

N° 2 : LES DÉCHETS RADIOACTIFS À HAUTE ACTIVITÉ ET À VIE LONGUE : RECHERCHES ET RÉSULTATS ACQUIS AU TERME DE LA LOI

La loi du 30/12/91 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs définit trois axes de recherche : séparation-transmutation, stockage géologique, entreposage et conditionnement. Les organismes chargés de mener ces recherches, l'agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) et le commissariat à l'énergie atomique (CEA) ont rendu public cette année les résultats de leurs travaux.

Ce sont ces résultats que le CLIS a souhaité mettre à la disposition du grand public.



En France, près de 80% de l'électricité est d'origine nucléaire et génère des substances radioactives classées en fonction de leur durée de vie et de leur niveau d'activité (cf. encadré), et qui doivent être gérées de façon sûre pour l'homme et l'environnement, en fonction des réglementations édictées notamment pour la santé publique.

Les déchets de haute et moyenne activité et à vie longue (HAVL et MAVL), les plus dangereux, sont de deux types :

- les déchets de haute activité, qui proviennent du retraitement du combustible usé, sont conditionnés dans des verres coulés dans des fûts en inox. Ils dégagent une forte chaleur (déchets exothermiques).
- les déchets de moyenne activité à vie longue sont les plus abondants. Ils sont conditionnés par compactage ou dans des matrices de bitume ou de béton et sont placés dans des fûts en béton ou en acier.

Bien que destinés à un futur retraitement et donc considérés comme matière valorisable, les combustibles usés non retraités doivent également faire l'objet d'études pour leur gestion.

La loi du 30 décembre 1991 (dite loi Bataille), aujourd'hui reprise dans l'article L542 du Code de l'Environnement,

prévoit pour ces déchets un important programme de recherches structuré autour de trois axes qui apparaissent complémentaires et non alternatifs.

L'ANDRA est chargée d'étudier la faisabilité d'un stockage en formation géologique profonde (axe 2), tandis que le CEA pilote les travaux relatifs à la séparation et à la transmutation (axe 1) ainsi que ceux qui concernent l'entreposage de longue durée et le conditionnement des déchets (axe 3).

Les objectifs sont à la fois de réduire les quantités et la nocivité de ces déchets et de les confiner afin de retarder la migration des radionucléides éventuellement relâchés (leur nocivité diminuant avec le temps).

La loi prévoit en son article 4 qu'en 2006 « le gouvernement adressera au Parlement un rapport global d'évaluation de ces recherches, accompagné d'un projet de loi, autorisant, le cas échéant, la création d'un centre de stockage des déchets radioactifs ».

L'objet de cette lettre est de présenter les principales conclusions établies par les organismes en charge des recherches prévues par la loi, qui ont été remise au gouvernement le 30 juin 2005.

CLASSIFICATION FRANCAISE DES DECHETS RADIOACTIFS - MODE DE GESTION - VOLUMES

(en m³, précisions 2020)

| | VIE TRÈS COURTE | VIE COURTE (VC) < 30 ANS | VIE LONGUE (VL) > 30 ANS |
|-----------------------------------|--|---|--|
| TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ (TFA) | Déchets gérés en laissant décroître la radioactivité sur place | Centre de stockage TFA (515 991 m ³) | |
| FAIBLE ACTIVITÉ (FA) | | ■ Centre de stockage de surface (actuellement Centre de stockage FMA de l'Aube) | A l'étude (87 431 m ³) (déchets radifères, déchets de graphite) |
| MOYENNE ACTIVITÉ (MA) | | ■ A l'étude pour les déchets tritiés (1 196 880 m ³) | A l'étude dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991 (54 509 m ³) |
| HAUTE ACTIVITÉ (HA) | | A l'étude dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991 (3 621 m ³) | |

Axe 1 Synthèse élaborée par le secrétaire scientifique du CLIS à partir des documents remis par le CEA.

Séparation et transmutation des radionucléides à vie longue.

Le principe général de l'axe 1 est la réduction des quantités et de la nocivité des déchets radioactifs et l'amélioration du recyclage du combustible usé issu des centrales nucléaires qui contient encore 95% de matière valorisable (uranium et plutonium). Les 5% restants constituent le déchet ultime. Il s'agit de produits de fission et d'actinides mineurs qui sont très radioactifs. En France, on traite la majeure partie du combustible usé afin de :

- récupérer les matières énergétiques valorisables (fabrication du combustible MOX),
- conditionner les déchets ultimes en les incorporant dans un verre afin d'éviter la dispersion des éléments radioactifs.

Parmi les déchets ultimes, moins de 10% ont une période radioactive qui peut atteindre plusieurs millions d'années. Il s'agit des actinides mineurs et de certains produits de fission qui font l'objet de recherches qui visent à les extraire du combustible usé (séparation) et les éliminer en les transformant en éléments non radioactifs ou à vie plus courte (transmutation).

La séparation poussée

Actuellement, le retraitement du combustible usé a pour fonction d'extraire uranium et plutonium (procédé Purex) et de vitrifier les déchets ultimes. Le plutonium extrait est ensuite réintroduit dans certaines centrales sous forme de MOX. La séparation poussée vise à compléter le procédé Purex en extrayant, par étapes successives, certains actinides mineurs et certains produits de fission. Le déchet ultime ainsi traité est moins radioactif et moins chaud que le déchet actuel.

Les équipes du CEA, en collaboration avec des laboratoires français et étrangers, ont montré que le procédé Purex adapté permet de récupérer 99% du neptunium et de l'iode et plus de 95% du technétium. L'extraction de l'américium et du curium s'est révélée plus complexe et a nécessité la mise en place de procédés spécifiques.

La faisabilité en laboratoire de la séparation poussée des actinides mineurs et des produits de fission a été établie et devra être confirmée, courant 2005, par le test des procédés en continu sur des quantités plus importantes de combustible usé (faisabilité industrielle).

La transmutation

Après séparation, la transmutation vise à transformer les éléments radioactifs à vie longue en éléments stables ou de durée de vie plus courte.

Les trois outils étudiés pour réaliser la transmutation sont les réacteurs à neutrons thermiques (réacteurs à eau sous pression actuels d'EDF), les réacteurs à neutrons rapides (type Phénix) et des installations couplant un accélérateur de particules à un réacteur sous-critique à neutrons rapides (ADS).

Seule la filière à neutrons rapides donne des résultats encourageants pour les actinides mineurs.

La transmutation des produits de fission à vie longue, théoriquement possible, a rencontré des problèmes techniques amenant à écarter cette option sur le plan industriel.



Centrale Phénix



Cœur du surgénérateur

Axe 2 Synthèse élaborée par le secrétaire scientifique du CLIS à partir des documents remis par l'ANDRA.

Stockage géologique des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue.

Le stockage géologique doit permettre d'isoler les déchets le plus longtemps possible de la biosphère en retardant pendant plusieurs centaines de milliers d'années le retour des éléments dangereux vers l'environnement. Pour ce faire, l'ANDRA a développé des concepts de stockage (cf. schéma) reposant sur le principe « multibarrière » (matrice de confinement, barrière ouvragée et barrière géologique)

Argile et granite : 2 programmes de recherches

L'ANDRA a étudié la faisabilité d'un stockage géologique dans deux types de roches différentes : l'argile et le granite.

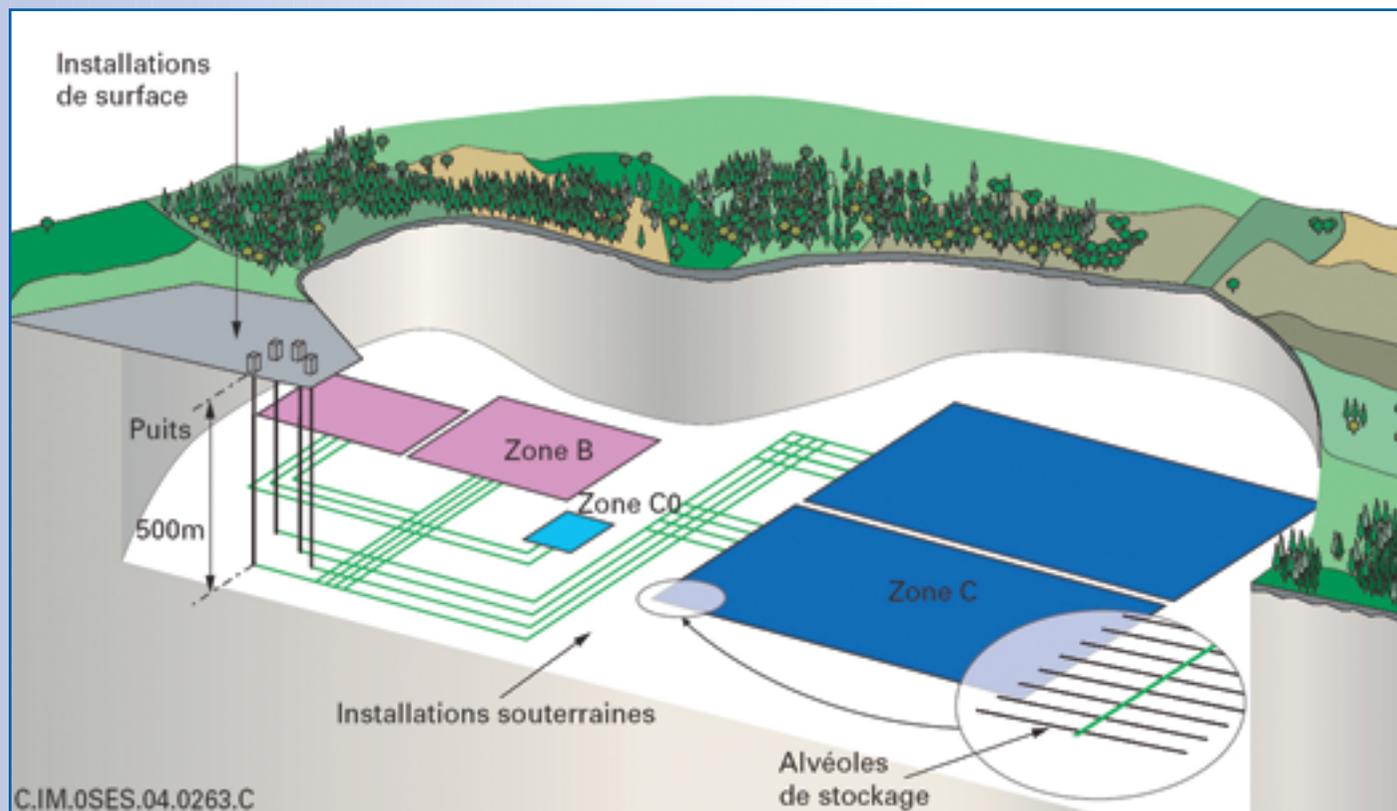
Les études portent sur quatre domaines complémentaires.

- L'acquisition de données sur les colis de déchets, le comportement des matériaux utilisés dans un éventuel stockage, les milieux géologiques argileux et granitiques.
- La conception du stockage : conditionnement des déchets, architecture et intégration dans un site géologique, modes d'exploitation et réversibilité.
- L'analyse du comportement à long terme du stockage et la modélisation de son évolution thermique, mécanique, chimique et hydraulique.
- Les analyses de sûreté à long terme.

Pour le stockage en milieu argileux, l'ANDRA développe ses recherches dans un laboratoire souterrain situé sur les territoires de Meuse et de Haute-Marne en cours de creusement à 490m de profondeur dans une couche d'argilite vieille de 155 millions d'années, le Callovo-Oxfordien. Des études ont également été menées dans le laboratoire suisse du mont Terri qui présente une argile proche de celle de Bure.

Pour le granite, l'ANDRA ne dispose pas d'un tel équipement en France. Les travaux menés principalement dans des laboratoires étrangers souterrains, ont eu pour but d'apprécier l'intérêt du milieu granitique pour le stockage mais ne présentent pas de conclusions précises sur les performances d'un tel stockage.

*Schéma de principe d'une architecture de stockage
(tiré du dossier de synthèse "Dossier 2005 Argile", ANDRA)*



Le site de Meuse/Haute-Marne

Depuis 1994, l'ANDRA a acquis un nombre important de données qui lui permettent de considérer que l'argilite du Callovo-Oxfordien présente des caractères favorables à un stockage de déchets HAVL : très faible perméabilité, homogénéité, zone très faiblement sismique, circulation d'eau très lente, bonnes propriétés mécaniques, minières, thermiques et de confinement des radio-éléments. Une zone de 200km² située au nord et à l'ouest du laboratoire présenterait ce caractère favorable (zone de transposition), cette évaluation devant être confirmée par des recherches complémentaires.

Sûreté à long terme et réversibilité

sont les deux principes guidant la conception du stockage. Les trois fonctions majeures d'un stockage (immobiliser les radio-éléments, retarder le temps de migration et empêcher les circulations d'eau) sont assurées par des barrières et des composants différents et redondants (matrice de confinement, colis, barrières ouvragée et géologique).

L'évaluation de sûreté

Elle est réalisée à partir de scénarios intégrant des évolutions attendues et des événements accidentels (intrusion, défaillance des fonctions de sûreté). L'impact du stockage sur l'homme et l'environnement a été calculé à l'aide de modèles sur une période de 1 million d'années. L'analyse de l'ANDRA montre que dans toutes les situations envisagées, normales ou altérées, les trois fonctions de sûreté principales seraient remplies. La formation géologique du Callovo-Oxfordien jouerait à ce titre un rôle majeur dans la sûreté d'un stockage.

Conditionnement et entreposage de longue durée.

Le principe de cet axe est d'étudier et de définir des procédés de conditionnement des déchets HAVL (étude des matrices de confinement et des colis de déchets) mais également de mener des recherches sur leur entreposage de longue durée en surface ou en sub-surface.

Les techniques actuelles de conditionnement et d'entreposage

Les déchets radioactifs émettent des rayonnements qui peuvent être dangereux pour homme et l'environnement. C'est pourquoi ils doivent être solidifiés et stabilisés pour pouvoir être manipulés, entreposés ou stockés.

Le conditionnement désigne l'ensemble des opérations successives à réaliser pour fabriquer un colis de déchets. Trois méthodes sont couramment utilisées.

- Les déchets solides peuvent être directement placés dans un conteneur et immobilisés par du ciment.
- Ils peuvent également être compactés afin de réduire le volume puis placés en conteneur.
- Les déchets liquides doivent être solidifiés avant d'être placés en conteneur, soit en incorporant le liquide dans un ciment ou dans du bitume, ou encore en le vitrifiant.

L'entreposage des déchets HAVL est provisoire et permet de gérer les déchets avec flexibilité. Les colis doivent pouvoir être sortis de l'installation d'entreposage à tout moment. Les durées maximales d'entreposage sont de l'ordre de 300 ans.

Après quinze années de recherches

De nouveaux modes de conditionnement (compactage) ainsi que l'amélioration des méthodes existantes ont permis de diviser par six le volume des déchets conditionnés lors du retraitement du combustible usé.

L'Association des élus meusiens et haut-marnais opposés à l'enfouissement des déchets nucléaires, le Collectif citoyen de Haute-Marne et Meuse Nature Environnement, membres du bureau du CLIS, refusent de s'associer à cette Lettre.

Un nouveau traitement par évaporation a été mis au point à La Hague pour les effluents liquides permettant une diminution du nombre de colis finaux par rapport à l'ancien procédé et une réduction de l'activité des effluents, ce qui a conduit à diviser par dix la radioactivité rejetée en mer par les usines de La Hague en 15 ans.

De plus, la connaissance des colis a beaucoup évolué, notamment grâce à la mise en œuvre de méthodes efficaces de caractérisation des déchets.

Les études sur le comportement à long terme des colis ont permis d'établir des modèles d'évolution en entreposage et en stockage et de déterminer leur durée de vie. Ainsi, en condition de stockage, les déchets vitrifiés devraient mettre plusieurs centaines de milliers d'années pour se dissoudre à partir du moment où l'eau entrera en contact avec eux.

Des concepts d'installations d'entreposage, en surface ou en sub-surface, ont été étudiés pour tous les types de déchets et pour les combustibles usés. Si une construction était décidée, elle pourrait être réalisée en moins de quinze ans.

Cependant, les entreposages nécessitent une surveillance et un contrôle permanent. Lorsqu'ils seront arrivés en fin de vie, une reprise des colis et éventuellement un reconditionnement devront être entrepris avant un éventuel nouvel entreposage.

RAPPEL DE DEFINITIONS

Actinides mineurs : Se dit des éléments actinides (radioéléments naturels ou artificiels, de numéro atomique compris entre 89 et 103) autres que l'uranium, le plutonium et le thorium. Les actinides mineurs sont formés dans les réacteurs par captures successives de neutrons par les noyaux du combustible (uranium, plutonium, thorium). Dans le combustible usé, américium, curium et neptunium sont les actinides mineurs les plus abondants.

ADS : Accelerator Driven System, système de transmutation assistée par accélérateur.

Callovo-Oxfordien : Série argileuse rencontrée en particulier dans le site de l'Est ; le Callovo-Oxfordien fait partie du Jurassique supérieur et est âgé d'environ 150 millions d'années.

MOX : Mixed OXide - Combustible nucléaire mixte à base d'oxyde d'uranium appauvri et d'oxyde de plutonium issu du retraitement. Première charge en novembre 1987 dans le réacteur B1 de Saint-Laurent-des-Eaux. Actuellement 20 réacteurs d'EDF sont autorisés à utiliser ce combustible.

Produits de fission : Produits issus de la fission des noyaux d'actinides : césium, strontium, iode, xénon... Radioactifs pour la plupart, ils se transforment eux-mêmes en d'autres éléments. Ceux qui ne se désintègrent pas rapidement constituent une part des déchets radioactifs.

PUREX : Plutonium Uranium Refining by EXtraction - Procédé de retraitement des combustibles usés utilisé dans les usines UP3 et UP2 800 de Cogema (La Hague).

Réversibilité : En parlant du stockage géologique des déchets radioactifs, exprime la possibilité d'inverser le cours d'une ou de plusieurs étapes au cours du projet de développement d'un dépôt géologique de déchets radioactifs, à quelque stade que ce soit.