



**Avis n° 2009- AV-0075 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 25 août 2009
sur les études remises en application du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008
en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des
déchets radioactifs 2010-2012**

L'Autorité de sûreté nucléaire,

Vu la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire,

Vu la loi n°2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs,

Vu le décret n°2008-357 du 16 avril 2008 pris pour l'application de l'article L.542-1-2 du code de l'environnement et fixant les prescriptions relatives au Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs,

Vu le courrier du 16 février 2009 du ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire sollicitant l'avis de l'Autorité de sûreté nucléaire sur les études remises en application des articles 7, 8, 9, 10 et 13 du décret du 16 avril 2008 susvisé ;

Vu les avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire référencés DSU/2009-65 du 29 mai 2009 et IRSN/DIR/2009-388 du 12 juin 2009,

porte le jugement global suivant :

1. Etude du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) sur les solutions d'entreposage de déchets contaminés par du tritium, déjà produits et à venir, et non susceptibles d'être stockés directement dans les centres de stockage de l'ANDRA : l'ASN estime que la création de nouveaux entreposages sur une durée suffisamment longue apporte une solution concrète assurant la sûreté à court et moyen terme de la gestion des déchets tritiés dans l'attente de la mise en place de filières d'élimination définitives ; l'ASN estime toutefois que des compléments d'études sont nécessaires en ce qui concerne la gestion des déchets tritiés du nucléaire diffus.
2. Etudes de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) sur la gestion des sources radioactives scellées usagées et la possibilité de stocker d'autres types de déchets de faible activité à vie longue avec les déchets de graphite et radifères : l'ASN estime que l'inventaire des sources scellées usagées réalisé par l'Andra est pertinent et permet d'orienter les sources considérées vers les différentes filières de stockage possibles et considère que l'étude présentée par l'Andra fixe un premier schéma directeur d'orientation et d'élimination des sources scellées usagées dont l'optimisation doit être poursuivie.
3. Etudes sur les procédés de valorisation des matières radioactives sans emploi actuel (étude conjointe EDF-AREVA-CEA et étude de la société RHODIA) : l'ASN considère que le retour d'expérience disponible confirme le caractère valorisable des matières produites par la filière « uranium » et la filière « plutonium » ; par ailleurs, l'ASN constate qu'aujourd'hui il n'existe pas de filière opérationnelle de valorisation des matières thorifères et émet de fortes réserves quant au développement à court ou moyen terme d'une telle filière dont l'intérêt industriel, par rapport aux filières dont la maîtrise technique est beaucoup plus avancée, reste à démontrer.
4. Etude d'AREVA concernant l'impact à long terme sur la santé et sur l'environnement des stockages de résidus miniers issus des anciennes installations d'extraction et de traitement de minerais d'uranium : l'ASN considère que l'étude rendue par AREVA constitue un jalon déterminant dans la démarche de vérification de sûreté des stockages de résidus de minerais d'uranium même si des analyses complémentaires sont nécessaires afin de rendre plus robuste la démonstration de la sûreté à long terme de ces stockages ; par ailleurs, l'ASN estime que des dispositions devront être intégrées dans la mise à jour du PNGMDR sur l'amélioration de la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la gestion des stériles.

et présente les appréciations et recommandations détaillées suivantes :

I. Déchets tritiés sans filière : étude du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) sur les solutions d'entreposage de déchets contaminés par du tritium, déjà produits et à venir, et non susceptibles d'être stockés directement dans les centres de stockage de l'ANDRA du 23 décembre 2008

La majorité des déchets tritiés sans filière sont des déchets d'exploitation et de démantèlement entreposés actuellement sur les sites de Valduc et de Marcoule. Ils proviennent à 98% des activités de la Direction des Applications militaires du CEA et pour le reste, des activités civiles du CEA et du secteur du nucléaire diffus (déchets provenant des hôpitaux, des industries pharmaceutiques, aéronautique, du secteur de la recherche et de la Défense nationale). Ils représentent aujourd'hui environ 3 500 m³ correspondant à un inventaire radiologique en tritium estimé à 4 500 TBq.

Le CEA a remis dans le cadre de l'application de l'article 9 du décret n°2008-357 du 16 avril 2008 susvisé, un dossier d'orientation pour l'entreposage des déchets tritiés sans filière. Le projet présenté par le CEA concerne l'ensemble des déchets tritiés solides déjà produits et à produire jusqu'à l'horizon 2060. Les flux de production à venir prennent en compte l'exploitation des installations et des démantèlements à venir pour les centres du CEA, les futurs déchets de l'installation ITER (exploitation et démantèlement) qui représenteront à terme la majorité des déchets tritiés et les flux du secteur du nucléaire diffus. Cet inventaire atteindrait à l'horizon 2060 un volume de déchets tritiés de 30 000 m³ correspondant à un inventaire radiologique en tritium estimé à 35 000 TBq. Six grandes catégories de déchets sans exutoire ont été déterminées en fonction de leur inventaire en tritium (tritium pur ou associé à d'autres radionucléides irradiants, ou avec de l'uranium) et de leur taux de dégazage. A chacune d'elles, est associé un concept d'entreposage, l'objectif visé étant de permettre un entreposage sûr des déchets tritiés pendant une période de cinquante ans pour permettre la décroissance de l'activité des colis préalablement à leur prise en charge dans des centres de stockage de l'Andra. Cette durée permet de mettre en œuvre des solutions techniques industrielles connues à ce jour et de bénéficier du retour d'expérience d'installations d'entreposage conçues pour une durée de vie équivalente.

Appréciation

L'ASN estime que la création de nouveaux entreposages sur une durée suffisamment longue apporte une solution concrète assurant la sûreté à court et moyen termes de la gestion des déchets tritiés dans l'attente de la mise en place de filières d'élimination définitives, compte tenu de la saturation à l'horizon 2012 des installations d'entreposage actuelles dont certaines nécessitent par ailleurs des actions de mise à niveau pour répondre aux exigences de sûreté.

A l'issue de cette première période, l'entreposage pourrait soit être éventuellement reconduit dans l'entrepôt initial pour prolonger la décroissance, soit dirigé dans un autre entrepôt qui correspondra aux exigences de sûreté de l'époque soit dirigé vers un futur exutoire de l'ANDRA. Passé le délai de cinquante ans, la capacité radiologique du centre de stockage de déchets de faible et moyenne activité à vie courte (CSFMA à Soulaïnes) ou d'un autre centre futur de capacité similaire risque toutefois d'être insuffisante pour accueillir l'ensemble des déchets entreposés, d'autant plus qu'il existe une incertitude sur les quantités effectives de déchets tritiés que produiront ITER et le démantèlement des installations du CEA.

Recommandation n°1

L'ASN recommande que le CEA développe une démarche de précaution et anticipe sur les besoins en capacité d'entreposage de déchets tritiés, en examinant les solutions de repli possibles si les stockages devant les recevoir après les cinquante ans d'entreposage s'avéraient insuffisants du point de vue de la capacité radiologique et volumique. A cet effet, l'ASN estime que le CEA devra, pour la fin 2011 :

- évaluer la capacité supplémentaire nécessaire pour entreposer les déchets tritiés concernés sur une durée de l'ordre du siècle, après consolidation des données relatives au fonctionnement et au devenir des installations productrices de déchets tritiés ;
- examiner l'incidence de l'augmentation de la durée d'entreposage sur la conception des installations.

En fonction des différentes catégories de déchets (déchet en stock déjà conditionnés ou à produire, déchets irradiants ou non, ...), plusieurs colisages seront nécessaires. Le dossier d'orientation examiné ne présente pas de dispositions en matière de reprise des déchets ; les critères de conception liés à la maintenance de l'entreposage (interventions sur les colis et équipements, maintien en état des barrières de confinement...) ne sont pas précisés.

Recommandation n°2

L'ASN estime nécessaire que les grands principes concernant la reprise des colis de déchets tritiés dans les entreposages de décroissance, dans des conditions de sûreté satisfaisantes, soient connus le plus tôt possible, la possibilité de reprendre à tout moment, dans des conditions de sûreté satisfaisantes, les colis de déchets entreposés étant l'un des fondements de la conception des installations d'entreposage. L'ASN estime que le CEA devra compléter son dossier sur ce point pour fin 2011.

Eu égard à la difficulté de confiner le tritium, les nouveaux entreposages vont contribuer à accroître les rejets de tritium de façon significative pour certaines installations.

Recommandation n°3

L'ASN recommande que le CEA examine la faisabilité de réduire autant que possible les rejets de tritium pour les entreposages de déchets dont les rejets sont les plus importants, notamment en :

- évaluant le bénéfice d'un traitement amont permettant de réduire le dégazage des déchets entreposés (ex : fusion pour les déchets métalliques) ;
- étudiant la faisabilité et l'opportunité de mettre en œuvre des unités de détritiation, en particulier pour l'entreposage des déchets tritiés purs dégazants.

Il existe de larges incertitudes sur la quantité de déchets susceptibles d'être produits dans le secteur du nucléaire diffus, aux activités très variées. Par ailleurs, les modalités de gestion des déchets tritiés provenant des producteurs du nucléaire diffus sont variables et parfois inappropriées. Enfin, pour les déchets tritiés liquides et gazeux actuellement sans filière d'élimination et qui ne sont pas couverts dans le champ de l'étude remise par le CEA, l'ASN estime que la mise en place de traitements spécifiques pour leur élimination est à prévoir à courte échéance.

Recommandation n°4

L'ASN recommande que l'Andra, en lien avec le CEA et les détenteurs concernés :

- établisse, pour fin 2011, un inventaire des déchets tritiés du nucléaire diffus, en prenant notamment en compte les objets radioactifs présents dans les équipements civils (aéronautique, chemins de fer, ...) et de la défense ;
- propose, d'ici fin 2010, les modalités de prise en charge des déchets tritiés du nucléaire diffus dans des entreposages de décroissance ;
- remette pour fin 2011 une étude précisant les traitements spécifiques à mettre en place pour l'élimination des déchets tritiés sous forme liquide et sous forme gazeuse actuellement sans filière.

Des observations plus détaillées sur l'étude remise par le CEA sont indiquées en annexe 1.

II. Etudes de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) sur la gestion des sources radioactives scellées usagées et la possibilité de stocker d'autres types de déchets de faible activité à vie longue avec les déchets de graphite et radifères du 24 décembre 2008 ;

Le stockage des sources scellées usagées

L'Andra estime à environ deux millions le nombre de sources scellées usagées, actuellement entreposées, qui devront faire l'objet d'une élimination dans des filières de stockage appropriées. Conformément au décret du 16 avril 2008 susvisé, l'Andra a élaboré un inventaire des sources scellées usagées et a proposé des critères d'orientation de ces sources dans les différentes filières de stockage.

L'Andra retient que les sources d'activité très faible (activité inférieure à 1Bq) pourraient être stockées dans le centre de stockage de déchets de très faible activité de Morvilliers (CSTFA). Les sources d'activité plus élevée continueraient à être orientées vers le CSFMA de Soullaines si la période des radionucléides qu'elles contiennent est inférieure ou égale à 30 ans (sources dont la période est inférieure ou égale à celle du Césium 137) et leur activité inférieure à une limite donnée (Limite d'Activité par sources, ou LAS, qui est une valeur dérivée d'une analyse des expositions susceptibles d'être délivrées notamment en cas de récupération fortuite d'une source par une personne du public). Les sources plus actives ou de période plus élevée seraient orientées vers les futurs centres de stockage de déchets de faible activité et à vie longue (FAVL) ou de moyenne et haute activité et à vie longue (MA-HA VL) selon des critères d'activité, de dimension et de dégagement thermique des sources ou des colis qui les contiennent. Enfin, l'Andra présente succinctement des filières alternatives à celles précitées ou des procédés complémentaires permettant d'optimiser la gestion de certaines sources (procédé de compactage pour les têtes de paratonnerres au radium 226, destruction mécanique ou chimique, regroupement de sources compactées avec des déchets radioactifs) ainsi que divers objets et déchets susceptibles d'être stockés dans un centre de stockage FAVL. Pour les possibilités de stockage dans la filière FAVL, les deux options envisagées (stockage sous couverture remaniée et stockage sous couverture intacte) ont été étudiées.

Appréciation

L'ASN estime que l'inventaire des sources scellées usagées réalisé par l'Andra est pertinent et permet d'orienter les sources considérées vers les différentes filières de stockage possibles. Cet inventaire des sources à stocker devra toutefois être périodiquement réévalué mais il est peu probable que les incertitudes qui pèsent sur l'inventaire réalisé remettent en cause la capacité d'accueil des sources dans les différentes filières de stockage envisagées.

Recommandation n°5

L'ASN recommande que l'inventaire détaillé des sources scellées usagées établi par l'ANDRA soit systématiquement mis à jour avec les sources scellées françaises lorsqu'elles sont déclarées usagées à l'IRSN qui a la charge de l'inventaire des sources scellées. L'ASN suggère que les modalités de mise en œuvre de cette disposition soient étudiées par l'Andra et l'IRSN d'ici fin 2011.

L'ASN considère que la gestion des sources scellées usagées doit tenir compte en particulier de leur activité et de leur volume et être telle qu'elle préserve, pour chaque type de stockage, la capacité radiologique qui permet l'élimination des déchets pour lesquels ces stockages sont plus spécifiquement conçus.

Recommandation n°6

L'étude de l'Andra ne présente que partiellement l'estimation globale des activités et volumes des sources scellées qui seraient orientées vers chacun des stockages envisagés. L'ASN recommande que l'Andra complète son inventaire sur ces valeurs.

Appréciation

S'agissant de l'orientation des sources scellées usagées dans les différentes filières de stockage, l'ASN estime que les critères retenus à cet effet (état physique de la source, période du radionucléide, activité de la source et sa dimension, activité du colis de stockage et puissance thermique du colis de stockage) permettent une vision globale de la gestion des diverses sources, de leur reprise ou leur collecte jusqu'à leur stockage, **que ces critères de gestion peuvent servir de base pour l'orientation d'une source scellée usagée vers une filière d'élimination et que l'étude présentée par l'Andra fixe un premier schéma directeur d'orientation et d'élimination des sources scellées usagées.**

Concernant la méthode d'identification des filières, l'ASN estime en particulier acceptable le principe de destiner au centre de stockage accueillant les déchets très faiblement radioactifs (CSTFA de Morvilliers) des sources de très faible activité et de réserver la filière du stockage géologique profond ou du stockage FAVL aux sources à vie longue et d'activité élevée, compte tenu des critères retenus par l'Andra.

L'ASN estime par ailleurs que le stockage des sources scellées usagées dans des installations permettant de les protéger des intrusions humaines banales pendant le temps nécessaire à ce qu'elles ne présentent plus de risque radiologique significatif doit être retenu comme principe directeur pour leur élimination. Ainsi, même si des marges ont été prises par l'Andra pour tenir compte des incertitudes qui affectent la détermination des LAS, les centres de surface ou de subsurface à une profondeur de l'ordre de 15 mètres restent peu robustes face aux risques d'intrusion à long terme et ne devraient pas accueillir des sources dont l'activité résiduelle reste significative après quelques centaines d'années sauf si cette solution procure un bénéfice certain pour la sûreté de leur gestion globale. En tout état de cause, compte-tenu du faible volume que représentent les sources à stocker, le stockage de l'ensemble des sources scellées (hormis celles de très faible activité) dans un centre HA-MA/VL ou FAVL devrait être autant que possible privilégié. Dans l'attente de l'ouverture de ces filières, un entreposage de ces sources dans des conditions sûres pourrait être réalisé, notamment dans les installations nouvelles destinées à prendre le relai des entreposages anciens.

Recommandation n°7

L'ASN recommande que la réflexion soit poursuivie afin d'optimiser le schéma global de gestion des sources scellées usagées et de mieux intégrer l'inventaire national des sources scellées à éliminer, ainsi que la sûreté à court et moyen terme tout au long des étapes de gestion de ces sources : disponibilité des entreposages et des stockages existants ou à créer, filières alternatives (valorisation, recyclage...).

Appréciation

Concernant le problème des sources scellées liquides et gazeuses qui ne peuvent pas être stockées en l'état, des procédés de traitement (sources gazeuses au ^{85}Kr dans les parasurtenseurs) ou un entreposage (cas des sources gazeuses au tritium) sont esquissés par l'Andra. **L'ASN rejoint les propositions de l'Andra sur la nécessité de développer des procédés de traitement adaptés.**

Des observations plus détaillées sur l'étude remise par l'ANDRA sont indiquées en annexe 2.

Le stockage d'autres types de déchets de faible activité à vie longue avec les déchets de graphite et radifères

Le décret n°2008-357 du 16 avril 2008 susvisé a chargé l'Andra de réaliser une étude sur la possibilité de prendre en charge, dans le projet de stockage des déchets de graphite et radifères, d'autres types de déchets de faible activité à vie longue, tels que des objets contenant du radium, de l'uranium et du thorium de faible activité massique et sous réserve des dispositions prévues à l'article 8, des sources scellées usées à vie longue de faible activité, dont les sources de détecteurs d'incendie et des sources de paratonnerres radioactifs. L'Andra a identifié une grande diversité d'objets contenant du radium, du thorium (déchets aéronautiques et militaires..) ou de l'uranium (déchets militaires et industriels à base d'uranium appauvri) et envisage leur répartition au cas par cas dans un stockage de déchets de faible activité et à vie longue, mais aussi, pour certains, dans un stockage géologique profond (ex : aiguilles et autres objets au radium à usage médical).

Appréciation

L'ASN ne relève pas à ce stade d'élément s'opposant à l'accueil des déchets de faible activité à vie longue recensés par l'Andra dans le centre de stockage pour les déchets de graphite et radifères. Les principes de sûreté énoncés à l'égard des scénarios d'exposition envisagés n'appellent en particulier pas de remarques de la part de l'ASN.

III. Etudes sur les procédés de valorisation des substances radioactives sans emploi actuel : étude conjointe d'EDF, d'AREVA et du CEA et étude de la société RHODIA de décembre 2008

L'étude EDF-CEA-AREVA relative à la valorisation des substances radioactives sans emploi actuel recense les matières détenues par les principaux exploitants nucléaires français (EDF, AREVA et ses filiales et le CEA) : combustibles usés, uranium naturel, uranium enrichi, uranium appauvri, uranium de traitement, plutonium et thorium, et examine les procédés de valorisation existants dans le but d'identifier les éventuelles matières pour lesquelles aucun procédé ne serait disponible. L'étude conclut que la totalité des matières radioactives examinées font ou ont déjà fait l'objet d'actions de valorisation, sur la base de procédés éprouvés, et indique qu'il n'est pas pertinent de mener des études complémentaires sur d'autres modes de valorisation.

Le rapport de la société RHODIA présente un bilan des procédés et études de valorisation des matières radioactives issues de l'activité de traitement des terres rares sur le site de La Rochelle. Il s'agit d'hydroxyde brut de thorium, de nitrate de thorium, de matières en suspension. La valorisation de ces produits porte essentiellement sur leur contenu en oxydes de terres rares, uranium et thorium.

Appréciation

L'ASN considère que le retour d'expérience disponible confirme le caractère valorisable des matières produites par la filière « uranium » et la filière « plutonium », à la fois dans les conditions actuelles de production d'énergie et dans les réacteurs à neutrons rapides (RNR). Il en va de même de la faisabilité du traitement, à l'échelle industrielle, des combustibles des réacteurs de recherche et de propulsion navale et du caractère valorisable des matières récupérées.

Recommandation n°8

L'ASN recommande que l'étude du CEA, d'AREVA et d'EDF sur les substances radioactives sans emploi actuel soit complétée par une analyse du devenir de l'uranium à l'issue d'un deuxième recyclage éventuel et sur le caractère, valorisable ou non, des combustibles usés issus des réacteurs à eau lourde EL1, EL2 et EL3 et du réacteur G1 de type UNGG.

Par ailleurs, l'ASN souligne l'importance de l'échéance de fin 2010 prévue par le décret du 16 avril 2008 susvisé, à laquelle devront être, à titre de précaution, identifiées les filières possibles de gestion dans le cas où ces matières seraient à l'avenir qualifiées de déchets.

Concernant la valorisation des matières thorifères détenues par AREVA, le CEA et RHODIA, les problèmes technologiques que soulèvent la mise au point des procédés et la conception des différents types de réacteurs utilisant le thorium nécessitent encore, pour être résolus, un effort de recherche et développement important. En outre, l'économie des ressources en uranium que pourrait apporter cette filière reste à démontrer.

Appréciation

L'ASN constate qu'aujourd'hui il n'existe pas de filière opérationnelle de valorisation des matières thorifères et émet de fortes réserves quant au développement à court ou moyen terme d'une telle filière dont l'intérêt industriel, par rapport aux filières dont la maîtrise technique est beaucoup plus avancée, reste à démontrer.

Recommandation n°9

L'ASN recommande qu'AREVA, le CEA et RHODIA étudient les filières de gestion des matières thorifères si elles étaient requalifiées en déchets, et notamment examinent d'ici fin 2010, en lien avec l'Andra, la possibilité et les conséquences, notamment en termes d'emprise, de conception et de coût, de leur prise en charge dans le futur centre de stockage pour les déchets de faible activité à vie longue. L'ASN recommande par ailleurs que les réflexions quant à une éventuelle requalification de ces matières en déchets se poursuivent et qu'en tout état de cause, un mécanisme pour sécuriser financièrement la gestion à long terme de ces substances soit mis en place.

Des observations plus détaillées sur l'étude conjointe remise par EDF, le CEA et AREVA ainsi que par la société RHODIA sont indiquées en annexe 3.

IV Etudes d'AREVA concernant l'impact à long terme sur la santé et sur l'environnement des stockages de résidus miniers issus des anciennes installations d'extraction et de traitement de minerais d'uranium de janvier 2009.

Appréciation

L'ASN considère que le bilan effectué par AREVA sur les stockages de résidus miniers d'uranium sur 9 des 17 sites existants constitue un jalon déterminant dans la démarche de vérification de sûreté de ces stockages et que ce bilan, s'il ne permet pas de conclure définitivement quant au niveau de sûreté des stockages de résidus de traitement d'uranium à long terme, pose les bases qui permettront au cours des prochaines étapes de mieux caractériser l'impact à long terme des différents sites.

Les documents remis dans le cadre de ce bilan permettent aujourd'hui de juger de l'état des connaissances sur deux points essentiels que sont la caractérisation des résidus et la tenue des digues ceinturant certains stockages. Il faut noter que la démarche mise en œuvre par AREVA est cohérente avec le cadre méthodologique définie par le BRGM, à la demande du ministère en charge de l'environnement, pour ce type de stockage. Ces documents permettent également de disposer d'une première indication des impacts attendus pour un scénario d'évolution normale des stockages ainsi que pour un jeu de scénarii d'évolutions dégradées. A ce titre, d'après les résultats des études d'Areva, les impacts dosimétriques, susceptibles d'être reçus par la population en situation d'évolution normale restent inférieurs à 1 mSv/an en phase de surveillance active et ceux envisageables pour des hypothèses de dégradation importantes des stockages restent inférieurs à quelques dizaines de mSv/an.

Toutefois, les études engagées par Areva sont récentes et mettent à profit les mesures et observations réalisées dans le cadre de la surveillance des sites de stockage de résidus. Il est nécessaire d'acquérir des données sur un laps de temps suffisant et sur un nombre de sites représentatifs. Ces travaux de recherche sur le long terme pourront donc s'échelonner jusqu'en 2020, des points d'étapes étant réalisés tous les 3 ans à l'occasion des mises à jour du PNGMDR. Les études et analyses complémentaires nécessaires afin de rendre plus robuste la démonstration de la sûreté à long terme des stockages de résidus sont détaillées ci-après.

Recommandation n°10

Pour ce qui concerne la caractérisation des résidus miniers, l'ASN recommande qu'AREVA poursuive les études de caractérisation en exploitant les données obtenues en 2008 sur les sites de Brugeaud, Bellezane, Benardan, Ecarpière et Lodève, en les complétant ainsi qu'en réalisant une nouvelle campagne d'échantillonnage sur des sites choisis pour leur pertinence. A partir des résultats obtenus, Areva élaborera pour fin 2012 des modèles géochimiques permettant de simuler les différentes perturbations envisageables au cours de l'évolution du stockage et analysera si ces résultats peuvent être généralisés aux sites de stockage de résidus miniers n'ayant pas fait l'objet d'étude de caractérisation sur site.

Recommandation n°11

Pour ce qui concerne l'évaluation de la tenue des digues ceinturant les stockages de résidus miniers, l'ASN recommande qu'AREVA complète sa démarche d'évaluation géomécanique en précisant les exigences qu'elle se fixe pour vérifier la sûreté à long terme de ses stockages, notamment quant à la durée de stabilité des digues vis-à-vis des aléas naturels et des conséquences sur les ouvrages de l'arrêt des actions de surveillance et d'entretien.

Recommandation n°12

Pour ce qui concerne l'évaluation de l'impact radiologique à long terme des stockages de résidus miniers d'uranium, l'ASN recommande qu'AREVA exploite de manière approfondie les résultats des évaluations d'impact dosimétrique réalisées en 2008, d'une part pour vérifier leur pertinence au regard des données de mesure dont elle dispose sur chacun des sites, d'autre part pour identifier de manière systématique les possibilités de réduction de l'impact des sites de stockage de résidus miniers actuel et à long terme sur les populations. A ce titre, Areva devra étudier le renforcement de la qualité des couvertures, qui, à la lumière des résultats des évaluations d'impact à long terme, se dégage sur plusieurs sites comme une solution efficace, afin d'en évaluer la faisabilité et la pertinence sur l'ensemble des sites de stockage de résidus miniers. AREVA devra également vérifier les hypothèses de modélisation des transferts du radon depuis le stockage vers l'habitation supposée construite au dessus pour ce type de scénario.

Des observations plus détaillées sur l'étude remise par AREVA figurent en annexe 4.

Par ailleurs, l'ASN estime que des dispositions devront être intégrées dans la mise à jour du PNGMDR sur l'amélioration de la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la gestion des stériles en vue de mieux connaître leurs utilisations et de réduire les impacts si nécessaire

Recommandation n°13

Sur les sujets de l'amélioration de la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et de la gestion des stériles, l'ASN recommande notamment qu'AREVA :

- évalue l'impact dosimétrique à long terme des stériles dans les cas des réutilisations historiques ou dans le cas des verses à stérile et mette ainsi à profit les études déjà réalisées pour les résidus miniers ;
- étudie un modèle géochimique permettant de caractériser l'effet et la qualité des eaux qui percolent dans les verses à stérile ;
- évalue les pratiques actuelles de traitement des eaux des sites miniers et l'incidence des rejets liquides associés (aluminium, baryum, radium, uranium) et le marquage des sédiments.

Le détail des actions ci-dessus qui figure en annexe 5 pourrait être intégré au prochain PNGMDR.

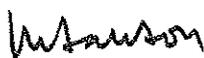
Fait à Paris, le 25 août 2009.

Le collège de l'Autorité de sûreté nucléaire,

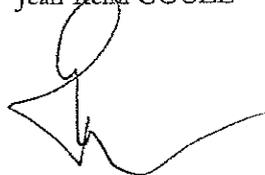

André-Claude LACOSTE


Marie-Pierre COMETS

Marc SANSON



Jean-Rémi GOUZE



ANNEXE 1

à l'avis n° 2009- AV-0075 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 25 août 2009 sur les études remises en application du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008 en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010-2012

Les déchets tritiés sans filière : étude du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) sur les solutions d'entreposage de déchets contaminés par du tritium, déjà produits et à venir, et non susceptibles d'être stockés directement dans les centres de stockage de l'ANDRA

Les déchets tritiés sans filière sont ceux dont la concentration en tritium est élevée. Ils sont, en grande majorité, issus d'activités liées à la défense nationale. Cependant, du tritium est également mis en œuvre dans des activités de recherche, dans le secteur pharmaceutique ou dans des hôpitaux, que l'on nomme de façon générique « le nucléaire diffus ».

98% des déchets tritiés sans filière sont des déchets d'exploitation et de démantèlement des installations liées aux applications militaires du CEA. La répartition de ces déchets selon leur niveau d'activité est la suivante :

- Haute activité : 4,6 %
- Moyenne activité : 30,7%
- Faible activité : 53,7%
- Très faible activité : 11%

Les filières opérationnelles aujourd'hui pour l'évacuation de déchets tritiés concernent uniquement les déchets les moins actifs. Ils peuvent être traités dans l'installation CENTRACO pour les déchets liquides, pour les autres, l'expédition vers les centres de stockage de l'Andra est soumise à de fortes contraintes¹.

Le CEA² a donc engagé des actions visant à mieux connaître l'inventaire et étudier des procédés de conditionnement ou de traitement en vue de leur acceptation dans une filière de stockage existante. Toutefois, compte tenu de la forte mobilité du tritium à travers les milieux qui le contiennent, même dans des conteneurs fabriqués pour être les plus étanches possibles et y compris dans les ouvrages en béton du centre de stockage de l'Aube, il n'apparaît pas possible de les accueillir dans les stockages de surface ; cette pratique aurait pour conséquence de marquer la nappe phréatique autour du stockage par le tritium ce qui n'est pas compatible avec l'objectif de non marquage de l'environnement du CSFMA. Les déchets actuellement produits par le CEA sont entreposés sur les sites de Valduc et de Marcoule qui seront saturés à l'horizon de 2012. Par ailleurs certaines de ces installations nécessitent des actions de mise à niveau au regard des exigences de sûreté. Le précédent PNGMDR avait demandé au CEA d'étudier des solutions d'entreposage pour les déchets tritiés sans filière. Le CEA a remis dans le cadre de l'application de l'article 9 du décret du 16 avril 2008, un dossier d'orientation pour l'entreposage des déchets tritiés sans filière. L'ASN a examiné plus particulièrement la pertinence des déchets concernés et les options de sûreté retenues pour leur entreposage.

Le projet d'entreposage des déchets tritiés sans filière concerne, selon les données de l'étude, l'ensemble des déchets tritiés solides déjà produits et à produire jusqu'à l'horizon de 2060, date de la fin du démantèlement des installations ITER. Ainsi, cet inventaire atteindrait à l'horizon de 2060 un volume de déchets tritiés de 30 000 m³ pour une activité radiologique en tritium de 35000 TBq. Ne sont pas concernés par l'étude, les déchets solides et liquides susceptibles d'être traités dans l'installation CENTRACO, les déchets qui peuvent être évacués dans un centre de stockage de l'Andra et les déchets devant être évacués vers les futurs centres de stockage de déchets de faible activité et à vie longue ou de déchets de moyenne et haute activité et à vie longue (MA-HA /VL).

¹ Pour les déchets reçus au CSFMA à Soulaïnes, les spécifications d'accueil limitent la quantité de tritium dégagé par jour et par unité de masse à 2 Bq/g/j et à 1000 Bq/g par lot de déchets.

² EDF et AREVA ne disposent pas de déchets tritiés sans filière.

Concernant l'inventaire des déchets tritiés, le CEA présente un ordre de grandeur des déchets produits et à produire dans les cinquante ans à venir qui permet une première estimation des besoins futurs en matière d'entreposage de ce type de déchets. **Il ne peut donc pas être écarté, à ce stade, que ces besoins soient sous-estimés³ compte tenu des incertitudes associées notamment aux déchets qui seront effectivement générés par l'installation ITER et les programmes de démantèlement à venir, en particulier pour ce qui concerne les installations du CEA.** Le traitement des déchets tritiés provenant de producteurs du nucléaire diffus ainsi que les déchets liquides et gazeux non couverts par le dossier d'orientation du CEA font l'objet de recommandations complémentaires en première partie du présent avis.

A partir de l'inventaire présenté, le CEA a retenu six grandes catégories de déchets sans exutoire qui ont été déterminées en fonction de leur inventaire en tritium et plus particulièrement de leur dégazage :

- les déchets tritiés de très faible activité (déchets tritiés purs ou mixtes) ;
- les déchets tritiés purs peu dégazants ;
- les déchets tritiés purs dégazants⁴ ;
- les déchets uraniés tritiés ;
- les déchets irradiants tritiés contenant des radionucléides à vie courte ;
- les déchets irradiants tritiés contenant des radionucléides à vie longue.

A chaque famille de déchets tritiés est associé un concept d'entreposage. Le projet retient pour la conception des entreposages les principes suivants :

- la réception et le déchargement des emballages de transport et des colis pleins : le tri des déchets et la confection des colis sont réalisés par le producteur de déchets. Les opérations de détritiation par étuvage, chauffage ou fusion pour les déchets les plus actifs visant à réduire l'inventaire en tritium ou son dégazage sont réalisées chez les producteurs ;
- l'entreposage des colis pour une durée de cinquante ans ;
- la conception de structures modulaires adaptées à chaque catégorie de déchets ;
- la surveillance de l'installation et de l'ensemble du site ;
- le contrôle des colis et des emballages ;
- La construction des entreposages à proximité des principaux sites de productions.

Les échéances de construction des différents modules sont espacées dans le temps. Les premiers modules concerneraient les déchets tritiés très faiblement radioactifs (à partir de 2011) et les derniers concerneraient les déchets irradiants à vie longue provenant du démantèlement d'ITER (2050). L'échéancier de mise en œuvre de ces entreposages est cohérent avec les scénarios de production de déchets tritiés présentés par le CEA. Pour les déchets tritiés entreposés dans les installations du site de Valduc, il est envisagé la construction de trois modules à l'horizon de 2012-2013, dédiés aux déchets TFA, aux déchets tritiés purs peu dégazants et aux déchets uraniés tritiés.

Toutefois, l'hypothèse retenue par le CEA d'une évacuation vers les centres de stockage de surface, dans les cinquante ans à venir, des déchets tritiés entreposés repose sur des bases fragiles. Il apparaît en effet que la capacité radiologique du CSFMA ou d'un centre futur de capacité similaire, risque d'être insuffisante pour accueillir l'ensemble des déchets entreposés. Le CEA se rapprochera de l'Andra pour mieux identifier les conditions futures d'élimination de ces déchets.

³ Les déchets provenant de l'installation du LMJ (Laser MegaJoule) ne sont pas évoqués dans l'étude. Il conviendra de vérifier auprès du CEA qu'il n'y a pas lieu d'inclure dans l'inventaire des déchets sans filière ceux qui proviennent de cette installation. Le démantèlement des réacteurs ORPHEE et OSIRIS n'est pas pris en compte.

⁴ Un déchet tritié est considéré comme peu dégazant si la mesure unitaire de dégazage en tritium de chaque colis est inférieure à 1 GBq/an/colis.

Par ailleurs, compte tenu de la durée de vie envisagée pour ces installations par le CEA, la possibilité de reprendre dans des conditions de sûreté satisfaisantes , à tout moment, les colis de déchets entreposés doit être un des fondements de la conception des installations d'entreposage ; L'ASN estime que cet aspect n'est, à ce stade, pas suffisamment traité dans le dossier d'orientation. La reprise des colis dans de bonnes conditions implique de pouvoir les désentreposer sans devoir mettre en œuvre des mesures complémentaires.

Concernant la sûreté des entreposages, trois scénarios représentatifs des risques principaux qui seront à traiter dans l'évaluation de la sûreté des installations d'entreposage sont présentés (incendie, séisme, manutention) et en fonction de l'impact radiologique de ces scénarios, des critères de dimensionnement sont appliqués. Les dispositions générales de sûreté retenues pour les différents concepts d'entreposage sont globalement pertinentes même si ces dispositions devront être complétées dans la suite du projet. Il s'agit notamment :

- de la surveillance du vieillissement des installations ainsi que de la surveillance de l'environnement ;
- de la prise en compte des agressions externes climatiques ou humaines dans le dimensionnement des installations ;
- de la justification des valeurs des taux de dégazage des colis entreposés , en tenant compte notamment du vieillissement des colis et des effets de radiolyse sur l'altération du confinement des déchets ;
- des dispositions retenues permettant d'éviter les risques de chute de colis ;
- des éléments de démonstration prouvant que la conception de l'installation permet la protection du personnel lors d'interventions pour des opérations de surveillance et de maintenance ou éventuellement pour remédier aux conséquences d'éventuels incidents ;
- des critères liés à la maintenance des installations (reconditionnement de colis, maintien en état des barrières de confinement...).

ANNEXE 2

à l'avis n° 2009- AV-0075 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 25 août 2009 sur les études remises en application du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008 en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010-2012

Etudes de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) sur la gestion des sources radioactives scellées usagées et la possibilité de stocker d'autres types de déchets de faible activité à vie longue avec les déchets de graphite et radifères

Conformément au décret du 16 avril 2008 fixant les prescriptions relatives au PNGMDR, l'Andra a remis en décembre 2008 au ministre chargé de l'énergie et de l'environnement une étude des procédés permettant le stockage des sources scellées usagées dans des centres existants ou à construire. Elle couvre l'ensemble des sources radioactives scellées usagées⁵ telles que définies par le Code de la santé publique, c'est-à-dire des sources âgées de plus de 10 années, sauf conditions particulière d'emploi et « dont la structure ou le conditionnement empêche, en utilisation normale, toute dispersion de matières radioactives dans le milieu ambiant ».

Les sources scellées usagées présentent une grande diversité : radionucléides, activités, formes... Pour prendre en compte cette diversité, l'Andra a établi un inventaire des sources scellées usagées en France, en liaison avec leurs principaux détenteurs (dont les fabricants français CEA, CIS bio international/groupe IBA et Cerca/groupe AREVA). L'IRSN a apporté son expertise pour constituer cet inventaire.

Les entreprises du groupement français des industries électroniques de sécurité incendie (GESI) détiennent, selon les estimations de l'Andra, environ 65% en nombre des sources scellées usagées, vient ensuite la défense nationale pour près de 22% (tubes électroniques essentiellement). Les sources industrielles et médicales sont détenues principalement par le CEA (10%) et CIS-BIO (0,3%), principaux producteurs. La société CERCA a depuis pris le relais de ces deux organismes pour la fabrication de ce type de sources. L'Andra, qui a notamment pour mission de collecter les sources en déshérence, détient en nombre, environ 1,3 % des sources. La cohérence vérifiée de l'inventaire national des sources scellées tenu par l'IRSN avec l'inventaire réalisé par l'Andra laisse penser que les différents types de sources ont été convenablement identifiés pour orienter les sources considérées vers les différentes filières de stockage possibles. Cet inventaire des sources à stocker devra être périodiquement réévalué, en fonction des ventes effectuées, des retours aux fabricants et de nouvelles estimations des quantités détenues par divers organismes.

La valorisation de certaines sources constitue une autre possibilité de gestion. C'est en particulier le cas pour les sources gazeuses dont le gaz pourrait être récupéré, pour les sources de radionucléides coûteux à fabriquer et éventuellement pour celles permettant de réutiliser les propriétés de certains radionucléides contenus dont la décroissance est lente, notamment l'Am 241 ou le Cs 137.

L'étude menée par l'Andra se fonde sur un stockage des sources scellées usagées dans les filières existantes ou à venir conçues pour les déchets radioactifs (centres de stockage en surface des déchets de très faible activité – CSTFA - et de faible et moyenne activité à vie courte – CSFMA, futurs centres de stockage des déchets FAVL et HA-MAVL). L'Andra a établi en 2001 des limites d'acceptabilité de colis de sources scellées au CSFMA avec, d'une part un critère d'activité portant sur les colis et les ouvrages appelé « limite d'activité massique » (LMA), d'autre part un critère sur l'activité par radionucléide de chaque source nommé « limite d'activité des sources » (LAS). Cette LAS est estimée de manière à limiter l'exposition en cas notamment de scénario de chute de colis pendant la période d'exploitation ou d'intrusion humaine avec récupération d'une source au-delà de la période de surveillance. Depuis 2007, certaines sources peuvent d'ores et déjà être stockées au CSFMA. Il s'agit des sources à vie courte, de période inférieure ou égale à celle du césium 137, soit 30 ans, avec des activités inférieures à certains

⁵ Par prudence, l'étude a été élargie à des sources qui ne répondraient pas strictement à cette définition (telles les sources de paratonnerres radioactifs).

seuils selon le radionucléide concerné. Ces seuils ou limites d'activité résultent d'une évaluation de compatibilité avec la sûreté du stockage sur les mêmes bases que les autres déchets, complétée par la prise en compte de la spécificité des sources.

La spécificité des sources scellées est leur activité concentrée et leur caractère potentiellement attractif. En cas d'intrusion humaine après la perte de mémoire d'un stockage, cette attractivité pourrait entraîner une récupération des sources scellées par des individus en ignorant les dangers. Si l'impact qui résulterait de cette récupération est jugé excessif, la source n'est pas acceptable dans le stockage.

A l'exception des sources scellées liquides et gazeuses, qui ne peuvent pas être stockées sous cette forme, les filières de stockage proposées par l'Andra permettraient de prendre en charge les sources scellées usagées en l'état, sans dénaturation physique. Environ 83% des deux millions de sources inventoriées seraient ainsi destinées au stockage à faible profondeur, 15% au stockage en surface et 2% au stockage en formation géologique profonde.

Un seuil arbitraire de 1 Bq par source a été utilisé dans le cadre de l'étude pour identifier des sources scellées usagées de très faible activité. Ce seuil pourra être respecté par des sources à période très courte ayant suffisamment décrépu (typiquement pour une période inférieure à 300 jours environ, comme le polonium 210, le cobalt 57 et le germanium 68) ; il pourra aussi concerner quelques sources à période plus longue mais d'activité initiale très faible. **L'Andra propose de stocker ces sources au CSTFA, ce qui n'appelle pas d'observation de la part de l'ASN.**

Pour ce qui concerne le stockage de sources scellées au CSFMA de Soulaïnes, les prescriptions techniques de l'ASN ont été modifiées en juillet 2007 pour permettre l'accueil des sources scellées usagées de période inférieure ou égale à celle du césium 137. **L'ASN estime qu'il convient d'être vigilant par rapport à la démonstration de sûreté du centre de stockage des déchets de faible et moyenne activité (CSFMA), du fait de l'extrême concentration de la radioactivité dans les sources et du caractère pérenne de l'enveloppe de la source, qui oblige à considérer que l'objet en lui-même reste attractif, même après 300 ans, dans un scénario d'intrusion.** Le stockage d'autres sources au CSFMA pourrait être envisagé pour des raisons de sûreté. Cela nécessiterait de revoir les calculs des limites d'activités des sources (LAS) ainsi que certains paramètres liés aux scénarios, afin d'élargir le domaine de fonctionnement du CSFMA. Ainsi, l'ASN souhaite attirer l'attention sur le cas particulier des colis de certaines sources dont l'activité dépasse actuellement le seuil de 270 TBq retenu au CSFMA. C'est notamment le cas des sources de Cobalt 60 qui sont actuellement entreposées ou en cours de transfert dans l'installation nucléaire de base n°72 du CEA (sources regroupées dans des conteneurs de transport SV 34 et SV 69). Un stockage au CSFMA des sources de cobalt 60, sur la base d'une analyse de sûreté spécifique concluante, pourrait contribuer en effet à améliorer la sûreté de leur gestion.

L'Andra propose de mélanger des sources diverses et avec d'autres déchets dans un même colis. Cette possibilité correspond à une nécessité technique tant pour permettre la gestion des filières à faible flux que pour permettre le respect de critères applicables aux colis de déchets. En particulier elle permet de mutualiser les moyens de gestion en amont du stockage et d'optimiser l'utilisation des ressources de stockage. **L'ASN relève que mélanger différents types de sources dans un même colis peut être à l'origine d'incertitudes dans l'estimation du contenu radioactif des colis (augmentation du risque de mise en colis par erreur de sources indésirables associé à une plus grande complexité des critères à appliquer).** Toutefois, moyennant certaines précautions, dans le cas où cette pratique permettrait d'améliorer significativement la sûreté de gestion de certaines sources en amont, l'ASN considère qu'elle doit être examinée au cas par cas.

Pour les sources non acceptables au CSFMA, l'Andra a examiné les possibilités de stockage dans la filière FAVL, en distinguant les deux options à l'étude : stockage sous couverture remaniée (SCR) situé à une profondeur de 15 à 20 m environ et stockage sous couverture intacte (SCI) situé à une profondeur de plus de 50 m. L'étude a étendu au stockage à faible profondeur l'application de limites d'acceptation résultant de scénarios de récupération des sources scellées. Elle tient compte de manière qualitative de la diminution de la vraisemblance de scénarios de récupération avec la profondeur et différencie de ce point de vue les deux concepts à couverture remaniée et intacte. Une augmentation ultérieure des LAS pour

tenir compte de la profondeur du stockage est évoquée. L'Andra envisage un stockage en subsurface pour les « moins actives » des sources non acceptables en surface, en SCR pour une activité inférieure aux LAS ou en SCI pour une activité supérieure, et le stockage profond (MAVL ou HAVL) si les activités ou la thermicité des sources sont trop importantes. L'ASN estime que les possibilités de récupération de sources ne sont pas sensiblement différentes dans le cas d'un stockage de subsurface qui se trouverait à 15-20 m de profondeur et dans le cas du CSFMA. Une profondeur de garde de plusieurs dizaines de mètres est a minima nécessaire pour réduire les possibilités de récupération et s'affranchir du risque d'intrusion liée aux activités humaines banales. Il n'apparaît donc pas judicieux d'orienter les sources scellées non acceptables en surface vers un stockage de 15-20 m de profondeur. La période du radionucléide devrait être prise en compte comme critère de répartition des sources entre un stockage FAVL et un stockage profond, l'objectif étant de confiner les déchets efficacement pendant le temps nécessaire à leur décroissance jusqu'à un niveau résiduel d'activité qui ne puisse pas être à l'origine d'expositions inacceptables. Pour le stockage de déchets FAVL, il sera donc nécessaire de limiter le contenu en radionucléides à vie longue dont l'activité ne décroît pas en quelques dizaines de milliers d'années afin d'éviter l'apparition de zones d'activité concentrée lorsque le stockage ne sera plus à l'abri des intrusions humaines banales. De ce fait, l'ASN considère que les sources qui ne présenteraient pas un potentiel de décroissance significatif en quelques dizaines de milliers d'années devraient préférentiellement être dirigées vers un stockage profond.

L'ASN considère que l'étude présentée par l'Andra fixe un premier schéma directeur d'orientation et d'élimination des sources scellées usagées. Cette réflexion doit être poursuivie afin d'optimiser le schéma global de gestion des sources usées et mieux intégrer l'inventaire national des sources scellées à éliminer, ainsi que la sûreté à court et moyen terme tout au long des étapes de gestion de ces sources : disponibilité des entreposages et des stockages existants ou à créer, filières alternatives (valorisation, recyclage...). Dans son étude, l'ANDRA identifie des pistes pour poursuivre la démarche engagée ; l'ASN estime que les propositions de l'ANDRA sont globalement pertinentes et recommande en particulier de retenir les axes de travail suivants :

1. L'Andra complètera pour fin 2011 son étude sur les points suivants :
 - les procédés de traitement des sources scellées liquides et gazeuses en vue de leur élimination,
 - l'étude de procédés de conditionnements adaptés aux filières de stockage,
 - l'étude d'entreposage des sources au tritium gazeuses en vue de leur stockage au CSFMA.
2. Les détenteurs de sources scellées usagées proposeront pour fin 2011 un programme de caractérisation des sources scellées usagées (état physique, radionucléides en présence, activité, enveloppe, dimensions) permettant d'identifier la filière de stockage à retenir.
3. L'Andra pilotera un groupe de travail réunissant l'ASN, l'Andra, le CEA, l'IRSN et les principaux détenteurs ou fournisseurs de sources scellées en vue de proposer pour 2012 des recommandations sur l'optimisation de la planification des reprises et des collectes des sources scellées usagées ainsi que leur compatibilité avec la disponibilité temporelle des filières de conditionnement, d'entreposage et de stockage.

ANNEXE 3

à l'avis n° 2009- AV-0075 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 25 août 2009 sur les études remises en application du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008 en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010-2012

Etudes sur les procédés de valorisation des matières radioactives sans emploi actuel (étude conjointe EDF-AREVA-ANDRA et étude de la société RHODIA)

L'étude EDF-CEA-AREVA passe en revue les matières détenues par les principaux exploitants nucléaires français (EDF, AREVA et ses filiales et CEA), en cohérence avec l'arrêté du 9 octobre 2008 relatif à l'inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables établi par l'ANDRA, et examine les procédés de valorisation déjà mis en œuvre dans le but d'identifier les éventuelles matières pour lesquelles aucun procédé ne serait disponible et les besoins en études nouvelles de valorisation. Cette note conclut que la totalité des matières radioactives examinées font ou ont déjà fait l'objet d'actions de valorisation, sur la base de procédés éprouvés et indique qu'il n'est pas « pertinent » de mener des études complémentaires sur d'autres modes de valorisation.

Le rapport RHODIA dresse, quant à lui, un bilan des études de valorisation des matières radioactives entreposées sur le site de La Rochelle (hydroxyde brut de thorium (HBTh) et nitrate de thorium notamment) et des procédés de traitement mis au point, la valorisation de ces produits portant sur leur contenu en terre rares, uranium et thorium.

Filière uranium

En France, le nucléaire fournit près de 80 % de l'énergie électrique (près de 430 TWhe ces dernières années), ce qui correspond à une consommation annuelle de l'ordre de 8 000 tonnes d'uranium naturel (Unat). Les réacteurs nucléaires utilisant la filière uranium consomment essentiellement de l'uranium naturel enrichi en ^{235}U (UNE).

L'uranium naturel appauvri (Uap) est produit lors des opérations d'enrichissement de l'Unat. Sa teneur résiduelle en ^{235}U est de 0,25 à 0,30 %. Cet Uap peut être, soit ré-enrichi, soit utilisé en mélange avec du plutonium dans les assemblages combustibles MOX destinés à être irradiés dans les réacteurs à eau légère (REL) et les réacteurs à neutrons rapides (RNR).

La quantité actuelle d'Uap « naturel » entreposée en France est de l'ordre de 250 000 tonnes. AREVA, EDF et le CEA indiquent que, dans l'hypothèse d'un parc de réacteurs à neutrons rapides (RNR) isogénérateurs de 4^{ème} génération, le chargement de 100 tonnes par an et par GWe installé serait nécessaire. Sur 60 ans, il pourrait donc être chargé environ 360 000 tonnes d'Uap dans un parc de RNR représentant 60 GWe, ce qui représente à peu près la valeur du stock estimé (350 000 tonnes) à l'horizon 2020⁶.

Par ailleurs, la faisabilité technique du ré-enrichissement en ^{235}U de l'Uap par centrifugation a été démontrée. La valorisation de cette matière dépend néanmoins du cours de l'uranium naturel et éventuellement du développement de nouvelles techniques d'enrichissement (procédé LASER).

L'uranium de retraitement (URT) provient du mono-recyclage des combustibles UNE usés. Les particularités liées au recyclage de l'URT sont un sur-enrichissement nécessaire pour compenser la présence de ^{236}U neutrophage ainsi que la présence de ^{232}U et de ses descendants émetteurs de rayonnements gamma d'énergie élevée (^{212}Bi et ^{208}Tl) conduisant à des risques d'exposition aux

⁶ Il faut noter que la disparition du stock d'Uap ne serait effective que sur une durée beaucoup plus longue que 60 ans, compte tenu du fait que seule une fraction de l'Uap irradié se transforme avant le déchargement du combustible du réacteur.

rayonnements ionisants principalement lors des opérations de fabrication des combustibles à base d'URT enrichi (URE). Actuellement, le recyclage de l'URE est réalisé sur deux tranches du site EDF de Cruas.

L'ASN considère que le retour d'expérience disponible confirme le caractère valorisable des matières produites par la filière « uranium ». L'ASN recommande toutefois que l'étude soit complétée par une analyse du devenir de l'uranium à l'issue d'un deuxième recyclage éventuel (possibilité de nouvelle valorisation ou traitement en déchets).

Pour ce qui concerne les réacteurs de recherche et la propulsion navale, la note EDF-AREVA-CEA indique qu'il est envisagé de traiter les différents types de combustibles suivants :

- les assemblages « aluminure » (UAL), constitués de plaques formées d'un noyau à base d'alliage d'uranium hautement enrichi et d'aluminium entouré d'une gaine en aluminium ;
- les assemblages « Caramel » constitués d'un sandwich d'alliage d'uranium hautement enrichi entre deux plaques métalliques, chargés dans les réacteurs OSIRIS, ISIS et ORPHEE ;
- les assemblages de propulsion navale usés (dits « PN ») dont les caractéristiques d'enrichissement, géométriques et d'irradiation sont proches de celles des combustibles « Caramel » ;
- les assemblages expérimentaux des réacteurs CABRI et PHEBUS.

Pour ce qui concerne les combustibles de type UAL, de géométries très diverses, il est précisé que l'atelier de tête (cisailage-dissolution) de l'usine UP3 de La Hague a été modifié afin de pouvoir traiter, selon les critères de sûreté requis, ces différents types de combustible en discontinu et en dilution dans des solutions de dissolution de combustible UOX (pour tenir compte des activités massiques élevées des combustibles UAL). Le traitement de combustibles australiens, belges et français a été autorisé en 2005. Les premières campagnes de dissolution portant sur ces combustibles n'ont pas fait apparaître de difficulté notable. Pour ce qui concerne le traitement des combustibles de type « Caramel », l'étude EDF-AREVA-CEA indique que 2,3 tonnes de combustibles de ce type, issus du réacteur OSIRIS, ont été traités par le CEA/Marcoule en 1996 et 1997. Selon cette note, la démonstration de la faisabilité du traitement de ce combustible a donc été apportée. De la même façon, le CEA et AREVA considèrent que la faisabilité technique du traitement et du recyclage des combustibles PN usés, s'apparentant aux combustibles « Caramel », est acquise. Pour ce qui concerne les combustibles des cœurs « nourriciers » des réacteurs CABRI et PHEBUS à base d' UO_2 enrichi et faiblement irradiés, l'IRSN estime que ces combustibles ont des caractéristiques similaires à ceux des REP et sont par conséquent retraitables.

Enfin, l'étude indique que de faibles quantités de combustibles usés, d'autre nature (combustibles OSIRIS oxyde, crayons et échantillons expérimentaux), ont été déclarés comme déchets par leur propriétaire (catégorie de combustibles dits « CU3 » recensés dans l'inventaire ANDRA destiné au stockage HAVL).

Hormis le cas des combustibles dits « CU3 » considérés comme des déchets, l'ASN considère que la faisabilité du traitement à l'échelle industrielle de ces combustibles et le caractère valorisable des matières récupérées à l'issue du traitement sont effectivement démontrés.

Des précisions pourraient toutefois être apportées sur les points suivants :

- s'agissant des combustibles de type « siliciure » (assemblages constitués de plaques formées d'un noyau à base d'aluminium et d'un alliage d'uranium enrichi et de silicium (U_3Si_2) entouré d'une gaine en aluminium), il n'est pas fait état spécifiquement du traitement de ce type de combustible. De tels combustibles irradiés dans les réacteurs SILOE et OSIRIS sont entreposés, depuis 2003, dans les piscines de La Hague. Cet entreposage a été autorisé notamment sur la base de la démonstration de la faisabilité technique de leur traitement dans des conditions proches de celles retenues pour les combustibles UAL. Le traitement de tels combustibles, et par conséquent la valorisation des matières recyclables contenues, ne devraient pas présenter de caractère rédhibitoire, moyennant des conditions opératoires appropriées pour les dissoudre. Compte tenu de l'importance de la R&D menée actuellement sur le sujet, il conviendrait néanmoins que ces aspects soient précisés dans l'étude ;
- il conviendrait que les installations envisagées pour le traitement des assemblages de type « Caramel » ainsi que des combustibles usés des réacteurs expérimentaux PHEBUS et CABRI soient indiquées.

Pour ce qui concerne la valorisation des combustibles issus des réacteurs à eau lourde et UNGG, l'étude EDF-AREVA-CEA indique que les combustibles usés issus du réacteur EL4 de Brennilis de type « eau lourde » (de l'ordre d'une centaine de tonnes au total) sont actuellement considérés comme des déchets radioactifs, même si des évolutions restent possibles. Or, l'inventaire national de l'ANDRA (édition 2006) mentionnait ces combustibles comme étant valorisables. Par ailleurs, aucune information n'est fournie sur le devenir des combustibles provenant des réacteurs à eau lourde EL1, EL2 et EL3 et du réacteur G1 (de type UNGG), identifiés comme valorisables dans l'inventaire national précité. **L'ASN estime que le caractère valorisable ou non de ces combustibles est à expliciter.**

Filière plutonium

L'étude EDF-AREVA-CEA indique que le plutonium issu du traitement des combustibles URE usés sur le site de La Hague (soit 850 tonnes/an) est recyclé dans des assemblages MOX destinés à être irradiés dans les 20 réacteurs 900 MW d'EDF autorisés à utiliser des combustibles MOX. La quantité de plutonium ainsi recyclée (soit un peu moins de 10 tonnes) représente la totalité du flux issu du traitement. Elle conclut que le plutonium est une matière dont le recyclage est industriellement démontré.

L'étude EDF-AREVA-CEA indique que la gestion industrielle de référence des combustibles MOX usés est, comme pour les combustibles URE usés, leur recyclage dans les futurs réacteurs à spectre rapide de la 4^{ème} génération (prévue à l'horizon 2040), les organismes français travaillant sur le concept d'un RNR refroidi au sodium avec le cycle de combustible associé. Dans cette perspective, l'étude indique que le plutonium nécessaire au démarrage de cette future filière est en majeure partie celui des combustibles MOX usés actuellement entreposés dans les piscines de La Hague sans traitement prévu à court ou moyen terme.

L'ASN estime, comme le souligne la note EDF-AREVA-CEA, que la faisabilité du traitement des combustibles MOX usés actuels peut être considérée comme acquise, sur la base notamment des résultats satisfaisants des campagnes de traitement réalisées de 1992 à 2008 sur le site de La Hague dans les usines UP2-400 et UP2-800.

Pour ce qui concerne le traitement des combustibles MOX à plus fortes teneurs en Pu+Am (couvrant les gestions de combustibles MOX futures envisagées par EDF pour les prochaines décennies), celui-ci devrait être également possible, sous réserve que des conditions d'exploitation adaptées soient mises en œuvre, notamment pour limiter la production d'insolubles de dissolution riches en plutonium. Il est enfin à noter que le traitement des combustibles MOX RNR apparaît réalisable, au vu de l'expérience acquise lors du traitement, de 1975 à 1987, de plus de 20 tonnes de combustibles issus des réacteurs PHENIX et RAPSODIE (cœurs et couvertures), contenant jusqu'à 30 % de PuO₂, une partie du plutonium issu du traitement des combustibles PHENIX ayant été en particulier recyclée dans ce même réacteur. De plus, le plutonium sur « étagères » peut être également recyclé après désamériciation sous forme de combustible MOX-REP.

L'ASN considère que le retour d'expérience disponible confirme le caractère valorisable des matières produites par la filière « plutonium » à la fois dans les conditions actuelles de production d'énergie et dans les réacteurs à neutrons rapides.

Filière thorium

EDF, AREVA et le CEA possèdent de l'ordre de 2 300 tonnes de thorium sous forme de nitrate, entreposées sur le site de Cadarache. Par ailleurs, la société RHODIA possède sur son site de La Rochelle de l'ordre de 32 000 tonnes de produits qui contiennent l'essentiel du thorium potentiellement valorisable. Ces produits se présentent sous diverses formes de nitrates ou d'hydroxydes provenant du traitement des minerais de terres rares. Les études d'EDF-AREVA-CEA et de RHODIA indiquent que le mode principal de valorisation de ce radioélément est son usage dans un cycle du combustible basé sur le thorium. En effet, un tel cycle constitue pour l'entité EDF-AREVA-CEA « le principal usage attendu du thorium », la société RHODIA estimant « extrêmement probable l'utilisation à terme [de cet élément] dans la filière nucléaire ».

Le thorium à l'état naturel n'est constitué que d'un seul isotope, le ^{232}Th , qui n'est pas fissile. Le thorium ne peut donc servir que de matière fertile produisant, par capture d'un neutron, une suite de réactions aboutissant à ^{233}U . Les propriétés fissiles de ^{233}U sont meilleures que celles des noyaux fissiles actuellement utilisés dans les réacteurs de la filière uranium - plutonium (^{235}U , ^{239}Pu , ^{241}Pu).

Ainsi, l'utilisation d'un combustible à base de ^{232}Th et d' ^{233}U dans un réacteur aurait pour effet d'augmenter son facteur de conversion (rapport entre la quantité de matière fissile créée et la quantité de matière fissile qui disparaît). Une surgénération est également théoriquement possible pour un spectre thermique (caractéristique des REL). Cette possibilité a été démontrée, il y a plus de 20 ans, dans le réacteur à eau expérimental de Shippingport aux USA, moyennant la mise en place de dispositions techniques complexes visant à limiter les pertes neutroniques.

Toutefois, l'irradiation d'un combustible au thorium dans un réacteur thermique conduit à produire du ^{232}Pa , « poison neutronique » pouvant réduire significativement la réactivité du réacteur. De plus, par rapport à une surgénération avec un spectre rapide, l'empoisonnement par les produits de fission est plus important. **L'ASN estime que ceci peut constituer un facteur limitant de l'utilisation de combustibles au thorium dans des réacteurs thermiques.**

Une utilisation efficace d'un combustible à base de thorium nécessite par conséquent de pouvoir réduire drastiquement les poisons neutroniques. Le concept de réacteur, qui semble le mieux répondre à cette exigence, est le réacteur à sels fondus (RSF), cité notamment dans l'étude de RHODIA. Un tel réacteur met en effet en œuvre un combustible liquide dont les poisons neutroniques sont éliminés par un traitement en ligne du combustible. Un tel concept conduit également à un inventaire réduit en matière fissile et supprime les risques d'irradiation liés à la fabrication des combustibles solides à base de ^{232}Th et d' ^{233}U (cf. ci-après). Néanmoins, ce concept implique d'associer à chaque réacteur de la filière une unité de traitement en ligne. A ce jour, seuls deux réacteurs à sels fondus expérimentaux (Aircraft Reactor Experiment et Molten Salt Reactor Experiment d'Oak Ridge), de puissance thermique limitée (2,5 et 8 MW), ont été conçus, réalisés et exploités aux Etats-Unis, mais n'ont cependant fonctionné que quelques milliers d'heures. En effet, le développement de cette filière a mis en évidence des difficultés particulières, notamment liées à la maîtrise des risques de corrosion, à la mise en œuvre de procédés chimiques (gestion du combustible liquide, présence de fluorures, complexité du traitement en ligne...) ou bien encore au pilotage des réacteurs. **Les RSF n'ont de fait pas dépassé le stade de réacteurs expérimentaux, aucun prototype électrogène n'ayant été en particulier construit dans le passé. Le développement d'un parc de RSF nécessite, par conséquent, un effort de R&D important.** A cet égard, il est à noter que, dans le cadre des réacteurs de 4^{ème} génération au niveau international, l'étude des RSF est envisagée, mais la réalisation d'un « démonstrateur » n'est pas, pour l'instant, programmée à court ou moyen terme.

Pour ce qui concerne le traitement des combustibles solides usés à base de thorium, le retour d'expérience disponible montre que leur dissolution est plus difficile que celle des combustibles à base d'uranium (métal ou oxyde) et nécessite en pratique l'emploi d'acide fluorhydrique qui pose des problèmes technologiques délicats liés au caractère très corrosif des ions fluorures (expérience liée à la mise en œuvre du procédé Thorex à Oak Ridge, Hanford, Savannah River et West Valley dans les années 1950-1960 et plus récemment en Inde,...). D'autres procédés peuvent être envisagés, certains étant déjà

en cours de développement (procédés pyrochimiques par exemple). L'ASN estime que le traitement de ce type de combustibles est envisageable, mais nécessite toutefois un effort de R&D important, notamment pour démontrer le caractère sûr des procédés employés.

Pour ce qui concerne la fabrication de combustibles solides à base de thorium, l'expérience acquise semble suffisante pour pouvoir affirmer qu'il ne devrait pas y avoir de problème réhibitoire. En effet, de tels combustibles ont déjà été fabriqués et utilisés dans différents réacteurs. Toutefois, la production d' ^{233}U s'accompagne de celle d' ^{232}U ⁷ et de ses descendants, en particulier le ^{212}Bi et le ^{208}Tl radionucléides émetteurs γ d'énergie élevée. Aussi, la fabrication de combustible solide à partir d' ^{233}U issu du retraitement induira des risques d'irradiation importants et nécessitera des protections radiologiques particulières. De plus, le retour d'expérience disponible est insuffisant et ne concerne que quelques installations pilotes de très faibles capacités (Oak Ridge). L'ASN estime qu'il s'agit d'un des inconvénients majeurs du cycle fermé au thorium.

Par ailleurs, le CNRS et l'Institut de Physique Nucléaire (IPN) d'Orsay ont effectué des études de scénarios⁸ de déploiement d'un parc de réacteurs mettant en œuvre du thorium, en retenant comme unique critère de comparaison l'économie des ressources en uranium naturel. Ces scénarios sont plus complexes que ceux qui mettent en jeu les filières uranium et plutonium. En effet, l'absence initiale d' ^{233}U , qu'il faut créer à partir du thorium en lui adjoignant de la matière fissile, impose au moins au départ la cohabitation de deux cycles du combustible différents.

Il ressort de ces études que les scénarios, mettant en œuvre des réacteurs RSF, incinérant de ^{233}U produits préalablement dans des réacteurs CANDU, consomment moins d'uranium naturel que le scénario français de référence (parc REP remplacé progressivement par des RNR à partir de 2035). En revanche, ce dernier est celui qui conduit le plus rapidement à économiser les ressources naturelles d'uranium. En outre, dans le cas des scénarios impliquant des parcs symbiotiques (cohabitation des cycles UNE, Th/Pu et Th/ ^{233}U , ces combustibles étant uniquement irradiés dans des réacteurs REP ou CANDU), il apparaît que la consommation d'uranium naturel est plus importante que dans les scénarios avec des réacteurs de 4^{ème} génération (RNR et RSF). Enfin, dans le cas où les besoins en ^{233}U sont pourvus par irradiation de combustibles Pu-Th dans des REP (cas le plus probable en France compte tenu du parc actuel), le faible facteur de conversion de ces réacteurs (en comparaison des réacteurs à eau lourde) conduit à une période de transition plus longue avant le déploiement de RSF et a pour conséquence une consommation plus importante d'uranium naturel. Au final, le gain du déploiement d'une filière thorium en matière d'économie des ressources en uranium est incertain. L'ASN souligne de surcroît que ces études de scénarios ne prennent pas en compte les besoins de qualification des données nucléaires inhérents au cycle du thorium qui restent largement à consolider. Les performances réelles de la filière thorium restent donc à confirmer.

En conclusion, l'ASN retient que l'expérience industrielle associée à la mise en œuvre d'un cycle thorium est limitée et faible. Si le traitement des combustibles solides au thorium et la fabrication des combustibles à base d' ^{233}U , étapes indispensables au déploiement d'une telle filière, apparaissent envisageables, les problèmes technologiques délicats que soulèvent la mise au point des procédés et la conception des différents types de réacteurs incinérant du thorium nécessitent, pour être résolus, un effort de R&D important. En outre, l'économie des ressources en uranium que pourrait apporter cette filière reste à démontrer. Aussi, l'ASN estime que la valorisation du thorium nécessiterait d'importants moyens pour en démontrer l'intérêt industriel par rapport aux filières dont la maîtrise technique est, à ce jour, beaucoup plus avancée.

En conséquence, concernant les matières thorifères, l'ASN recommande qu'AREVA, le CEA et RHODIA étudient les filières de gestion de ces matières si elles étaient requalifiées en déchets, et

⁷ ^{232}U est produit par réaction ($n, 2n$) sur ^{233}U , mais également par d'autres réactions à partir du thorium. Il est fabriqué en quantités bien plus importantes dans la filière Th-U que dans la filière à uranium enrichi.

⁸ Neutronic Study of Slightly Modified Water Reactors and Application to Transition Scenarios Proceedings of Global 2007, Boise, Idaho, September 2007.

notamment examinent d'ici fin 2010, en lien avec l'Andra, la possibilité et les conséquences, notamment en termes d'emprise, de conception et de coût, de leur prise en charge dans le futur centre de stockage pour les déchets de faible activité à vie longue. L'ASN recommande par ailleurs que les réflexions quant à une éventuelle requalification de ces matières en déchets doivent se poursuivre et qu'en tout état de cause, un mécanisme pour sécuriser financièrement la gestion à long terme de ces substances soit mis en place.

Autres commentaires relatifs aux matières entreposées par Rhodia à La Rochelle

Pour ce qui concerne les études de valorisation des matières radioactives issues de l'activité de traitement des terres rares de l'usine RHODIA sur le site de La Rochelle, ont été étudiés les procédés de valorisation de l'hydroxyde brut de thorium, du nitrate de thorium et des matières en suspension.

Un nouveau projet de retraitement des matières en suspension (MES) a été lancé en 2007 par RHODIA, comprenant un programme de recherche et développement ayant pour objectif de valider le bilan matière, préciser le cheminement des radionucléides et les quantités ainsi que la qualité des résidus ultimes. Le procédé de valorisation générera toutefois outre des résidus destinés en centre d'enfouissement technique de classe 1 (concentré solide de zirconium notamment), un concentré de nitrate de thorium et d'uranium qui serait stocké en attente de valorisation sur le site lors du retraitement de l'hydroxyde brut de thorium.

Concernant les études de valorisation des hydroxydes bruts de thorium, la société RHODIA a développé un nouveau procédé de traitement, basé sur une première expérience de traitement industriel datant des années 1979-1983, les objectifs de ce projet étant la valorisation de la totalité de l'uranium et des terres rares présents dans ces composés et la séparation et la purification du thorium sous forme de nitrate de thorium. Ce procédé comprend notamment un prétraitement, une séparation des hydroxydes par filtration, une attaque des résidus par l'acide nitrique puis des étapes successives de séparation-purification, par extraction liquide-liquide, du thorium, de l'uranium et des terres rares présents sous forme de nitrates.

L'ASN note que la société RHODIA a une forte expérience dans la mise en œuvre de ce type de procédés hydro-métallurgiques, rendus complexes du fait du mélange du thorium à des terres rares dans les minerais de monazite, et que les procédés de valorisation proposés, en première approche, ne font pas apparaître de sauts technologiques importants par rapport aux procédés existants. Néanmoins, même si les procédés de valorisation du thorium existent, l'utilisation du thorium récupéré est soumise au développement d'une filière thorium dont les difficultés sont rappelées au paragraphe précédent.

ANNEXE 4

à l'avis n° 2009- AV-0075 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 25 août 2009 sur les études remises en application du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008 en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010-2012

Etude transmise par Areva relative à l'évaluation de l'impact à long terme des stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium

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. AREVA est responsable de l'ensemble de ces installations qui, d'un point de vue réglementaire, relève du régime relatif aux installations classées (ICPE).

L'article 10 du décret n°2008-387 relatif au plan national de gestion des matières et déchets radioactifs a demandé pour fin 2008 la réalisation par AREVA :

- d'une évaluation du comportement mécanique et géochimique des résidus de traitement de minerais d'uranium stockés ;
- d'une analyse des perspectives de mise en sécurité à long terme des résidus contenus par des digues de rétention ;
- d'une étude de l'impact à long terme des stockages des résidus prenant en compte un scénario d'évolution normal et des scénarios d'évolution altérés. Cette étude doit préciser, si nécessaire, les mesures envisagées pour renforcer les dispositions de prévention des risques d'exposition du public et proposer un échéancier de mise en œuvre.

En réponse à cette demande, AREVA a produit un rapport relatif à la caractérisation géochimique des résidus de traitement de minerais d'uranium, un rapport relatif à la tenue à long terme des digues de rétention des stockages de résidus de traitement de minerais uranifères et une série de notes techniques relatives à l'évaluation dosimétrique de 9 des 17 sites de stockage de résidus. Ces dernières sont accompagnées d'une note méthodologique présentant les situations prises en compte ainsi que les hypothèses retenues pour calculer les doses correspondantes. La lettre de transmission des notes et rapports précédents fournit une synthèse de l'ensemble des éléments produits et précise les mesures envisagées pour renforcer les dispositions de prévention des risques d'exposition du public.

1 - Caractérisation géochimique des résidus de traitement de minerais d'uranium

L'ASN considère qu'Areva devra établir la synthèse des résultats des travaux complémentaires demandés par l'ASN dès 2007 pour les sites d'Ecarpière, de Lodève, du Brugeaud, du Bernardan, ainsi que ceux réalisés en 2008 dans le cadre du GEP Limousin sur Bellezane. Les résultats de ces travaux ont porté exclusivement sur les résidus de lixiviation dynamique en zone saturée ou non saturée en eau dans la mesure où il s'agissait des résidus les plus actifs.

En prenant en compte les résultats déjà acquis sur les résidus de lixiviation dynamique des 5 sites précédents, l'ASN estime qu'Areva devra définir un programme de caractérisation complémentaire à réaliser dès 2010 sur des sites de stockage de résidus miniers pour améliorer les connaissances scientifiques des évolutions géochimiques à long terme des différents types de résidus. Il apparaît notamment utile de compléter les études sur le comportement géochimique des résidus de lixiviation dynamique aux résidus de lixiviation statique en zone saturée ou non saturée en eau. Areva justifiera le choix des sites retenus afin que le programme d'études de caractérisation puisse être enveloppe des évolutions des 17 sites de stockage de résidus et de l'ensemble des types de résidus. Ces mesures porteront a minima dans un premier temps sur 4 sites complémentaires. En effet, comme le soulignent les travaux du groupe d'expertise pluraliste sur les sites miniers d'uranium du Limousin (GEP Limousin), il apparaît nécessaire d'acquérir une compréhension globale des caractéristiques de chaque stockage et de son évolution prévisible pour définir la meilleure stratégie de gestion à long terme. Le rapport de la CNE de juin 2009 considère également que les travaux

d'études et recherches engagées sur le comportement hydrochimique du site de Bellezane (lixiviation des radionucléides à vie longue) qui est sans doute exemplaire doivent être étendus à d'autres sites. Ces études devront également prendre en compte l'évolution des boues de traitement des eaux qui sont déposées sur ces stockages ainsi que l'évaluation de l'influence locale au sein des résidus des déchets métalliques ou cimentaires provenant du démantèlement des installations de surface.

L'ASN considère qu'Areva devra utiliser l'ensemble des résultats obtenus pour établir une modélisation géochimique permettant de simuler les perturbations envisageables et les évolutions du stockage à long terme (modification de la chimie des eaux d'infiltration notamment en cas d'érosion de la couverture ou de modification du couvert végétal). A l'issue de ces études et des modélisations associées, Areva devra proposer, si nécessaire, des mesures pour renforcer la sûreté à long terme de ses stockages de résidus miniers d'uranium. Des points d'étapes sur ces sujets pourraient être réalisés tous les 3 ans à l'occasion des mises à jour du PNGMDR

2- Tenue à long terme des digues de rétention de stockage des résidus de traitement de minerais d'uranium

Vis-à-vis de la démarche d'ensemble :

La démarche conduite par Areva est conforme au référentiel des installations classées et la stabilité actuelle des ouvrages est satisfaisante. **Cependant compte tenu de la nature des déchets stockés et de la durée de vie supposée des ouvrages , l'ASN considère qu'Areva devra proposer pour fin 2011 un référentiel adapté aux exigences de long-terme assignées aux stockages de résidus, notamment pour la définition et la prise en compte des aléas naturels (séismes) et des scénarios de dégradation des ouvrages (événements pluvieux, crues, érosion interne ...).** Dans ce cadre, Areva devra préciser les niveaux de séisme à prendre en compte site par site en fonction de la nature des ouvrages (sables cyclonés, stériles...) ainsi que les risques associés (notamment risque de liquéfaction pour les sables cyclonés). Areva indiquera la durée de vie attendue ou requise des ouvrages.

L'ASN considère par ailleurs qu'Areva devra préciser pour fin 2011 et pour les niveaux de séisme qui seront définis dans le référentiel de sûreté long terme un programme de vérification de la tenue à long terme, aux, et le cas échéant de caractériser la sollicitation extrême à laquelle les ouvrages des différents sites résistent.

Vis-à-vis de l'application de la démarche aux différents sites :

L'ASN considère qu'AREVA devra procéder à échéances régulières (par exemple tous les dix ans) à une revue de sûreté de ses installations en lien avec le bilan décennal environnemental. Cette revue doit permettre, d'une part de dresser un constat de l'état physique des ouvrages, d'autre part d'effectuer un diagnostic du niveau de sûreté du stockage au regard du référentiel de sûreté à long terme, et compte tenu de l'état de chaque ouvrage, de la connaissance géotechnique de chaque ouvrage, des données de la surveillance et des progrès des connaissances techniques et scientifiques. Selon les spécificités de chaque digue et de la cinétique d'évolution des phénomènes susceptibles d'affecter leur niveau de sûreté, les échéances pourront être rapprochées ou au contraire espacées. Ces revues de sûreté devront être en particulier l'occasion pour AREVA d'indiquer et de réexaminer les parades et mesures compensatoires qu'il prévoit de mettre en œuvre en fonction des différents seuils d'alertes et des configurations spécifiques à chaque digue.

L'ASN estime qu'Areva devra proposer un planning de visite d'expert relatif à la tenue des digues et organes annexes pour chacun des sites et la périodicité de ces visites pour garantir la surveillance des ouvrages. Areva veillera à débiter cette expertise par les sites présentant un état des connaissances géotechniques moindres ou des visites plus anciennes.

Enfin, l'ASN recommande de demander à Areva de proposer un dispositif afin de supprimer la digue des Bois Noirs (site du Forez) et de mettre en place ce nouveau dispositif d'ici 2016. Le planning de visite précédemment évoqué devra prendre en compte cette évolution.

3 - Evaluation de l'impact dosimétrique des sites de stockage de résidus de traitement de minerais d'uranium

Vis-à-vis de la méthode d'évaluation des impacts dosimétriques à long terme :

La méthode appliquée par AREVA NC pour l'évaluation des impacts dosimétriques à long terme des stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium constitue une avancée certaine pour l'évaluation de l'impact à long terme de ce type de stockage et correspond à une première application concrète de la démarche formalisée par la circulaire du ministre en charge de l'environnement du 7 mai 1999 relative au réaménagement des stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium. L'ASN juge que cette méthode est cohérente avec les principes développés dans la doctrine en matière de réaménagement des stockages de résidus de traitement de minerais d'uranium de 1999, en particulier pour ce qui concerne la définition des scénarios de référence, des cinq scénarios dits altérés, des groupes de référence ou de la réalisation d'études de sensibilité. Il est également important de souligner qu'elle est également cohérente avec l'approche mise en œuvre pour les stockages de surface de l'Andra, notamment au travers des scénarios altérés de type chantier routier ou résidence sur le stockage. Cependant, l'ASN considère que les points suivants nécessitent d'être revus, complétés ou mieux justifiés :

- le scénario de rupture de digue pour lequel l'hypothèse d'une instabilité limitée à une surface de 200 m² et n'entraînant aucun déversement de résidus devra être revu ou dûment justifié ;
- l'ingestion de résidus par les enfants en bas âge devrait être retenue en tant que voie d'exposition dans le cas du scénario de résidence sur le stockage en l'absence de couverture, même en considérant que lors de l'aménagement des lieux de résidences, la surface du stockage est recouverte par 30 cm de terre végétale ;
- les spécificités de certains sites dans la définition des situations à retenir devraient être mieux prises en compte. De manière plus générale sur chaque site, les caractéristiques des eaux devraient être mieux définies en intégrant d'une part les possibilités de contamination des eaux souterraines, d'autre part les évolutions envisagées de la qualité des rejets en fonction du temps ;
- les hypothèses et paramètres retenus pour ses calculs de transfert et d'accumulation du radon dans une maison dans le cadre des scénarios de résidence sur un stockage devront être revus.

Areva devra veiller à toujours tracer simplement les hypothèses et paramètres utilisés, à détailler ses résultats intermédiaires, afin de garantir la pertinence des doses calculées.

Areva devra s'assurer pour les scénarios d'évolution normale de la cohérence entre les doses résultant de calculs de modélisation et celles issues des résultats de surveillance. Il est en effet particulièrement important de pouvoir éprouver la pertinence des résultats de modélisation en les confrontant à des données mesurées ou à des ordres de grandeur connus pour des conditions comparables. La comparaison des résultats intermédiaires issus des calculs de modélisation et des valeurs d'énergie alpha potentielle volumique et de débit d'équivalent de dose mesurées sur chacun des sites considérés serait également utile.

En conséquence, l'ASN recommande qu'il soit demandé à Areva de mettre à jour pour fin 2011 les notes techniques des 9 sites de stockages déjà étudiés.

Vis-à-vis de l'acceptabilité des impacts calculés et l'identification d'actions susceptibles de renforcer les dispositions de prévention des risques d'exposition des populations :

L'ASN considère qu'AREVA devra étudier la faisabilité de mettre en place des actions susceptibles de diminuer l'exhalation de radon sur les sites de Gueugnon, de l'Ecarpière et du

site industriel de Bessines (SIB, regroupant les sites du Brugeaud et de Lavaugrasse), par exemple en adaptant l'épaisseur et les caractéristiques de la couverture. L'ASN a bien noté qu'Areva s'est déjà engagée à mener des investigations complémentaires sur l'efficacité de la couverture du site de Gueugnon.

Pour la phase de surveillance non garantie du scénario d'évolution normale, l'analyse des résultats montre que la qualité des eaux est un paramètre clef à étudier pour rechercher des solutions visant à abaisser les impacts actuels et futurs des sites de stockage. L'ASN préconise qu'il soit demandé à Areva d'améliorer, à terme, la définition des niveaux de contamination des eaux à retenir pour chacune des phases de vie des stockages et pour cela, d'améliorer la connaissance d'une évolution potentielle du terme source et la qualité de ces eaux. Pour cela, Areva pourrait réaliser, pour 2011, un bilan historique (phase d'exploitation à nos jours) de toutes les anomalies ou « relargage brutal » mesurés lors de la surveillance des eaux des sites et proposera un programme de recherches pour approfondir les connaissances nécessaires à la sûreté des stockages à long terme ainsi que l'échéancier associé.

L'ASN considère qu'AREVA devra réexaminer, pour fin 2011, l'efficacité des couvertures de chacun des stockages à la lumière des résultats des évaluations d'impact à long terme et évaluer le bénéfice qui pourrait être obtenu en augmentant l'épaisseur de recouvrement des résidus.

ANNEXE 5

à l'avis n° 2009- AV-0075 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 25 août 2009 sur les études remises en application du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008 en vue de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010-2012

Position de l'ASN concernant les stériles et les anciens sites miniers d'uranium

Dans le prolongement des actions qui ont déjà été menées par les pouvoirs publics, il est aujourd'hui nécessaire de poursuivre de manière résolue la gestion des anciennes mines d'uranium. Dans cette perspective, le Ministère chargé de l'écologie et l'ASN ont défini un plan d'actions composé des mesures suivantes :

1. Contrôler les anciens sites miniers ;
2. Améliorer la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la surveillance ;
3. Gérer les stériles : mieux connaître leurs utilisations et réduire les impacts si nécessaire ;
4. Renforcer l'information et la concertation.

L'ASN recommande que certaines de ces actions ou dispositions soient détaillées dans le prochain PNGMDR. Ces actions sont explicitées ci-dessous.

Améliorer la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et leur surveillance

Il apparaît important de réduire les rejets diffus et d'améliorer le traitement des rejets (en privilégiant les « techniques douces »), en particulier au regard de l'impact sur les milieux environnants. En effet, comme le souligne la CNE dans son rapport de juin 2009, il apparaît peu envisageable d'améliorer l'efficacité du traitement des eaux tel que réalisé actuellement dans chacune des stations de traitement. En revanche, ce traitement pose le problème de l'introduction de substances chimiques étrangères dans l'environnement aquatique (baryum, aluminium). L'ASN estime qu'une **évaluation des pratiques actuelles de traitement des eaux devra être réalisée par AREVA pour fin 2011. Dans ce cadre, Areva devra prendre en compte l'ensemble des risques chimiques et radiologiques, des pratiques actuelles de traitement des eaux des sites miniers et des rejets liquides associés (aluminium, baryum, radium, uranium). Areva devra également préciser un échéancier de ses recherches sur les procédés alternatifs.** De plus, le marquage des sédiments étant lié aux quantités d'uranium et de radium émises dans le réseau hydrographique après traitement, l'ASN estime qu'Areva devra préciser la relation entre les flux rejetés et l'accumulation de sédiments marqués dans les rivières et surtout les lacs, notamment au travers d'une étude de la caractérisation radiologique fine des sédiments en fonction de leur granulométrie et en fonction du régime hydraulique des cours d'eau.

L'ASN considère qu'Areva devra poursuivre la réhabilitation des anciens sites qui le requièrent dans l'objectif de leur parfaite intégration dans leur environnement local et sur le long terme.

L'ASN estime qu'Areva devra réévaluer la surveillance environnementale de tous les sites miniers (de leurs annexes, des installations de traitement et des stockages de résidus et de stériles...) pour, au besoin, définir une surveillance encore plus adaptée.

Si la gestion in situ des résidus de traitement de minerai et des stériles de sélectivité est acceptable compte tenu du volume et des activités de ce type de déchets, les questions qui se posent concernent la surveillance institutionnelle à long terme et les conséquences en cas d'une utilisation inadaptée, dans le futur, des terrains concernés. En effet, les caractéristiques propres des déchets miniers sont que les radioéléments naturels présents ont de longue durée de vie et émettent des descendants radioactifs sous forme gazeuse comme le radon. Le rapport définitif de fin 2009 relatif aux travaux du groupe d'expertise

pluraliste sur les sites miniers d'uranium du Limousin (GEP Limousin) devrait éclairer l'administration et l'exploitant sur les perspectives de gestion à long terme. Le GEP s'est attaché à préciser les différentes fonctions opérationnelles et administratives mises en jeu dans la surveillance (acquisition de connaissances, mesures, traitement, contrôle, application de servitudes, mémoire...) et leur nécessaire phasage dans le court, moyen et long terme pour assurer la maîtrise des sites. Les conclusions des réflexions du GEP sur la surveillance institutionnelle à long terme des sites de stockage de résidus miniers (prévues pour fin 2009) devraient permettre également d'améliorer la surveillance à mettre en place sur les autres anciens sites miniers. Ces recommandations attendues pour fin 2009 pourront être reprises par AREVA dans sa réflexion sur la sûreté à long terme des sites de stockage de résidus miniers.

En outre, certains des déchets produits par les activités minières n'ont pas toujours été déposés sur des terrains adaptés a priori à la fonction de stockage qu'ils assument aujourd'hui de fait. **L'ASN considère que les études d'inventaire et d'analyses des risques résiduels, en cours dans le cadre du projet Mimausa et dans le cadre du plan d'action d'Areva en cours devront conduire si nécessaire au réaménagement de « sites oubliés » ou s'accompagner, par exemple, de restrictions d'usage pour ces terrains.**

Gérer les stériles : mieux connaître leurs utilisations et réduire les impacts si nécessaire

Les stériles des anciennes mines d'uranium présentent un marquage radioactif qui ne peut pas toujours être négligé au regard de la radioprotection. La réutilisation de ces stériles dans l'environnement peut conduire, au fil des ans, à ce que l'usage du sol ne soit pas compatible avec la présence de tels stériles (par exemple en cas de constructions d'habitations à l'aplomb de tels remblais). Sans remettre a priori de manière systématique en cause les utilisations passées, il est important de recenser les lieux de réutilisation des stériles et de vérifier la compatibilité des usages à l'aplomb et dans l'environnement immédiat des zones où des stériles ont été utilisés. **L'ASN considère qu'AREVA NC devra procéder, pour fin 2011, au recensement des lieux de réutilisation des stériles pour l'ensemble des anciennes mines d'uranium, sur la base d'une méthode de recensement qui devra être développée, qualifiée puis mise en œuvre sur le tiers des surfaces à investiguer sous un an, vérifier la compatibilité des usages sur les sites identifiés et, si nécessaire, procéder à leurs réaménagements.**

A la demande de l'ASN, Areva a adapté la méthodologie d'évaluation de l'impact dosimétrique à long terme des stockages de résidus au cas des stériles. L'ASN estime que **cette étude sur la réutilisation des stériles miniers mérite d'être complétée afin que les valeurs retenues par Areva pour les différents scénarios soient plus exhaustifs et suffisamment majorants : prise en compte des différentes classe d'âges pour tous les scénarios, activité maximale pour les stériles de sélectivité,.... Areva devra également appliquer sa méthodologie d'évaluation de l'impact à long terme au cas des verses à stérile.** A cet effet il pourra être nécessaire de revoir les hypothèses de modélisation des transferts du radon depuis la verse contenant des stériles de sélectivité vers l'habitation supposée construite au dessus pour ce type de scénario.

Le rapport de juin 2009 de la CNE précise que les stériles utilisés dans les couvertures ou les verses, n'évoluent que peu chimiquement et que des campagnes de caractérisation et de mesure des eaux qui lixivient des stériles sont en cours. **L'ASN estime qu'Areva devra corrélérer ses résultats aux modèles géochimiques qu'elle aura développés pour les stockages de résidus fin 2012.**