

LES DÉCHETS RADIOACTIFS

RÉSUMÉ

Les déchets radioactifs sont classés en grandes familles selon leur niveau de radioactivité et leur durée de vie. À chaque famille est associé un mode de traitement spécifique et une élimination vers une filière appropriée (voir Tableau 1 ci-dessous).

Les **déchets TFA** (très faible activité), majoritairement issus de l'exploitation et du démantèlement des installations nucléaires, sont stockés au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) dans l'Aube¹.

Les **déchets FMA-VC** (faible ou moyenne activité à vie courte), et dont le niveau de radioactivité est compris entre une centaine de Bq/g et un million de Bq/g, ont vocation à être stockés définitivement dans le Centre de Stockage de l'Aube (SCA) où ils peuvent être surveillés pendant environ 300 ans avant leur remise dans le domaine public.

Les **déchets FA-VL** (faible activité à vie longue), pour lesquels un centre de stockage à faible profondeur est à l'étude. Dans l'attente, ces déchets sont entreposés dans des installations spécifiques sur leur site de production.

Les **déchets MA-VL** (moyenne activité à vie longue), constitués majoritairement des rebuts de retraitement des combustibles usés (gainés et embouts), compactés sous forme de galettes et placés dans des conteneurs en inox (CSD-C). Ces conteneurs sont entreposés dans un entrepôt dédié sur le site de La Hague, en attente d'être expédiés vers le stockage profond CIGÉO.

Les **déchets HA-VL** (haute activité à vie longue), majoritairement constitués des résidus de retraitement des combustibles usés (produits de fission et actinides mineurs), qui sont incorporés après calcination dans une matrice de verre. Le mélange est conditionné en conteneurs en inox (CSD-V), qui ont vocation à être transférés dans le centre de stockage profond CIGÉO, à l'issue d'une période d'entreposage de 70 ans, délai nécessaire à leur refroidissement.

CLASSIFICATION FRANÇAISE DES DÉCHETS RADIOACTIFS ET FILIÈRES DE GESTION			
Période Activité	Vie très courte (< 100 jours)	Vie courte (VC) ≤ 31 ans	Vie longue (VL) > 31 ans
Très faible activité (TFA) 0 à 100 Bq/g	Gestion par décroissance radioactive  Filières conventionnelles	Centre de stockage TFA de l'Aube (Morvilliers)	
Faible activité (FA) 100 à 100 000 Bq/g		Centre de stockage CSA de l'Aube (Soulaines)	Projet de stockage de subsurface (à l'étude)
Moyenne activité (MA) 100 000 à 1 Md Bq/g		Filière à l'étude pour déchets tritiés	A l'étude (Bures)
Haute activité (HA) > 1 Md Bq/g		Stockage en couches géologiques profonde (projet CIGEO)	

¹ La France est le premier pays au monde à considérer l'ensemble de ces déchets comme des déchets radioactifs et à les stocker dans une installation spécifique, à Morvilliers, dans l'Aube.

LIMINAIRE

Les **déchets radioactifs** sont définis au Code de l'environnement (Art. L542-1) comme étant « des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée².

La gestion des déchets radioactifs comprend toutes les actions liées à la manipulation, au prétraitement, au traitement, au conditionnement, à l'entreposage et au stockage des déchets radioactifs, à l'exclusion du transport hors site. »

1. CATÉGORISATION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Les déchets radioactifs proviennent essentiellement de 5 secteurs économiques suivants qui se répartissent selon la Figure 1 ci-contre. Ces secteurs sont :

- l'**industrie électronucléaire** (amont et aval du cycle du combustible, centrales nucléaires...)
- le **secteur de la recherche** (établissements CEA, centres de recherche divers...)
- le **secteur de la défense** (force de dissuasion, DGA, armée de terre...)
- l'**industrie non électronucléaire** (fabrication de sources, contrôles, objets particuliers...)
- le **secteur médical** (diagnostics, analyses, activités thérapeutiques)

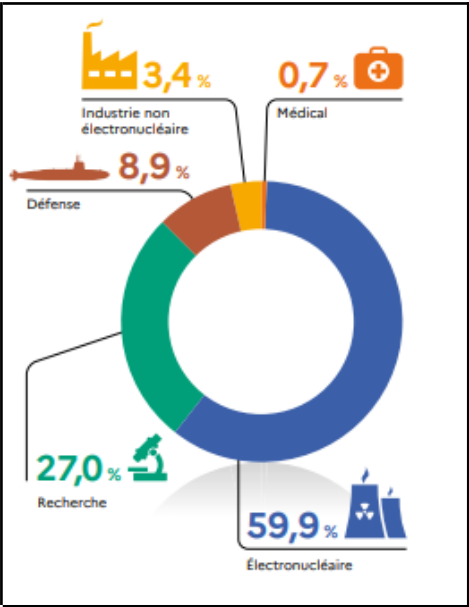


Figure 1 : Répartition par secteur de production des déchets radioactifs ►

Deux paramètres permettent d'appréhender le risque présent par les déchets radioactifs et leur classement en grandes familles : ce sont le niveau d'activité et leur durée de vie.

À chaque famille est associé un mode de traitement spécifique et une élimination vers une filière appropriée (voir Tableau 2 ci-dessous).

2. CLASSIFICATION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

2.1. GÉNÉRALITÉS

Catégorie	Déchets dits à vie très courte	Déchets dits à vie courte	Déchets dits à vie longue
Très faible activité (TFA)	VTC Gestion par décroissance radioactive	TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA)		FMA-VC Stockage de surface (Centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Stockage à faible profondeur à l'étude
Moyenne activité (MA)			MA-VL Stockage profond en projet
Haute activité (HA)	Non applicable		HA

Tableau 2 : Classification des déchets radioactifs et des filières de gestion associ

² Les **déchets radioactifs ultimes** sont des déchets radioactifs qui ne peuvent plus être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de leur part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux.

2.1. ORIGINE DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE DÉCHETS

- **Les déchets à vie très courte :** Ils proviennent principalement du secteur médical ou de la recherche. Ils sont entreposés sur leur site d'utilisation le temps de leur décroissance radioactive, avant élimination dans une filière conventionnelle correspondant à leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.
- **Les déchets de très faible activité (TFA) :** La radioactivité des déchets de très faible activité en général inférieure à 100 Bq par gramme. Ces déchets TFA sont principalement constitués de gravats (bétons, plâtres, terres) et ferrailles (charpentes métalliques, tuyauteries) ayant été très faiblement contaminés. Ils proviennent principalement de l'exploitation, de la maintenance et du démantèlement des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible et des centres de recherche.



Figure 2 : Déchets TFA

- **Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) :** Ce sont essentiellement des déchets liés à la maintenance (vêtements, outils, filtres, etc.), au fonctionnement (traitement d'effluents liquides ou filtration des effluents gazeux) et au démantèlement des installations nucléaires. Les déchets FMA-VC contiennent majoritairement des radionucléides à vie courte, de période radioactive inférieure ou égale à 31 ans comme le cobalt 60 ou le césium 137. Ils peuvent aussi contenir des radionucléides à vie longue, en quantité limitée. Le niveau de radioactivité de ces déchets se situe en général entre quelques centaines de becquerels par gramme et un million de becquerels par gramme.
- **Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) :** Les déchets de faible activité à vie longue sont pour l'essentiel des déchets anciens ou issus d'activités anciennes. Ils regroupent :
 - des déchets radifères provenant en majorité d'activités industrielles non nucléaires comme certains travaux de recherche et de traitement de minéraux contenant des terres rares, ou encore de l'assainissement de sites historiquement pollués au radium. Leur niveau de radioactivité est en général compris entre quelques dizaines et quelques milliers de Bq par gramme. Les radionucléides inclus sont essentiellement des émetteurs alpha à vie longue, comme le radium, l'uranium ou le thorium.
 - des déchets de graphite provenant du fonctionnement et du démantèlement des premiers réacteurs nucléaires (réacteurs UNGG : uranium naturel, graphite – gaz) et de certains réacteurs expérimentaux aujourd'hui arrêtés. Ils présentent un niveau de radioactivité se situant entre 10 000 et 100 000 Bq par gramme et contiennent essentiellement des radionucléides émetteurs bêta à vie longue. À court terme, l'activité des déchets de graphite est principalement due au nickel 63, au tritium et au cobalt 60. À plus long terme, le carbone 14 devient le contributeur majoritaire à l'activité.
 - d'autres types de déchets comme certains colis de déchets anciens conditionnés dans du bitume et des résidus de traitement de conversion de l'uranium issus de l'usine d'Orano située à Malvési ou des déchets d'exploitation de l'usine de retraitement de La Hague.
- **Les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) :** Ces déchets sont principalement issus des combustibles usés après traitement et des activités d'exploitation et de maintenance et de fonctionnement des usines de retraitement.

Il s'agit de déchets de structures activées (coques et embouts) constituant la gaine du combustible nucléaire, de déchets technologiques (outils usagés, équipements...) ou de déchets issus du traitement des effluents comme certaines boues.

L'activité de ces déchets est de l'ordre d'un million à un milliard de Bq par gramme, soit un facteur 10 à 100 fois inférieur aux déchets HA. Ils représentent environ 5 % du volume des déchets radioactifs en France.

Figure 3 : Coques issues des gaines en alliage de zirconium enrobant les pastilles de combustible ►
- **Les déchets de haute activité à vie longue (HA-VL) :** Ces déchets sont essentiellement des résidus de produits de fission (PF) et d'actinides mineurs issus du traitement des combustibles usés. Ils contiennent des quantités significatives d'éléments hautement radioactifs à vie longue qui dégagent de la chaleur et dont la décroissance radioactive peut s'étendre jusqu'à des centaines de milliers d'années.



Leur niveau d'activité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq par gramme. Ils représentent moins de 1 % du volume des déchets radioactifs en France.

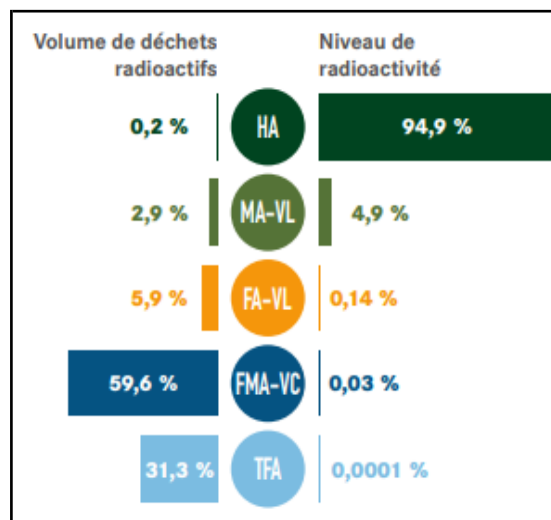
● **Déchets particuliers** qui incluent :

- les déchets contenant du tritium qui est un élément à durée de vie courte (période radioactive de 13 ans), caractérisé par une très grande mobilité, donc difficilement confinable. À fin 2016, le volume de déchets tritiés entreposés était d'environ 5.600 m³. Ces déchets sont la plupart du temps sous forme solide. Il existe toutefois de faibles quantités de déchets tritiés liquides et gazeux. La grande majorité des déchets tritiés provient du secteur de la défense nationale. À noter que l'installation ITER générera également des déchets tritiés (après 2030) et deviendra le premier producteur de déchets tritiés en France.
- les déchets sans filière. Ils sont définis comme étant des déchets qui n'entrent dans aucune des filières d'élimination existantes ou en projet, dans l'état des connaissances du moment, en raison notamment de leurs caractéristiques physiques ou chimiques particulières. Il s'agit notamment de déchets radioactifs contenant de l'amiante, du mercure ou des huiles ou liquides organiques. Ils font l'objet d'études visant à définir des solutions de gestion adaptées à chacun d'entre eux.

La répartition des volumes de déchets radioactifs par catégorie et niveau de radioactivité est donnée dans le graphe ci-contre.

En application de la règle attribuant la notion de déchet nucléaire, toutes les substances pour laquelle aucune utilisation n'est prévue ou envisagée à court terme, il convient de qualifier en déchet nucléaire tous les combustibles usés de la filière défense nationale (réacteurs d'essais et embarqués) des réacteurs de première génération (EL2, EL3, EL4), des réacteurs à neutrons rapides Phénix et Superphénix. Ces matières doivent être prises en charge dans des filières de gestion dédiées jusqu'à leur stockage définitif.

Figure 4 : Répartition du volume et des niveaux de radioactivité des stocks de déchets à fin 2020 ►



3. LE TRAITEMENT ET LE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS

3.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX

Dès le début du développement de l'énergie nucléaire, la gestion des déchets radioactifs a été au cœur des préoccupations et une approche rationnelle a été mise en œuvre. Elle doit répondre aux 5 principes fondamentaux suivants, associés à une traçabilité rigoureuse centralisée par un organisme national, l'ANDRA³ :

- réduction des quantités de déchets à la source
- tri sélectif des déchets en fonction de leur activité et de leur décroissance radioactive
- conditionnement adapté à la nature des déchets et à leur niveau de radioactivité.
- orientation vers des filières d'élimination dédiées (entreposage ou stockage)
- entreposage ou stockage dans ces filières spécifiques

Les étapes du traitement des déchets comprennent principalement :

- **Le compactage**, qui est destiné à réduire le volume de certains déchets solides, notamment métalliques ou plastiques. Ce procédé utilise des presses de différentes technologies et de capacités allant de quelques centaines de tonnes à quelques milliers de tonnes, en fonction de la nature des déchets à compacter.
- **Le conditionnement**, qui consiste à mettre en conteneur les déchets compactés et les bloquer par un liant hydraulique, par bitumage, par enrobage par une résine polymère ou encore par vitrification.

Le cimentage est le procédé de conditionnement le plus largement utilisé. Ce procédé réunit de nombreux facteurs favorables : disponibilité, coût modeste, simplicité de mise en œuvre, bonne résistance mécanique et, en général, stabilité dans le temps.

Le bitumage consiste à mélanger, à chaud, des déchets à du bitume qui présente des propriétés intéressantes au regard de son pouvoir agglomérant élevé, son imperméabilité, son pouvoir de confinement, son coût modéré et sa disponibilité. Il est néanmoins abandonné à ce jour en raison des risques d'incendie et d'inflammabilité.

³ **ANDRA**: Agence Nationale pour la gestion des **D**échets **R**adioactifs.

L'enrobage par résine polymère est mis en œuvre pour conditionner les résines échangeuses d'ions (REI) utilisées pour le contrôle du circuit primaire des réacteurs nucléaires ou le traitement des effluents. Ce procédé consiste à mélanger les résines échangeuses d'ions avec une matrice époxy puis à les conditionner dans des conteneurs cylindriques en béton.

La vitrification consiste à mélanger dans un creuset et à haute température des déchets radioactifs préalablement calcinés, à une fritte de verre dont la composition est adaptée à la nature chimique des déchets afin d'intégrer les radionucléides présents dans les déchets au réseau vitreux de manière homogène. Le mélange ainsi obtenu est ensuite coulé dans un conteneur en acier inoxydable. Du fait de sa composition chimique et de sa structure amorphe, le verre se révèle particulièrement résistant à l'échauffement et à l'irradiation, et présente une bonne durabilité chimique sur de longues durées.

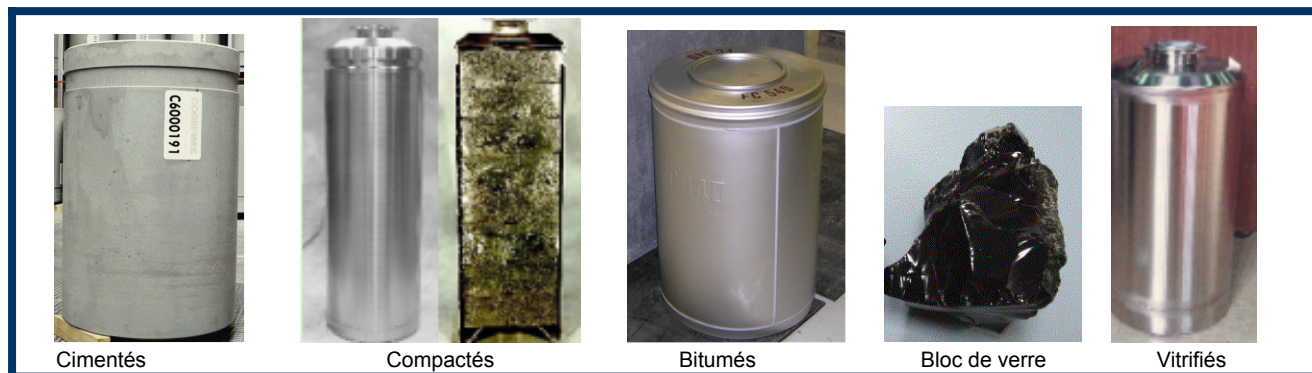


Figure 5 : Différents types de colis de déchets

2.2. FILIÈRES DE GESTION ASSOCIÉES AUX DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE DÉCHETS

• Les déchets à vie très courte :

Ils sont entreposés sur leur site d'utilisation le temps de leur décroissance radioactive, avant élimination dans une filière conventionnelle correspondant à leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

• Les déchets de très faible activité (TFA) :

Les déchets TFA ont vocation à être stockés définitivement le temps que leur radioactivité diminue. La France est le premier pays au monde à considérer l'ensemble de ces déchets comme des déchets radioactifs et à les stocker dans une installation spécifique, le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (**Cires**) dans l'Aube. Ce centre accueille en particulier, les déchets de démantèlement des installations nucléaires. Au préalable, tous ces déchets sont traités et conditionnés selon des normes bien spécifiques.

Les déchets plastiques et métalliques sont compactés pour réduire leur volume. Les déchets liquides (eaux polluées ou boues) sont solidifiés puis stabilisés. Ils sont ensuite conditionnés dans des fûts métalliques, ou encore dans de grands sacs en tissu appelés "big-bags", essentiellement afin de faciliter leur manipulation.

La figure 6 ci-dessous présente les options de gestion de ces déchets TFA.

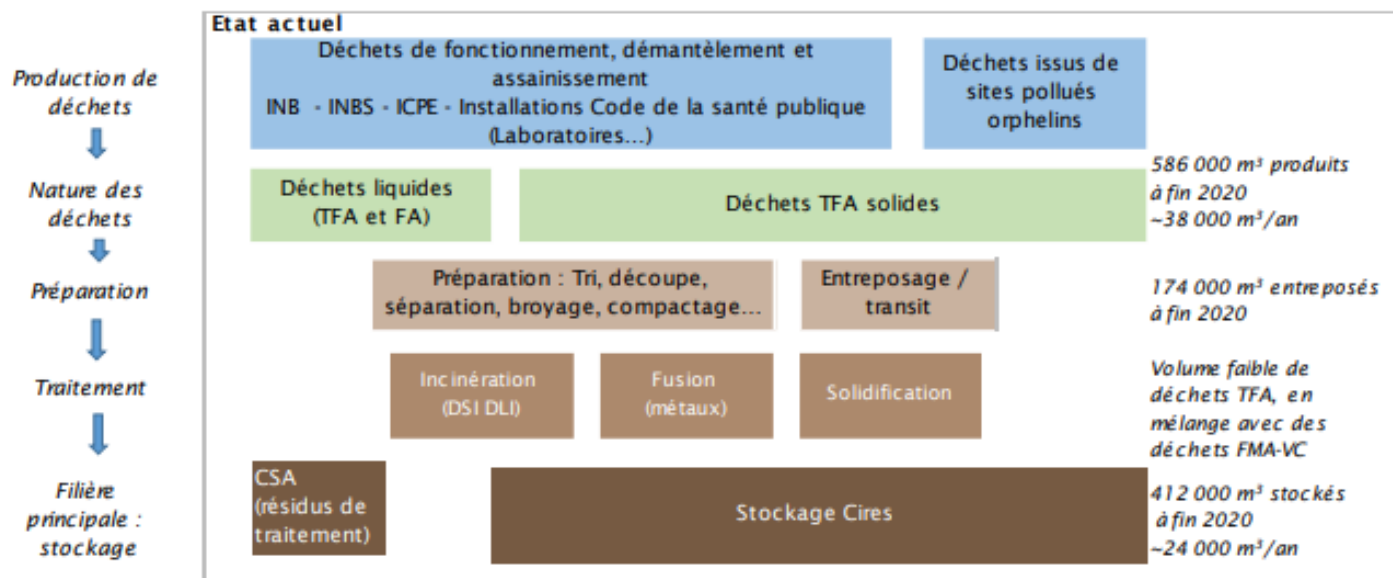


Figure 6 : Schéma récapitulatif des options de gestion des déchets TFA

• Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) :

Une fois produits, ces déchets peuvent être compactés pour réduire leur volume, ou solidifiés s'ils sont liquides. Ils sont en général placés dans un conteneur en métal, puis enrobés avec du béton.

Ces déchets ont vocation à être stockés définitivement dans des centres industriels adaptés, comme ceux de l'ANDRA à La Hague et, depuis 1992 dans l'Aube à Soulaines où ils doivent être surveillés pendant une période de 300 ans avant leur remise dans le domaine public (300 ans $\approx$ 10 fois la période des radionucléides à durée de vie la plus longue).

- **Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL)**

Depuis quelques années, l'ANDRA étudie la possibilité de construire un centre de stockage à faible profondeur pour les déchets FA-VL. En attendant sa création, ces déchets sont entreposés de manière sûre dans des installations spécifiques, sur leur site de production.

- **Les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL)**

La majorité de ces déchets concernent les rebuts de retraitement des combustibles usés (tronçons de gaines et embouts issus des assemblages combustibles). Ils sont compactés sous forme de galettes puis placés dans des Conteneurs Standards de Déchets Compactés (**CSD-C**) en acier inoxydable. Ces colis sont entreposés sur le site de La Hague dans un entrepôt dédié, en attente d'être expédiés vers le stockage profond CIGÉO⁴.

- **Les déchets de haute activité à vie longue (HA-VL)**

À l'issue du processus de retraitement, les produits de fission et les actinides mineurs issus des combustibles usés sont calcinés et incorporés dans une matrice de verre. Le mélange est conditionné dans un Conteneur Standard de Déchets Vitrifiés (**CSD-V**) en inox.

Ces conteneurs sont destinés à être transférés à terme dans le centre de stockage profond de déchets radioactifs de CIGÉO, à l'issue d'une période minimale d'entreposage en puits ventilés, estimée à 70 ans, délai nécessaire au refroidissement des colis.



Figure 7 : Hall d'entreposage des colis CDS-V

4. LES ENTREPOSAGES – STOCKAGES

4.1. STOCKAGE

Le **Cires** (Centre de regroupement, d'entreposage et de stockage) situé dans l'Aube sur la commune de Morvilliers, est le seul centre de stockage des **déchets de très faible activité (TFA)**.



Figure 8 : Alvéole en cours de remplissage au Cires

La capacité de stockage du CIREs, de 650.000 m³, a été conçue pour faire face aux besoins de stockage sur une trentaine d'années, sur la base d'un flux prévisionnel de 20.000 à 22.000 m³ de déchets par an.

Depuis la mise en service du centre en 2003, son rythme de remplissage est légèrement plus élevé que prévu initialement.

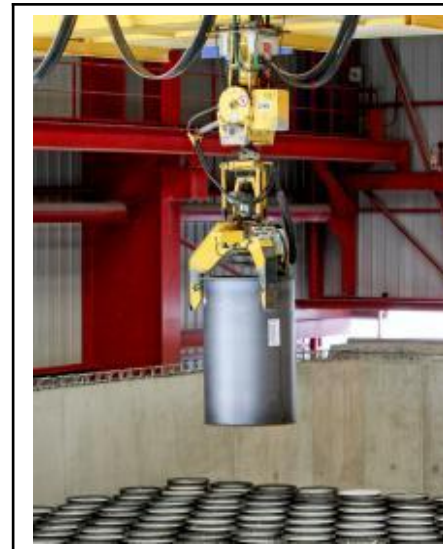
Selon les prévisions de l'ANDRA, la capacité actuelle de stockage autorisée sera totalement utilisée vers 2028-2030. C'est pourquoi, la capacité du centre pourrait être augmentée à 300.000 m³, sans accroissement de l'emprise foncière actuelle. Elle atteindrait dès lors 900.000 m³.

⁴ CIGÉO : Centre industriel de stockage géologique. Installation CIGÉO : Voir [fiche argumentaire GAENA N° 64](#) et annexe 1.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) sont stockés en surface et sont surveillés pendant la durée estimée de 300 ans, nécessaire de leur décroissance radioactive jusqu'à des niveaux d'impact négligeables. En France il existe deux sites dédiés au stockage de ces déchets, tous deux exploités par l'ANDRA : le centre de stockage de la Manche (**CSM**), et le centre de stockage de l'Aube (**CSA**). Le CSM, d'une capacité de stockage d'environ 530.000 m³, saturé n'accueille plus de déchets depuis 1994.

Le CSA, en activité depuis 1992, possède une capacité de stockage de 1.000.000 m³. Fin 2016, il était utilisé à 32 % de sa capacité. Dans les conditions actuelles, le stockage des déchets FMA-VC ne présente pas de risque de saturation à court et moyen terme, mais de nouvelles capacités devront toutefois être construites, après exploitation des marges et optimisation que l'ANDRA devra identifier, en prévision du démantèlement complet du parc nucléaire.

Figure 8 : Déchargement d'un colis au CSA ►



4.2 ENTREPOSAGES

Les entreposages d'attente ou temporaires concernent principalement de colis de déchets vitrifiés ou de déchets compactés issus du retraitement des combustibles usés (site de La Hague et Marcoule), en attente de transfert vers le centre d'enfouissement en couche géologique CIGEO.

Ils regroupent également les entreposages « à sec » des combustibles usés provenant des réacteurs Phénix, Superphénix, EL4, des réacteurs de recherche du CEA et des réacteurs embarqués, en attente d'une solution quant à leur traitement ou encore des installations d'entreposage tels que CEDRA à Cadarache (déchets irradiants ou ICEDA au Bugey (déchets d'exploitation des réacteurs tels que barres de contrôle, pièces internes de cuves, générateur de vapeur), DIADEM (déchets de démantèlement du réacteur Phénix et d'autres installations)

5. LOIS DE PROGRAMMATION RELATIVES À LA GESTION DES DÉCHETS

Les recherches sur la gestion et le traitement des déchets à vie longue ont été menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, elles se poursuivent dans le cadre de la loi N°2006-739 du 28 juin 2006.

L'article L. 541-1 du Code de l'environnement pose comme principes la prévention ou la réduction de la production de déchets, la responsabilité des producteurs jusqu'à l'élimination de leurs déchets, la traçabilité et la nécessité d'informer le public. Le Code de l'environnement indique que *"la gestion durable des matières et des déchets radioactifs de toute nature, résultant notamment de l'exploitation ou du démantèlement d'installations utilisant des sources ou des matières radioactives, est assurée dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement"*.

De nombreuses dispositions sont mises en œuvre pour respecter ce cadre législatif :

- des prescriptions concernant le traitement et le conditionnement, les installations : elles sont définies par les autorités compétentes, qui en contrôlent ensuite l'application
- des modalités pour réduire le volume et la nocivité des déchets ; pour les déchets produits, des opérations de tri, de traitement, de conditionnement et de caractérisation du contenu radiologique : elles sont définies et mises en œuvre par les producteurs de déchets
- la conception et la réalisation d'installations d'accueil avec le niveau de sûreté requis, que ce soit pour les filières d'entreposage (solution temporaire) ou de stockage (solution définitive)
- des opérations de transport et de mise en entreposage ou en stockage, incluant les aspects de suivi et de surveillance, y compris à long terme pour les stockages

Rôle de l'ANDRA : L'ANDRA est chargée de la gestion à long terme des déchets radioactifs français. Son rôle est défini par deux lois.

- loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue. Cette loi a créé l'Agence en tant qu'établissement public, en lui confiant notamment les recherches sur le stockage en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue
- loi de programme du 28 juin 2006 codifiée dans le Code de l'environnement relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Cette loi élargit et renforce le rôle de l'Agence et ses domaines d'activité. L'ANDRA met en œuvre de la politique publique de gestion des déchets radioactifs. Elle est indépendante des producteurs de déchets radioactifs. L'État fixe les objectifs de l'ANDRA au travers d'un contrat d'objectifs. Sa dernière version couvre la période 2022-2027.

L'ANDRA doit également réaliser un Inventaire national des matières et déchets radioactifs en France. Les stocks de matières et déchets radioactifs doivent être publiés tous les ans et les estimations prospectives tous les trois ans. Le dernier inventaire publié est celui de l'année 2023 [Réf. 5].

L'article 6 de cette loi a prévu la réalisation d'un Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (**PNGMDR**) remis à jour périodiquement dont l'objet est de :

- recenser les besoins en installations de stockage et entreposage
- dresser le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets et radioactifs
- organiser la mise en œuvre des études sur les matières et déchets qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif

6. CONCLUSION - PERSPECTIVES

Les procédés actuels de traitement et de conditionnement des déchets radioactifs mis en œuvre industriellement ont montré leur fiabilité. Des améliorations notables ont, d'ores et déjà, été acquises. Des progrès continueront d'accompagner le développement de l'énergie nucléaire, notamment dans une perspective de développement durable. Concernant la loi de 1991 on peut noter d'importantes avancées :

Axe 1 : Séparation/transmutation : La séparation des actinides mineurs (américium et curium) est opérationnelle dans le processus de retraitement des combustibles usés. Les premiers résultats de transmutation offrent par ailleurs diverses solutions pour réduire la radiotoxicité des déchets ultimes grâce au recyclage du combustible MOX dans les futurs réacteurs à neutrons rapides (RNR) de 4ème génération (voir [fiche argumentaire GAENA "Les réacteurs nucléaires de génération IV"](#)).

Axe 2 : Stockage géologique : Un laboratoire souterrain a été construit sur le site de Bure pour étudier le comportement des déchets en couche géologique profonde. Elle se concrétisera par la création du centre CIGEO.

Axe 3 : Entreposage de longue durée : Une politique de rationalisation des centres d'entreposage de longue durée est en cours, parallèlement à la création de filières d'évacuation appropriées à chacun d'entre eux.

Le problème des déchets radioactifs est important mais, traité de façon rigoureuse, il ne peut menacer l'avenir des générations futures, même de celles qui vivront peut-être sur notre Terre dans des dizaines de milliers d'années.

• La difficile prise en compte des incertitudes sur le devenir des matières radioactives

Des ambiguïtés de classement des substances radioactives en déchets ou en matières valorisables subsistent. Ces préoccupations concernent en grande partie les stocks d'uranium de retraitement (URT) ainsi que les combustibles usés non retraités à ce jour, compte tenu de la non rentabilité du recyclage dans les conditions économiques du moment. Il s'agit notamment des combustibles usés MOX et URE, des combustibles usés des centrales Phénix, Superphénix, EL4 et des réacteurs de recherche de CEA ainsi que de la Défense nationale, etc. Cette classification, qui est de la responsabilité des exploitants, est décidée à un moment donné ; elle peut évoluer dans le temps.

Les autorités jugent que le caractère valorisable des matières radioactives doit être apprécié en tenant compte des horizons temporels de disponibilité des filières industrielles d'utilisation de ces matières, et des volumes de matières concernés. **La valorisation d'une matière radioactive peut être considérée comme plausible si l'existence d'une filière industrielle est réaliste à un horizon d'une trentaine d'années.** Pour toute perspective plus lointaine, il serait nécessaire d'anticiper les besoins d'entreposage sur les durées plus longues qu'une trentaine d'années. En tout état de cause, l'absence de perspective d'utilisation à l'horizon d'une centaine d'années doit conduire à **requalifier la substance en déchet**.

À noter que pour tous les pays qui ne recyclent pas le combustible usé, ce dernier est intégralement considéré comme **déchet ultime** (voir la [fiche argumentaire GAENA "Entreposage du combustible nucléaire usé – Stockage"](#)), ce qui représente un volume et une activité préjudiciable au concept de développement durable. Ces matières doivent être prises en charge dans des filières de gestion dédiées jusqu'à leur stockage ultime.

• Objectifs de réalisation à court terme

- **Création d'un centre de stockage des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) :**
L'ANDRA étudie la possibilité de construire un centre de stockage à faible profondeur pour les déchets FA-VL.

□ **Création d'un centre de recyclage de matériaux métalliques contaminés ou activés**

La création d'un technocentre pour le recyclage de certains matériaux métalliques TFA sur le site de Fessenheim (Haut-Rhin) est envisagée. Ce centre devrait traiter quelque 200.000 tonnes d'acier issues du démantèlement de l'usine Eurodif à Tricastin (Drôme), ainsi que les générateurs de vapeur recyclés des centrales nucléaires.

5. RÉFÉRENCES

- [Réf. 1] [Fiche argumentaire GAENA](#) : *Le traitement par recyclage du combustible irradié*
- [Réf. 2] [Fiche argumentaire GAENA](#) : *Entreposage du combustible nucléaire usé – Stockage*
- [Réf. 3] Rapport de la Cour des comptes du 4 juillet 2019 : L'aval du cycle du combustible nucléaire – Les matières et les déchets radioactifs, de la sortie du réacteur au stockage <https://www.ccomptes.fr/>
- [Réf. 4] <https://www.andra.fr> : PNGMDR – *Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs : Période 2022-2026*
- [Réf. 5] [news-43116-inventaire-matieres-dechets-radioactifs-andra.pdf \(actu-environnement.com\)](#) : *Inventaire national des matières et déchets radioactifs – Rapport de synthèse 2023*
- [Réf. 6] <https://www.andra.fr> : PNGMDR2022-26 – *Schéma industriel pour la gestion des déchets TFA*

ANNEXE 1

UN STOCKAGE EN PROFONDEUR DE DÉCHETS RADIOACTIFS POUR DES MILLIONS D'ANNÉES DANS UNE ROCHE STABLE DEPUIS DES MILLIONS D'ANNÉES – LE PROJET CIGEO

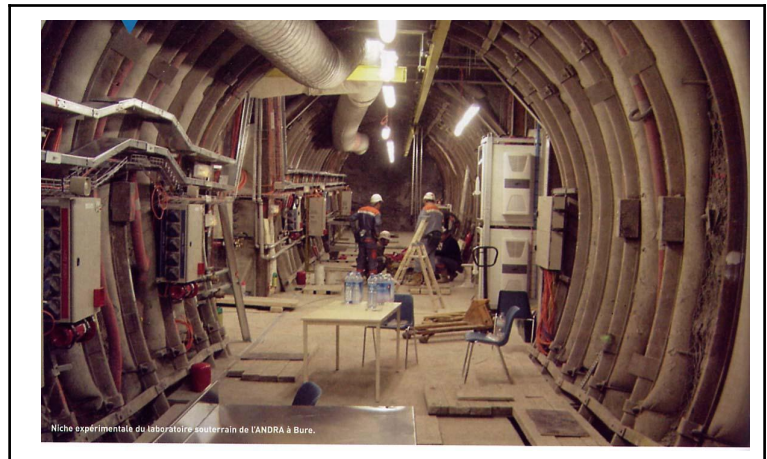
Une formation géologique, dont le comportement est stable depuis des millions d'années est l'endroit le plus adapté à un stockage de matières radioactives de très forte radioactivité et/ou de longue durée de vie.

Cette approche de la gestion à long terme des déchets de ce type est commune aux différents pays «nucléarisés» : Royaume Uni, Allemagne, Belgique, France, Finlande, Suède, USA avec des degrés d'avancement des travaux jusqu'au stade des projets les plus avancés en Suède et Finlande et jusqu'à celui de la mise en exploitation du site de Palo Verde (Nouveau Mexique).

Les couches géologiques (granit, sel, argile) sont choisies pour toute une série de qualités : stabilité, imperméabilité, dureté, résistance, plasticité...

La difficulté est la circulation d'eau qui seule est susceptible de dissoudre et de transporter des matières radioactives, mais ceci en quelques siècles.

Enfin, le stockage est réalisé en profondeur (de l'ordre de 500 m) pour l'éloigner d'éventuels aquifères.

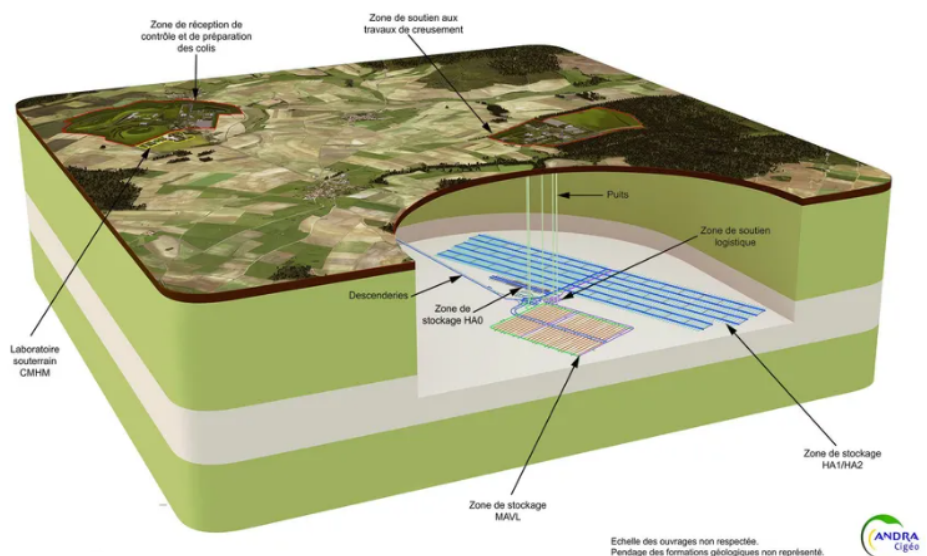


En France, le choix s'est porté sur l'argile dont une formation convenable pour établir un laboratoire expérimental se trouve dans le département de la Meuse, sur le site de Bure (projet CIGÉO). La demande d'autorisation de création du de Cigéo est en cours d'examen, pour avis final prévu vers 2025 (voir www.cigeo.com)

L'instrumentation d'une galerie d'une centaine de mètres de long permet de recueillir les données nécessaires pour certifier les choix techniques et les prévisions à long terme.

Le principe de la protection des populations et de l'environnement contre les atteintes liées aux déchets radioactifs jusqu'à ce qu'ils ne présentent plus un quelconque risque est d'interposer une série de barrières aptes à confiner les matières radioactives suffisamment longtemps.

Ainsi, les déchets de très forte radioactivité sont intégrés dans du verre amorphe, matière dont la longévité est démontrée dans les fouilles archéologiques sous-marines ; le verre est gainé d'acier inoxydable pour en constituer un colis. Ce colis est disposé dans une des alvéoles de la galerie d'accueil creusée dans l'argile à une profondeur de 500 mètres.



Les barrières sont passives : elles ne demandent pas une intervention humaine et se prêtent bien à une exploitation sur la durée.

Les déchets de très forte radioactivité et/ou de longue durée de vie ainsi stockés ne représentent pas une menace pour les générations futures.

Photo et figure proviennent de publications de l'ANDRA