

# 4. Déchets et effluents radioactifs [13] [14]

---

## 4-1 Définitions

En principe, n'est considéré comme déchet, que tout élément qui n'est pas susceptible d'être valorisé. Un tel élément est alors qualifié de « déchet ultime ». Une loi du 13 juillet 1992 définit ce qu'est un déchet ultime et les déchets radioactifs relèvent de cette définition : « **est ultime, un élément résultant ou non du traitement d'un déchet qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment et notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux** ».

Cette définition est importante dans le cas des déchets radioactifs, car elle entraîne le fait que les combustibles usés des centrales électronucléaires qui contiennent des éléments valorisables (Uranium, Plutonium) et techniquement extractibles ne sont donc pas des déchets ultimes. Dans ce cas, ce ne sont que les résidus des opérations de retraitement des combustibles usés qui sont des déchets ultimes et doivent être traités comme tels.

La question se pose de savoir à partir de quelle valeur de radioactivité, un élément doit être considéré comme radioactif. Il n'existe pas de consensus international sur ce sujet. Certains pays ont défini des seuils dits de « libération » en dessous desquels on ne considère plus la matière comme radioactive. La France n'a pas adopté cette solution et considère que dans une installation nucléaire de base, toute matière sortant d'une zone classée nucléaire, est considérée comme matière radioactive.

Enfin, en matière de conservation des déchets nucléaires, on distingue d'une part « **l'entreposage** » qui consiste à conserver provisoirement le déchet, et le « **stockage** » qui consiste à le déposer à titre définitif, dans des installations spécialisées.

## 4-2 Classification des déchets radioactifs

Plusieurs paramètres doivent être pris en compte pour classer les déchets radioactifs. Tout d'abord deux grandes catégories sont distinguées suivant leur nature physique : **les déchets solides et les déchets liquides**. Leur traitement sera évidemment différent en fonction de leur nature :

- Le principe de traitement des déchets liquides est de les concentrer, jusqu'à n'obtenir qu'un résidu solide contenant toute leur radioactivité, résidu qui pourra alors être traité comme tous les déchets solides.
- Pour les déchets solides, deux paramètres vont permettre de les classer :
  - leur niveau de radioactivité, et
  - la durée de vie des éléments radioactifs qu'ils contiennent.

Ceci étant, il existe cinq catégories de déchets radioactifs :

- Les déchets de très faible activité (TFA),
- Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte-durée de vie inférieure à 31 ans (FMA-VC),
- Les déchets de faible activité à vie longue-durée de vie supérieure à 31 ans (FA-VL),
- Les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL), et
- Les déchets de haute activité (HA).

### 4-3 Origine et quantité de déchets produits

**Les déchets TFA** proviennent principalement du démantèlement d'installations nucléaires et d'industries classiques utilisant des matériaux naturellement radioactifs. Leur niveau de radioactivité spécifique est inférieur à 100 Bq/g et ils contiennent des radioéléments à vie courte et/ou à vie longue. En 2010 la quantité de ces déchets était de 360 000 m<sup>3</sup> et leur volume devrait atteindre 1 300 000 m<sup>3</sup> en 2030.

**Les déchets FMA-VC** proviennent principalement du fonctionnement et de la maintenance des installations nucléaires de base, ainsi que des laboratoires de recherche, des hôpitaux et d'opérations de démantèlement. Les radioéléments qu'ils contiennent, sont par exemple du Cs137, du Co 60. Leur radioactivité spécifique est comprise entre 100 Bq/g et 1 000 000 Bq/g. En 2010 la quantité de ces déchets était de 800 000 m<sup>3</sup> et est estimée pour 2030 à 1 200 000 m<sup>3</sup>.

**Les déchets FA-VL** ont plusieurs origines :

- les déchets de graphite provenant des premières centrales électronucléaire françaises à Uranium naturel-graphite-gaz qui sont actuellement démantelées. Ils contiennent comme élément à vie longue, du C14 (durée de vie 5 700 ans) ;
- les déchets radifères provenant principalement du traitement des minerais d'Uranium pour la fabrication des combustibles des centrales électronucléaires. Ils contiennent principalement du Radium et/ou du thorium, éléments à vie longue ;
- les déchets de type divers : anciennes sources radioactives scellées (paratonnerres, détecteurs d'incendie...), anciens objets radioactifs (aiguilles de radium, montres et autres appareils à cadrans luminescents au radium...).

En 2010 la quantité existante de ces déchets était de 87 000 m<sup>3</sup> et 133 000 m<sup>3</sup> sont prévus pour 2030.

**Les déchets MA-VL** proviennent des structures métalliques entourant le combustible nucléaires et ayant séjournés dans les cœurs des réacteurs. Ces structures sont découpées lors des opérations de retraitement de ces combustibles. Ces déchets sont aussi constitués de tous les composants ayant séjourné dans ou à proximité des cœurs de réacteurs.

Leur activité est comprise entre 1 million et 1 milliard de Bq/g et ils contiennent des radioéléments à vie longue.

En 2010 le volume existant était de 40 000m<sup>3</sup> et devrait atteindre 49 000 m<sup>3</sup> en 2030.

**Les déchets HA** ont pour origine principale le retraitement des combustibles usés. Ceux-ci sont en effet dissous chimiquement pour permettre une extraction des éléments réutilisables : Uranium, Plutonium. Après les opérations d'extraction, le résidu liquide constitue cette catégorie de déchets qui sont très radioactifs car ils contiennent les produits de fission créés dans le cœur des réacteurs (Cs137, Cs134, Sr 90 par exemple), ainsi que des radioéléments à vie longue (Neptunium237, Américium241, Curium 234...) et quelques traces résiduelles d'Uranium et de Plutonium.

Ces déchets contiennent la majeure partie de la radioactivité de tous les déchets nucléaires (92%). Leur très forte radioactivité se traduit entre autres, par un dégagement de chaleur dont il faut tenir compte lors de leur conditionnement, leur entreposage et leur stockage.

Le volume de déchets de ce type existant en 2010 était de 2 700 m<sup>3</sup> et serait de 5 300 m<sup>3</sup> en 2030.

Finalement, les prévisions de production de déchets nucléaires en m<sup>3</sup> sont récapitulées dans le tableau suivant [14].

	<b>Pour 2020</b>	<b>Pour 2030</b>
HA	4 000	5 300
MA-VL	45 000	49 000
FA-VL	89 000	133 000
FMA-VC	1 000 000	1 200 000
TFA	762 000	1 300 000
Total général	1 900 000	2 700 000

**Tableau 9 - Production de déchets (m<sup>3</sup>).**

Ces prévisions établies par l'Agence Nationale pour les déchets radioactifs (ANDRA) partent des hypothèses suivantes :

- une durée de vie des centrales de 50 ans ;
- un retraitement de tous les combustibles usés ; et
- un parc de 58 réacteurs plus l'EPR en construction.

Ces chiffres sont donc bien évidemment sujets à variation suivant la politique retenue en matière de production d'électricité par l'énergie nucléaire.

## 4-4 Conditionnement et stockage des déchets

### 4-4-1 Principes de gestion des déchets radioactifs

La gestion des déchets radioactifs a évolué au cours du temps. Depuis plus de 40 ans, la France a fait le choix du stockage industriel comme solution pour les gérer de manière durable et sûre. L'Andra est chargée de gérer l'ensemble des déchets radioactifs français et de concevoir les centres qui permettent de les isoler de l'homme et de l'environnement le temps que leur radioactivité ait suffisamment diminué et qu'elle ne présente plus de risque. Le parcours typique d'un déchet radioactif est le suivant :

- Conditionnement : Après avoir été triés selon leurs caractéristiques, les déchets sont traités (compactage, incinération, solidification...) puis conditionnés, par le producteur, dans des colis conçus pour empêcher la dispersion de la radioactivité qu'ils contiennent.
- Entreposage : Avant d'être stockés, ou en attendant la création d'un centre adapté, les déchets sont provisoirement entreposés dans des bâtiments dédiés, le plus souvent sur les sites où ils sont produits.
- Stockage : Après avoir vérifié leur conformité, les colis de déchets sont stockés par l'Andra dans des centres adaptés à leur dangerosité et à l'évolution de cette dangerosité dans le temps. Le rôle de ces centres est d'isoler les déchets radioactifs aussi longtemps qu'ils présentent un risque pour l'homme et l'environnement. Ces sites sont protégés contre les intrusions et surveillés. Des mesures dans l'environnement permettent de vérifier qu'il n'y a pas de fuite décelable de radioactivité dans cet environnement.

Il est par ailleurs à noter que l'exploitation des installations nucléaires doit être conduite dans l'objectif de concentrer et de confiner la radioactivité dans les déchets solides en limitant, dans des conditions techniques et économiques acceptables, leur volume et leur toxicité. Les exploitants doivent prendre toute disposition, dès la phase de conception, pour limiter les rejets de l'installation.

**Déchets TFA** - Ces déchets sont mis dans des sacs ou dans des casiers métalliques. Certains voient leur volume réduits par compactage (déchets plastiques ou métalliques), ou sont solidifiés par évaporation par exemple et reprise des concentrats qui contiennent la radioactivité (eaux polluées, boues).

Depuis 2003, ces déchets ainsi conditionnés, sont stockés dans un centre spécial, géré par l'Andra, situé à Morvilliers dans l'Aube. Les déchets sont identifiés et stockés en surface dans des alvéoles creusées à quelques mètres de profondeur dans une couche argileuse. Lorsqu'elles sont remplies, ces alvéoles sont fermées puis recouvertes d'une couverture imperméable comprenant une membrane imperméable, un mètre d'argile ainsi qu'un drain. Ce centre est conçu pour recevoir 650 000 m<sup>3</sup> de déchets ; fin 2011 y étaient stockés 203 400 m<sup>3</sup>.

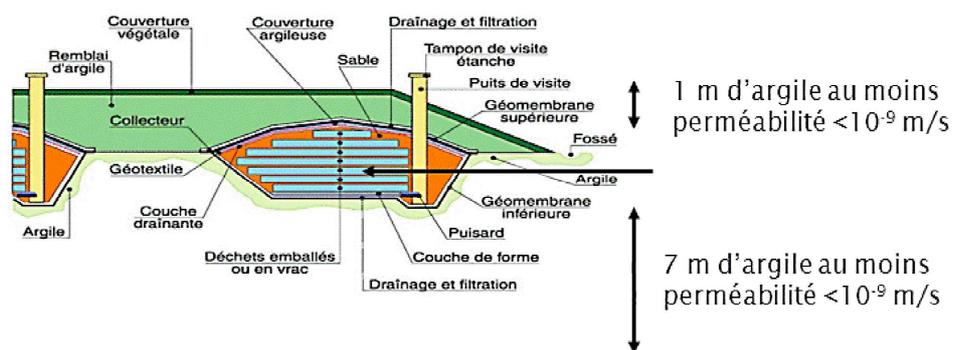


Figure 14 - Coupe schématique d'un alvéole du centre de stockage TFA © Andra.

**Déchets FMA-VC** - Ces déchets sont éventuellement solidifiés (liquides) ou compactés. Ils sont placés dans des conteneurs en métal ou en béton puis enrobés avec du béton. Ainsi conditionnés, les déchets sont stockés en surface dans un centre situé à Soulaines dans l'Aube dans des ouvrages en béton armé. Une fois remplis, les ouvrages sont fermés par une dalle de béton dont l'étanchéité est assurée par un revêtement imperméable. À la fin de l'exploitation, une couverture, composée notamment d'argile, sera placée sur les ouvrages pour assurer le confinement des déchets à long terme.

Le premier centre pour les déchets de ce type est situé dans la Manche à La Hague. Il a été fermé en 1995 et recouvert de plusieurs couches de matériaux destinés à protéger les ouvrages, notamment contre les eaux de pluie. Il fait l'objet d'une surveillance régulière par l'Andra pour suivre son évolution et contrôler son impact sur l'environnement.

Un nouveau centre de stockage, à Soulaines est ouvert depuis 1992. Sa capacité de stockage est de 1 million de  $m^3$ . Compte tenu des prévisions actuelles de production de déchets de ce type, il devrait pouvoir y accueillir les déchets pour une période de 50 ans soit donc jusqu'en 2042. Fin 2011, 255 000  $m^3$  y étaient stockés.

La surveillance des centres de stockage des déchets de ce type devra être maintenue pendant le temps nécessaire à la décroissance de leur radioactivité jusqu'à des niveaux d'impact négligeables. Une phase dite de surveillance, fixée conventionnellement à 300 ans est ainsi prévue, avec des réexamens périodiques de la sûreté des installations surveillées.



Figure 15 - Le centre de stockage de la Manche qui stock les déchets FMA-VC  
© Areva.

**Déchets FA-VL** - Ces déchets sont principalement des déchets anciens. Ils sont entreposés sur les sites où ils ont été produits en attendant la création d'un site de stockage adapté à leur nature. Un tel site est à l'étude par l'ANDRA.

**Déchets MA-VL et HA** - Compte tenu de la période très longue des radioéléments qu'ils contiennent, leur confinement doit pouvoir être assuré durant des dizaines de milliers d'années.

Les déchets MA-VL peuvent être compactés (déchets métalliques) et/ou enrobés dans un mortier. Les déchets de concentrats d'évaporateur, boues, résines échangeuses d'ions, sont directement cimentés dans les conteneurs métalliques. Pour certains déchets sous forme de boues ou non cimentables de par leur composition chimique, on peut utiliser un enrobage de bitume. Les conteneurs de stockage peuvent être métalliques ou en béton.

Les déchets HA se présentent sous forme liquide et sont très fortement radioactifs. Ceux-ci sont dans un premier temps calcinés ce qui en réduit le volume et concentre la radioactivité dans le calcinat. Celui-ci est alors mélangé dans un pot métallique avec des adjuvants de vitrification. L'ensemble est porté à une température de fusion de 1100°C au moins et est ainsi vitrifié. Le verre ainsi constitué immobilise les radioéléments de façon très sûre dans le temps. Il est coulé dans un conteneur en inox.



Figure 16 - A gauche : colis de déchets vitrifiés (HA). A droite : déchets de structure du combustible use avant conditionnement (MA-VL) © Areva.

La politique française de gestion de ces déchets, est de les stocker dans un site en profondeur. Actuellement ce site est à l'étude. Pour ce faire, un laboratoire souterrain a été construit à Bure (Meuse-Haute Marne) dans une formation argileuse de perméabilité très faible vis-à-vis de l'eau.

En attendant les résultats de ces études qui pourraient amener à la réalisation de l'ouvrage de stockage géologique (**Centre industriel de stockage géologique - CIGEO**), les colis de déchets conditionnés sont entreposés sur leurs lieux de production (principalement Marcoule et La Hague), dans des installations spéciales d'entreposage provisoire.

Le centre de stockage CIGEO devra être conçu pour un stockage réversible, pendant toute sa durée d'exploitation, c'est-à-dire au moins 100 ans, permettant donc la reprise et le reconditionnement éventuels de ces déchets si la société le souhaite.

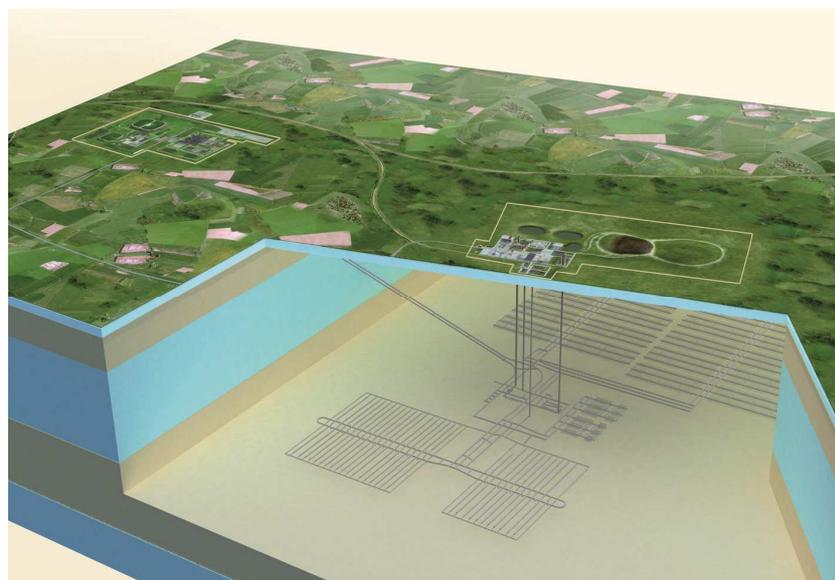


Figure 17 - Schéma de principe des installations de Cigéo © Andra.

Par ailleurs, les recherches se poursuivent afin de minimiser la production de déchets HA. En particulier sont étudiés des procédés de séparation poussée permettant d'extraire outre l'uranium et

le plutonium d'autres radioéléments aujourd'hui considérés comme des déchets. Des techniques de transmutation par réactions nucléaires induites par des neutrons rapides émis par des réacteurs à neutrons rapides, aussi en cours d'études, permettraient alors de transformer une partie de ces radioéléments à vie très longue en radioéléments à vie courte.

## 4-5 Les effluents radioactifs

Sous ce terme, on entend les rejets gazeux et liquides qui présentent des traces de radioactivité à un niveau suffisamment faible pour que leur rejet dans l'environnement, conformément à la Réglementation en vigueur et avec les autorisations nécessaires soient possible. Ces autorisations se concrétisent par un arrêté pris à la suite d'une étude de leurs conséquences sur l'environnement. Des limites annuelles en Bq sont imposées, ainsi que des conditions dans lesquelles doivent être effectués ces rejets (limites de l'activité spécifique de chaque rejet en Bq/m<sup>3</sup>, conditions de débits du rejet et du débit du cours d'eau pour les rejets en rivière...). Des contrôles de radioactivité dans l'environnement sont imposés à l'exploitant et l'ASN par le biais de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) qui effectue ses propres prélèvements et mesures. Ces arrêtés sont pris au niveau national après avis de l'ASN et donnent lieu à enquête publique. Les radioéléments rejetés sont principalement des produits de fission et d'activation (Cs137, Co60, H3...).

Les effluents gazeux proviennent principalement des réacteurs nucléaires et de l'usine de retraitement de La Hague. Les principaux radioéléments rejetés sont des gaz rares (Krypton, Argon) et du Tritium. Ils sont soumis à des règles semblables à celles applicables aux rejets liquides.