

Fontenay-aux-Roses, le 20 décembre 2011

Direction de la sûreté des usines,  
des laboratoires, des transports  
et des déchets

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2011-515

Objet : Études relatives à la gestion des matières radioactives transmises dans le cadre du Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs

Référence : Lettre ASN CODEP-DRC-2011-027790 du 10 juin 2011

Par lettre citée en référence, vous demandez l'avis et les observations de l'IRSN sur les études relatives aux filières possibles de gestion des matières valorisables, réalisées à titre conservatoire par AREVA, Rhodia, EDF et le CEA, dans le cas où ces matières seraient à l'avenir qualifiées de déchets, conformément au Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs.

Vous demandez à l'IRSN d'examiner la pertinence et/ou la suffisance des hypothèses générales retenues dans les études précitées, y compris celles relatives à l'inventaire des matières, en particulier d'un point de vue chimique et radiologique, ainsi que leur caractère pénalisant. Vous demandez également que soient examinées les conclusions de ces études, notamment (i) la pertinence du choix de l'option technique (milieu, conception) retenue par les exploitants au regard de l'ensemble des situations de stockage (en particulier les situations dégradées) et (ii) l'ordre de grandeur des résultats obtenus. Enfin, vous demandez de vous faire part des éventuelles préconisations qui pourraient être définies vis-à-vis de la gestion sûre de ces matières si elles étaient requalifiées en déchets.

Les matières valorisables concernées sont l'uranium appauvri (UAP), l'uranium de recyclage issu du traitement des combustibles usés (URT) ainsi que les matières thorifères.

### Inventaire

AREVA détient environ 250 000 t d'UAP produit lors des opérations d'enrichissement de l'uranium naturel pour le cycle français, actuellement entreposées à Pierrelatte et Bessines-sur-Gartempe, majoritairement sous forme d' $U_3O_8$  en poudre compactée et en partie sous forme d' $UF_6$ , en attente de défluoration. Le CEA détient 124 t d'UAP réparties sur de nombreux sites. L'activité massique actuelle de l'UAP est estimée par AREVA à 40 kBq/gU. Il s'agit essentiellement d'uranium 238 et 235 (0,27 %) et de leurs descendants. Les matières entreposées sous forme d' $U_3O_8$  contiennent des impuretés, en particulier de l' $UO_2F_2$ .

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



Système de management  
de la qualité IRSN certifié

Par ailleurs, environ 20 000 t d'URT (13 000 t appartenant à EDF et 7 000 t à AREVA), provenant du mono-recyclage des combustibles UNE (uranium naturel enrichi en uranium 235) usés, sont actuellement entreposées à Pierrelatte sous forme de poudre d' $U_3O_8$ . L'activité massique actuelle est en moyenne, selon les exploitants, légèrement inférieure à 100 kBq/gU. L'inventaire radioactif fait état de la présence de radionucléides de périodes courtes comme le strontium 90 et le césium 137, et longues tels que les isotopes de l'uranium (233 à 238), le chlore 36 et l'iode 129.

Enfin, environ 38 000 t de matières thorifères sont détenues par AREVA et Rhodia, respectivement issues de l'exploitation des gisements d'uranothorianite de Madagascar et du traitement de minerais de terres rares. Les matières thorifères d'AREVA, sous forme de nitrate de thorium cristallisé (5 500 t), sont entreposées à Cadarache (auparavant sur le centre CEA du Bouchet). Les matières thorifères de Rhodia, sous forme d'hydroxydes bruts de thorium (21 755 t) et de nitrate de thorium (10 742 t), essentiellement coulé, mais aussi cristallisé ou en solution, sont entreposées à La Rochelle. Rhodia indique que le nitrate de thorium qu'il détient, dont l'activité massique est de 5 kBq/g, contient notamment des éléments de la chaîne de filiation de l'uranium 238 (5% de l'activité). Les hydroxydes bruts de thorium, dont l'activité massique est d'environ 2 kBq/g, contiennent des oxydes de terres rares et de l' $U_3O_8$ ; les chaînes de filiation des uraniums 238 et 235 représentent respectivement 10% et 1% de l'activité massique des hydroxydes bruts de thorium.

L'IRSN constate que les quantités de matières uranifères présentées par les exploitants sont cohérentes avec les données fournies par EDF à l'issue du comptage des stocks en 2008 et avec les simulations de l'IRSN relatives à la production par le cycle, présentées lors de la réunion des groupes permanents d'experts « usines » et « déchets » du 30 juin 2010 relative au « Cycle du combustible REP français ». Ainsi, l'inventaire d'UAP couvre le stock issu de l'enrichissement d'uranium naturel pour le cycle français et celui issu de l'enrichissement pour l'étranger. L'inventaire d'URT présenté par AREVA et EDF correspond bien à la somme des matières provenant d'une part des réacteurs nucléaires uranium naturel-graphite-gaz, d'autre part du traitement des combustibles UOX (« Uranium Oxyde ») irradiés dans les réacteurs à eau pressurisée de première et de deuxième génération. L'IRSN considère en outre que les principales caractéristiques chimiques et radiologiques des matières uranifères prises en compte par les exploitants sont correctement identifiées et globalement enveloppées. Par ailleurs, les quantités de matières thorifères ainsi que leurs caractéristiques radiologiques et chimiques retenues par Rhodia sont similaires à celles présentées par l'Andra lors de la réunion du groupe permanent d'experts « déchets » du 20 mars 1995 relative au « Concept d'un stockage de déchets radifères ». Enfin, les quantités de matières thorifères détenues par AREVA sont cohérentes avec celles recensées dans l'inventaire national des matières et déchets radioactifs (rapport de synthèse produit par l'ANDRA en 2009). L'IRSN conclut que, pour une première étude des filières possibles d'élimination de ces matières uranifères et thorifères, l'ordre de grandeur des quantités de ces matières présenté par les exploitants est pertinent et que la description de leurs principales caractéristiques physiques, chimiques et radiologiques est suffisante.

Toutefois, l'IRSN remarque qu'AREVA ne présente pas les caractéristiques radiologiques et chimiques des matières thorifères qu'elle détient, pour des raisons de protection de l'information. Il conviendrait que celles-ci soient précisées si le stockage de ces matières devait être décidé à l'avenir.

### Concept de stockage

De manière générale, l'IRSN rappelle qu'une installation de stockage de déchets radioactifs est conçue pour permettre la décroissance de l'essentiel de l'activité contenue dans les déchets en prévenant les risques de dissémination de substances radioactives pendant une durée permettant d'atteindre un niveau résiduel d'activité tel que les expositions de l'homme et de l'environnement restent acceptables, même en cas de perte significative des propriétés de confinement de l'installation. Cet objectif est atteint en adaptant les moyens mis en œuvre pour assurer la sûreté de l'installation aux risques associés aux déchets stockés : la sûreté de l'installation de stockage doit reposer sur un ensemble de dispositions d'autant plus performantes et peu sensibles aux aléas que la nocivité des déchets à recevoir est élevée.

L'activité massique des matières concernées (de l'ordre de la dizaine à la centaine de kBq/g) et leur contenu en radionucléides à vie longue conduisent AREVA, EDF, le CEA et Rhodia à retenir un stockage en sub-surface similaire à celui envisagé par l'Andra en 2009 pour des déchets de faible activité et à vie longue (déchets dits « FAVL »). Les études relatives à la gestion de l'URT et des matières thorifères retiennent ainsi le principe d'un stockage de type « stockage en couverture remaniée » (SCR), constitué d'alvéoles de stockage d'environ 10 m de haut, implantées au sein d'une formation argileuse, *a minima* 30 m au-dessus d'une formation aquifère, et recouvertes de matériaux (argile, remblais, terre) sur une quinzaine de mètres d'épaisseur. Le stockage de l'UAP, dont la configuration n'est pas détaillée, est envisagé au sein d'une formation argileuse d'une puissance supérieure à 40 m. Il pourrait donc relever d'un concept de stockage de même type.

Les évaluations de l'impact radiologique et chimique de ce type de stockage présentées par les exploitants retiennent la diffusion en milieu réducteur saturé en eau comme mécanisme de transfert principal des radionucléides dans la formation hôte et dans la couverture. Certaines de ces évaluations incluent une analyse de sensibilité à des paramètres caractéristiques du milieu géologique (épaisseur de la couche, propriétés hydrodynamiques, conditions oxydo-réductrices...). Une situation dégradée postulant l'intrusion humaine après perte de la mémoire du stockage est prise en compte, mais non explicitée (aucune précision sur la nature de l'intrusion n'est donnée) pour le seul cas des matières thorifères. Les exploitants concluent à un impact radiologique et chimique « négligeable » pour les matières thorifères, « très faible » pour l'URT, et « inférieur » aux recommandations de l'AFSSA sur la teneur en uranium pour les eaux de boisson pour l'UAP.

L'IRSN estime que le choix d'une roche de nature argileuse comme formation hôte d'un stockage de déchets uranifères ou thorifères est *a priori* adapté à la nature de ces déchets en raison des propriétés hydrauliques et de rétention des argiles saturées en eau, qui sont favorables à la limitation de la migration des radionucléides.

En revanche, l'IRSN considère que la profondeur envisagée pour un éventuel stockage de ces matières, d'environ 15 m, est particulièrement vulnérable à l'intrusion humaine. L'IRSN rappelle qu'une profondeur d' *a minima* plusieurs dizaines de mètres est nécessaire pour réduire significativement les risques d'intrusion liée aux activités humaines courantes (routes, résidences, chantiers urbains, mais aussi immeubles et tunnels remaniant le terrain sur plusieurs mètres en cas de développement urbain). Compte tenu du concept retenu par les exploitants, l'IRSN estime que le risque d'intrusion aurait dû être systématiquement pris en compte dans les évaluations d'impact transmises. Par ailleurs, la conclusion des exploitants quant à l'absence ou la faiblesse de l'impact du stockage des matières uranifères et thorifères repose principalement sur l'hypothèse du maintien de l'intégrité et des performances de la couverture argileuse. Or, l'IRSN rappelle que l'activité massique des matières uranifères et thorifères ne diminuera pas dans le temps ou augmentera jusqu'à l'atteinte de l'équilibre séculaire (180 kBq/gU pour l'UAP). Le risque radioactif présenté par ces matières persistera donc sur une très longue durée, pour laquelle il est impossible de retenir la pérennité de l'intégrité de la couverture, eu égard notamment aux phénomènes d'intrusion précités ou aux effets géodynamiques et climatiques (érosion des terrains, glaciations, etc.). Ainsi le maintien sans limitation dans le temps de conditions réductrices permettant de limiter les relâchements de radionucléides et de toxiques chimiques (voie eau) ainsi que d'un niveau de saturation en eau suffisant pour permettre de confiner le radon dans la couverture (voie air) est une hypothèse qui ne peut pas être retenue, pour les concepts de stockage présentés par les exploitants.

Aussi, l'IRSN estime que les évaluations présentées dans les dossiers transmis sont insuffisantes et ne permettent pas de conclure à l'absence d'impact radiologique et chimique significatif du stockage en sub-surface des matières uranifères et thorifères, tel qu'envisagé par les exploitants. En outre, compte tenu de l'activité massique relativement élevée de l'essentiel des matières considérées (de 10 à 1000 fois plus élevée que l'activité moyenne des dépôts de résidus miniers) et sur la base des éléments développés à ce stade par les exploitants, le stockage à 15 m de profondeur de ces matières ne peut pas être considéré comme robuste eu égard aux risques d'agression liés aux intrusions humaines et aux phénomènes naturels susceptibles de survenir à long terme.

L'IRSN souligne que dans les documents transmis, les études relatives à l'inventaire, aux concepts de stockage et à l'évaluation d'impact ne sont présentées que de manière succincte. Une analyse plus détaillée des conditions permettant le stockage sûr des matières uranifères et thorifères reste à conduire.

Parmi les voies d'approfondissement possibles de la réflexion sur les filières d'élimination, la recherche de solutions permettant de réduire l'activité des matières par unité de surface de stockage, par exemple au moyen d'une dilution par des matériaux stériles, pourrait être étudiée. L'IRSN estime toutefois qu'une telle solution ne peut concerner qu'un tonnage limité de matières, d'activité massique relativement faible (matières thorifères par exemple), et semble difficilement envisageable pour l'élimination des matières uranifères, compte tenu des quantités et des activités en jeu. Pour ces dernières, l'IRSN estime que la recherche de solutions de stockage en milieu géologique

permettant de protéger à long terme l'homme et l'environnement de la nocivité de ces matières devrait être privilégiée.

Aussi, l'IRSN recommande que les exploitants approfondissent leur réflexion relative aux conditions géologiques plus particulièrement favorables au confinement et à l'isolation, sur une durée aussi longue que possible, des matières uranifères et thorifères inventoriées dans les présentes études. La profondeur d'enfouissement, l'épaisseur et les performances recherchées des formations hôtes possibles, les conditions hydrogéologiques et géochimiques ainsi que le contexte géologique et géodynamique de sites favorables devront notamment être précisés. Dans le cas où il ne pourrait pas être exclu que les phénomènes géologiques à long terme dégradent significativement la capacité de confinement et d'isolation du stockage, le potentiel de ces phénomènes à disperser les substances radioactives et chimiques contenues et ainsi limiter suffisamment leur accumulation dans l'environnement directement accessible à l'homme devra également être apprécié. Enfin, l'IRSN recommande que ces études génériques s'appuient autant que faire se peut sur les connaissances scientifiques disponibles (évolution géochimique des matières, mécanismes de transferts en milieu géologique, évolution géodynamique...) et sur des observations concrètes de sites présentant des analogies avec le stockage de matières uranifères et thorifères (gisements d'uranium ou de thorium notamment), afin de démontrer le bien fondé des options d'élimination envisagées. S'agissant de l'évaluation de l'impact radiologique et chimique potentiel des matières éventuellement dispersées à long terme, l'expérience acquise concernant les stockages de résidus miniers ou les sites présentant des niveaux d'activité naturelle élevés devra notamment être mise à profit.

En conclusion, l'IRSN estime que les concepts de stockage envisagés à titre conservatoire par AREVA, Rhodia, EDF et le CEA dans les dossiers transmis dans le cadre de la présente évaluation ne justifient pas à ce stade d'un caractère suffisamment robuste au regard de la protection de l'homme et de l'environnement contre la nocivité des matières qui seraient éliminées par ce moyen. L'étude du stockage de ces matières, en complément de celle relative à leur valorisation dans le cycle électronucléaire, doit donc être poursuivie selon les orientations exprimées dans le présent avis.

l'Adjoint au Directeur de la sûreté des usines,  
des laboratoires, des transports et des déchets

Patrick COUSINOU

**Copies :**

- M. Le Directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire
- Mme la Directrice de l'ASN/DRC - FAR (2 exemplaires)