. Au travers de cet état des lieux, Areva souligne les difficultés et les limites des divers procédés envisagés. Les procédés alternatifs aux traitements physico-chimiques sont en particulier considérés comme difficilement adaptables aux variations de débits et de caractéristiques géochimiques des eaux. Deux techniques différentes - traitement par résines échangeuses d'ions et traitement sur drains calcaires - ont été toutefois déployées avec succès sur les sites de Lodève (34), du Cellier (48), de Cérilly (03) et de Beaurepaire (85). Areva signale également qu'aucun des procédés mis en œuvre ou étudiés ne permet de se dispenser totalement des contraintes de maintenance et de gestion des déchets induits. Il souligne toutefois que les traitements physico chimiques génèrent la production de volumes de boues particulièrement importants, ce qui constitue leur inconvénient principal.

L'IRSN note que l'état des lieux réalisé par Areva confirme qu'aucun des procédés de traitement envisageables ne constitue une solution « passive ». Quelle que soit la technique retenue, la nécessité de poursuivre un traitement s'accompagne inmanquablement d'une obligation de maintenance ; seules la nature et la fréquence de cette maintenance varient en fonction du choix retenu. L'IRSN souligne que ceci constitue une contrainte fondamentale pour la gestion à long terme des anciens sites miniers, ce qui renforce l'importance de connaître les perspectives d'amélioration naturelle dans le temps de la qualité des eaux, comme indiqué précédemment.

L'IRSN note également que le bilan produit par Areva mentionne les contraintes associées aux déchets générés par les différents procédés sans apporter de précision sur la nature et l'ampleur de ces contraintes. Les quantités de déchets produits et les filières disponibles pour les éliminer peuvent pourtant constituer un critère important du choix d'une technique de traitement des eaux. C'est le cas pour les procédés alternatifs en cours de développement mais également pour les traitements physico-chimiques actuellement mis en œuvre. **Il apparaît en conséquence nécessaire de préciser les quantités de boues et de déchets associées à l'exploitation de ses stations de traitement des eaux ainsi que leurs modalités d'élimination afin de définir les priorités pour le déploiement des solutions alternatives envisageables.**

S'agissant des impacts associés aux rejets, Areva a évalué les composantes radiologique et chimique de l'impact, en tenant compte des effets potentiels sur l'homme et l'environnement. Pour ce qui concerne l'impact radiologique sur l'environnement, Areva a utilisé l'outil ERICA¹ pour calculer les

¹ ERICA : Environmental Risk for Ionising Contaminants : Assessment and Management

indices de risque correspondant à l'exposition des écosystèmes aquatiques. Les indices de risque (l'indice de risque est calculé comme la somme des rapports de la dose interne reçue par chaque type d'organisme et de la dose considérée comme protectrice pour ces organismes (PNEDr)) calculés par Areva pour la composante radiologique des rejets sont tous inférieurs à 1. Pour ce qui concerne l'impact chimique sur l'environnement, l'évaluation effectuée par Areva s'est fixée pour objectif de fournir un premier état des lieux permettant de comparer les impacts chimiques de l'uranium, du baryum et de l'aluminium. Les éléments présentés s'appuient principalement sur le cas du Ritord, cours d'eau récepteur des rejets de la station d'Augères en Haute-Vienne. Areva indique que les concentrations ajoutées en baryum et en uranium sont supérieures aux valeurs de référence qu'elle retient pour juger de l'existence d'un impact possible sur les écosystèmes aquatiques. En l'absence de normes de qualité environnementales applicables, ces valeurs sont de $58 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour le baryum (valeur correspondant à la NOE norme de qualité environnementale provisoire définie pour cet élément) et de $5 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour l'uranium. Areva conclut à la nécessité de compléter son étude par l'examen de la biodisponibilité de ces éléments. Concernant l'aluminium, Areva indique que la littérature mentionne l'existence d'effets sur certains microorganismes à faible concentration. L'impact de cet élément n'est toutefois pas évalué de manière précise compte tenu, d'une part, du fond naturel élevé observé en Limousin et, d'autre part, de l'augmentation négligeable des concentrations de l'eau des cours d'eau récepteur imputable à l'ajout de sulfate d'alumine lors du traitement de l'uranium. Pour ce qui concerne l'évaluation de l'impact radiologique et chimique sur l'homme, Areva a utilisé respectivement sur la méthode proposée dans le guide méthodologique de gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives et sur celle recommandée par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS). Areva a réalisé des calculs d'impact radiologique en considérant cinq scénarios d'exposition à l'uranium 238 et au radium 226 (« incursion sur berge », « résidence », « maraîchage professionnel », « base de loisirs », « entretien des espaces verts »). Les qualités d'eau retenues pour l'étude correspondent à celles mesurées dans trois cours d'eau récepteurs des rejets de stations de traitement. Les caractéristiques des eaux prises en compte sont celles mesurées à l'amont et à l'aval des rejets ainsi que celles estimées à l'aval des rejets en supposant un arrêt du traitement. Les substances retenues par Areva pour évaluer l'impact chimique des rejets sur l'homme sont le baryum, l'aluminium et l'uranium. Les indices de risques ont été estimés pour un scénario considérant l'exposition d'individus utilisant l'eau de la rivière pour la boisson, l'abreuvement et l'irrigation d'un jardin potager. Avec les hypothèses de calcul considérées, les résultats montrent un risque toxique acceptable quel que soit le cours d'eau considéré et la substance. Pour ce qui concerne l'impact radiologique, les résultats des évaluations conduisent à des doses inférieures à 1 mSv.an^{-1} pour l'ensemble des situations envisagées à l'exception du scénario « résidence » dans le cas d'un arrêt du traitement des eaux pour lequel la dose calculée pour le Ritord atteint de $1,2$ à $5,2 \text{ mSv.an}^{-1}$ pour les enfants de différentes classes d'âge.

L'IRSN estime que les diverses évaluations d'impact menées par Areva apportent des enseignements importants pour apprécier les impacts associés aux différentes substances rejetées et ainsi définir les pistes d'optimisation à privilégier. L'IRSN constate en particulier la contribution prédominante de la composante chimique des rejets dans l'estimation de leur impact possible sur l'environnement. Cette contribution s'avère plus particulièrement notable pour l'uranium mais également pour le baryum ajouté aux rejets par le traitement. Les résultats obtenus pour ces deux éléments conduisent Areva à confirmer un effet potentiel sur les écosystèmes aquatiques des cours d'eau récepteurs. S'agissant de l'Aluminium, Areva conclut à l'absence d'incidence de l'utilisation de sulfate d'alumine dans les stations de traitement sur l'environnement. Sur ce point, l'IRSN estime que les données concernant la teneur en aluminium dans Le Ritord sont trop peu nombreuses pour accréditer cette conclusion. Les impacts associés à la composante radiologique des rejets, contribution du radium 226 comprise,

restent dans tous les cas faibles. Alors que les normes réglementaires actuelles conduisent à focaliser l'attention sur l'abaissement des concentrations en radium 226, il est notable de constater que la prise en compte des impacts chimiques et radiologiques sur l'homme et l'environnement tend aujourd'hui au contraire à privilégier la recherche de solutions limitant les rejets d'uranium et de baryum. Indépendamment de l'évolution des exigences réglementaires susceptibles d'intervenir dans le futur, l'IRSN considère nécessaire qu'Areva réexamine la stratégie d'optimisation de la qualité des rejets sur ses différents sites en tenant compte non seulement de l'efficacité des techniques de traitement vis-à-vis du respect des exigences réglementaires mais également de l'impact global des eaux rejetées, en intégrant la contribution des réactifs chimiques ajoutés par les traitements.

L'IRSN recommande en conséquence qu'Areva poursuive et approfondisse la démarche qu'il a engagée sur l'ensemble des stations de traitement de manière à définir et justifier la stratégie qu'il retient pour l'évolution, l'arrêt ou le maintien du traitement des eaux collectées sur les anciens sites miniers relevant de sa responsabilité. La stratégie retenue devrait en particulier être justifiée au regard :

- des évolutions naturelles de la qualité des eaux envisageables sur chacun des sites compte tenu des mécanismes géochimiques en jeu et des tendances observées à ce jour ;
- de l'objectif de réduction de l'impact global des rejets sur l'homme et l'environnement. L'impact chimique associé aux différentes substances rejetées, y compris celles liées aux procédés de traitement des eaux, sera en particulier pris en compte ;
- des contraintes de maintenance et de gestion des déchets associées aux divers procédés envisageables.

--0--0--0--

3. Impact dosimétrique des sites de stockage de résidus de traitement de minerais d'uranium

En complément des dossiers expertisés en 2009 relatifs à la méthodologie d'évaluation de l'impact dosimétrique des sites de stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium et à son application sur neuf de ces sites, Areva a transmis en 2012 trois études complémentaires respectivement consacrées à une comparaison des résultats de modélisation aux mesures issues de la surveillance, à une évolution des hypothèses retenues pour la modélisation de l'entrée du radon dans un bâtiment et enfin à une comparaison entre le code de transfert atmosphérique du radon utilisé par Areva et un code couramment utilisé au niveau international.

L'IRSN note que les deux premières études s'inscrivent dans la suite directe de deux recommandations formulées par l'ASN dans son avis du 25 août 2009.

S'agissant de la confrontation entre modélisation et surveillance, l'étude transmise par Areva porte sur la comparaison entre les résultats des calculs présentés dans le dossier de 2009 et les résultats du suivi environnemental exercé par Areva autour des sites de stockages de résidus. Les paramètres sur lesquels Areva a choisi de faire porter la comparaison sont l'énergie alpha-potentielle volumique (EAPv), le débit de dose gamma, l'activité volumique des poussières dans l'air et le flux surfacique d'exhalation du radon. Pour les trois premiers paramètres, les points de mesure retenus correspondent à la localisation actuelle des groupes de référence utilisés pour les calculs de dose ajoutée dans le cadre du suivi réglementaire des sites. Areva conclut de la comparaison, d'une part que les choix de modélisation qu'il a retenus conduisent généralement à une surestimation des expositions et sont donc conservatifs, d'autre part que les différentes contributions mesurées aux

points de surveillance ont une origine majoritairement naturelle, les mesures de surveillance traduisant essentiellement la variabilité du bruit de fond naturel.

L'IRSN rappelle que l'exploitation des résultats issus de la surveillance des sites pose une difficulté particulière liée aux influences multiples qu'ils traduisent, et estime qu'il aurait été opportun de focaliser la comparaison sur les paramètres et les points de mesure potentiellement les plus instructifs. Ainsi, l'IRSN note que la démarche d'Areva repose sur les mesures effectuées, pour l'essentiel, à des distances généralement comprises entre 500 m et plus de 2 000 m des stockages, alors qu'il aurait été pertinent d'inclure dans la comparaison des mesures relevées depuis des stations plus proches des stockages, voire au droit même de ceux-ci.

Au-delà de l'intérêt de la comparaison avec les résultats de modélisation, l'IRSN note que quelques anomalies de débit de dose mises en évidence par Areva mériteraient d'être discutées dans le cadre de l'interprétation des données de surveillance. Cette remarque concerne notamment les points « La Charpraie » près du site de l'Ecarpière, « La Scierie » près de celui des Bois Noirs ou « Camping » près de celui de Saint Pierre pour lesquels le débit de dose mesuré excède de 50 à 100% le bruit de fond estimé par Areva. Si la variabilité du fond naturel peut être mise en cause, elle n'est pas forcément le seul élément d'interprétation à invoquer et il conviendrait de s'interroger sur la présence, à proximité des stations de surveillance concernées, de sources d'exposition autres que le stockage lui-même. Les sources secondaires à envisager sont notamment les verses à stériles, les marquages ponctuels non traités lors du réaménagement des sites ou les marquages liés à l'utilisation de matériaux miniers (stériles en particulier) dans le domaine public.

Pour ce qui concerne le radon, l'IRSN relève plusieurs résultats notables de la comparaison effectuée par Areva. L'IRSN note en premier lieu la remarquable cohérence entre les mesures d'EAP ajoutée au bruit de fond local et les résultats de calculs obtenus pour les sites de Gueugnon et du SIB. Sur les sites concernés, la modélisation montre qu'il est pertinent de considérer le stockage de résidus comme responsable d'au moins une partie de l'augmentation d'EAP mise en évidence par la surveillance. Dans le cas de l'Ecarpière, la surestimation significative des résultats de calcul peut par ailleurs être mise en lien avec la surestimation importante des flux de radon. Ce constat incite à s'interroger sur les caractéristiques réelles de la couverture de ce stockage, celle-ci semblant finalement être plus efficace qu'escomptée au vu des résultats de la comparaison. Dans le cas du site des Bois Noirs enfin, l'IRSN note l'élévation notable des valeurs d'EAP (110 et 95 nJ.m³ pour un bruit de fond estimé à 34 nJ.m³) relevées par Areva au niveau du Moulin Thiénon et du moulin Saint Pierre. Compte tenu des distances concernées (925 m et plus de 2 km), l'influence directe du stockage peut être raisonnablement exclue. De la même manière que dans le cas des anomalies de débit de dose, il conviendrait de vérifier si cette élévation notable ne peut être au moins partiellement imputable à la présence de stériles ou autres sources secondaires liées à l'activité minière.

S'agissant de la modélisation de l'entrée du radon dans un bâtiment, l'étude transmise par Areva présente l'influence du phénomène d'advection sur les résultats du calcul de dose ajoutée pour le scénario de résidence sur le stockage et d'en apprécier l'importance relative par rapport au phénomène de diffusion. Areva conclut de son étude que la modification des hypothèses de modélisation pour tenir compte du phénomène d'advection conduit à doubler la dose précédemment calculée. L'analyse de sensibilité effectuée sur certains paramètres conduit par ailleurs Areva à souligner l'influence prépondérante de la perméabilité du sol sous-jacent au bâtiment. Pour la valeur la plus pénalisante retenue pour la perméabilité du sol, l'augmentation atteint un facteur 80.

Du point de vue de l'IRSN, l'évolution apportée par Areva à sa modélisation du radon constitue une amélioration importante. Les premières estimations confirment l'influence forte du phénomène d'advection sur les résultats de calcul et conduisent à une réévaluation significative à la hausse de l'exposition par inhalation du radon dans un local fermé construit sur des résidus (ou des stériles).

Toutefois, afin de mieux apprécier la cohérence de ces évaluations génériques avec des observations effectuées dans des situations comparables, il conviendrait que les données de calcul intermédiaires relatives aux activités volumiques de radon calculées à l'intérieur des bâtiments soient précisées.

S'agissant de la modélisation de la dispersion atmosphérique du radon, l'étude produite par Areva présente une comparaison entre le code utilisé par Areva - le code COMODORE - et le code de référence de dispersion atmosphérique ADMS couramment utilisé au niveau international. La comparaison consiste en la réalisation d'un calcul de dispersion d'un rejet de produits radioactifs depuis la cheminée d'une installation nucléaire à l'aide des deux codes. Constatant que les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur, Areva conclut à la validité du code COMODORE.

L'IRSN constate que la comparaison effectuée par AREVA pour valider le choix du code COMODORE porte sur une configuration - un rejet ponctuel en hauteur depuis une cheminée - sensiblement différente de celle étudiée dans le cadre de l'évaluation de l'impact à long terme des stockages de résidus. Elle ne permet de ce fait pas d'évaluer la capacité du code utilisé par Areva à représenter les phénomènes plus particulièrement importants dans ce contexte, tels que l'émission d'une source surfacique (plutôt que ponctuelle) ou la réflexion du panache sur le sol.

L'IRSN recommande qu'Areva poursuive et généralise la démarche de comparaison entre données de terrain et résultats de modélisation, dans l'objectif d'améliorer la pertinence et l'utilité de son dispositif de suivi des sites et de renforcer la confiance dans ses résultats de calcul. L'IRSN souligne de ce point de vue l'intérêt d'étendre la comparaison, d'une part, aux données de surveillance acquises au plus près des stockages, d'autre part, à des situations s'apparentant aux scénarios retenus dans les évaluations d'impact à long terme.

--0--0--0--

4. Impact dosimétrique associé à la présence de stériles miniers dans le domaine public ou au niveau de verses

Les deux derniers documents remis par Areva en application du PNGMDR 2010-2012 concernent respectivement, l'évaluation de l'impact dosimétrique lié à l'utilisation de stériles miniers dans le domaine public et l'évaluation de l'impact dosimétrique associé à la présence d'une verse à stériles.

S'agissant de l'utilisation de stériles dans le domaine public, l'IRSN rappelle qu'Areva avait en 2008 évalué l'impact radiologique associé à des situations hypothétiques d'exposition de populations à des stériles miniers afin d'apprécier les enjeux sanitaires liés à l'utilisation de ces matériaux dans le domaine public. Les quatre types de situations qui avaient été retenues correspondaient à la présence de stériles en soubassement d'un chemin, d'une cour de ferme, d'une cour d'école et d'une plateforme d'entreprise.

Lors de l'examen de la démarche retenue par Areva, l'IRSN constatait que les éléments produits par Areva confirmaient que la plupart des situations envisageables conduisait à des doses faibles dès lors que les stériles concernés présentent des teneurs en uranium inférieures à 100 ppm, valeur maximale retenue par Areva dans ses évaluations. L'IRSN exprimait toutefois deux réserves principales quant à la démarche adoptée. La première réserve concernait la sous-évaluation notoire des expositions liées à l'inhalation de radon pour des scénarios impliquant la fréquentation d'un local fermé construit sur les stériles. La seconde réserve visait la limitation à 100 ppm des teneurs considérées pour les stériles et l'absence de prise en compte d'anomalies radiométriques représentatives de celles relevées dans plusieurs cas répertoriés autour d'anciens sites miniers. En conclusion, l'institut considérait que les évaluations théoriques effectuées par Areva ne pouvaient pas se substituer aux actions concrètes d'identification et de caractérisation des lieux de réutilisation de stériles.

A cet égard, il est à noter qu'Areva a engagé une action de recensement des lieux d'utilisation de stériles dans le domaine public conformément à la circulaire du ministère du développement durable et de l'ASN en date du 22 juillet 2009. Cette action de recensement comprend en pratique trois phases successives : une phase de repérage par spectrométrie hélicoptérée, une phase d'exploitation des données issues de ce repérage hélicoptéré et d'investigation approfondie, au sol, des zones identifiées et enfin une phase de mise en œuvre d'actions correctives sur les zones d'utilisation pour lesquelles il existerait une incompatibilité entre l'usage et les niveaux d'exposition à la radioactivité. A la demande de l'ASN, l'IRSN a examiné en 2011 la méthode retenue par Areva pour déterminer les zones d'utilisation de stériles et décider si les situations identifiées nécessitent des actions correctives. Cette méthode repose sur l'évaluation des doses efficaces ajoutées associées à des scénarios génériques d'exposition. Les scénarios concernés, au nombre de sept, distinguent des situations d'exposition dans des lieux intérieurs (« habitation », « entreprise ») et des situations d'exposition dans des lieux extérieurs (« route ou chemin », « cour d'habitation », « cour de ferme », « zone de loisirs », « zone publique » (telle que parking)). A l'issue de son examen, l'IRSN estimait que la démarche retenue par Areva était globalement pertinente et adaptée à la démarche de recensement à grande échelle. Plusieurs points étaient toutefois identifiés comme nécessitant des modifications et précisions, en particulier la possibilité de cumul de plusieurs usages sur une même zone, la gestion des zones d'extension réduite mais présentant des débits de dose élevés ou sur lesquelles des usages sensibles étaient identifiés, le dépistage du radon dans les bâtiments et la conservation ainsi que la diffusion des informations collectées.

La principale évolution introduite par Areva dans le document relatif à l'utilisation de stériles miniers dans le domaine public et transmis en application du PNGMDR 2010-2012 concerne les modalités de calcul des concentrations du radon à l'intérieur du local fermé supposé bâti sur les stériles pour le scénario « plateforme d'entreprise ». Cette évolution, identique à celle introduite dans la méthode d'évaluation de l'impact dosimétrique à long terme des stockages de résidus (*cf. supra*), conduit à une réévaluation significative à la hausse de l'exposition par inhalation du radon. Comme déjà indiqué, les nouveaux résultats obtenus reflètent de manière plus satisfaisante les expositions susceptibles d'être reçues. L'IRSN estime toutefois que la gestion des risques liés à l'utilisation de stériles dans le domaine public doit privilégier la mise en œuvre d'actions d'identification et de caractérisation de terrain par rapport à la réalisation d'évaluations théoriques conduites sur la base de situations génériques. A cet égard, la nouvelle démarche mise en œuvre par Areva doit se poursuivre en tenant compte des remarques identifiées lors de l'examen précité de cette démarche.

En outre, l'IRSN recommande qu'Areva transmette le bilan de la campagne de recensement des lieux d'utilisation de stériles dans le domaine public. Ce bilan devra notamment conduire, à partir des observations effectuées, à confirmer ou le cas échéant redéfinir les scénarios d'exposition qu'il est pertinent de prendre en compte pour évaluer l'impact associé à la présence de stériles sur la base des gammes de teneur et d'exposition effectivement rencontrées.

S'agissant de l'impact dosimétrique associé à la présence d'une verse à stériles, l'évaluation présentée par Areva constitue une transposition de la méthodologie d'évaluation de l'impact radiologique à long terme des stockages de résidus de traitement du minerai d'uranium.

Quatre scénarii sont étudiés par Areva : le scénario de référence, correspondant à la situation qualifiée d'évolution normale par Areva, et trois scénarios altérés. La situation d'évolution normale est définie en distinguant une phase de surveillance « opérationnelle », une phase de surveillance « garantie » et une phase de surveillance « non garantie ». Lors des deux premières phases, les groupes de référence pris en compte correspondent aux populations vivant à proximité de la verse (une distance de 1 km est retenue dans les calculs) et aux personnes chargées de l'entretien du site

ou se promenant sur celui-ci. Pour la phase de surveillance non garantie, l'évaluation prend également en compte l'implantation d'activités de bureau, d'une école ou d'une base de loisirs sur la verse elle-même. Les trois scénarios altérés considèrent en complément le cas d'une résidence sur la verse, d'un chantier de terrassement d'une route au travers de celle-ci et d'une activité de jeux d'enfants sur les stériles.

Les évaluations sont effectuées en considérant trois teneurs en uranium différentes pour les stériles : 30 ppm, 60 ppm et 100 ppm. Pour ces teneurs, les doses calculées par Areva restent inférieures à 1 mSv.an⁻¹ quel que soit le scénario et le groupe retenu. Elles sont ainsi de l'ordre de quelques centièmes de mSv.an⁻¹ pour les groupes de référence vivant à proximité des verses et atteignent un maximum de 0,77 mSv.an⁻¹ en phase de surveillance non garantie, pour le scénario de résidence sur la verse.

L'IRSN relève que la distinction introduite entre des phases de surveillance opérationnelle, garantie et non garantie ne correspond à aucune réalité concrète dans le cas des verses à stériles. Contrairement aux stockages de résidus, qui font l'objet de dispositions particulières en matière de surveillance et de restrictions d'usage en tant qu'installations classées pour la protection de l'environnement, les verses à stériles ne bénéficient d'aucun statut réglementaire particulier. Nombreuses d'entre elles se situent d'ores et déjà sur des terrains restitués à des particuliers ou des entités publiques ou privées et font désormais l'objet d'un usage libre et non contrôlé. Par ailleurs, l'IRSN observe que la démarche adoptée par Areva s'appuie sur des hypothèses similaires à celles adoptées pour l'évaluation de l'impact dosimétrique à long terme des stockages de résidus et pour l'évaluation de l'impact dosimétrique lié à l'utilisation de stériles dans le domaine public. Ainsi que déjà indiqué lors des examens précédents, l'IRSN constate que l'évaluation présentée ne tient pas compte de la nécessité:

- de définir le jeu de scénarios retenus en considérant l'ensemble des situations existantes sur les sites ; de la même manière que pour l'utilisation de stériles, l'IRSN considère que la connaissance des sites permet aujourd'hui de disposer d'un retour d'expérience important quant aux usages susceptibles de se développer sur ou autour des verses. Ce retour d'expérience doit être exploité pour définir et valider la démarche d'évaluation ;
- de réviser les teneurs des stériles en uranium retenues : l'IRSN considère en effet que la limite fixée à 100 ppm ne permet pas de couvrir la diversité des situations observées sur les sites ;
- de revoir les modalités de calcul retenues pour le transfert et l'accumulation du radon dans des locaux fermés. L'IRSN observe qu'Areva n'a pas pris en compte dans l'étude d'impact transmises les améliorations apportées à la modélisation des transferts de radon dans l'habitat évoquées précédemment. En conséquence, les résultats d'impact sous-évaluent l'exposition des personnes pour les scénarios impliquant la construction d'un bâtiment sur la verse à stériles.

L'IRSN considère ainsi que l'évaluation de l'impact dosimétrique associé à la présence de verses à stériles effectuée par Areva ne couvre pas la gamme des expositions susceptibles d'être reçues, aujourd'hui et dans l'avenir, du fait des verses à stériles présentes sur les différents anciens sites miniers. L'IRSN considère important qu'Areva fonde sa démarche de gestion des risques associés aux stériles sur l'exploitation la plus approfondie possible des diverses situations rencontrées sur et autour des anciens sites miniers.

A cet égard, l'IRSN recommande qu'Areva exploite la connaissance des sites dont il dispose aujourd'hui, notamment au travers des bilans environnementaux prévus par la circulaire du 22 juillet 2009, pour identifier la présence de versées à stériles et préciser, sur la base des divers cas d'utilisation ou de réaménagement de sites conduisant à une exposition des populations qui seraient répertoriés, les niveaux d'exposition possibles pour les différentes teneurs en uranium des versées recensées (notamment celles présentant des teneurs supérieures à 100 ppm). Cette identification pourra en particulier tenir compte des anomalies mises en évidence sur les plans compteurs disponibles sur les divers sites ainsi que des cartes issues des mesures spectrométriques effectuées lors des survol aériens.