

Réponses aux questions relatives aux déchets de l'énergie nucléaire

Eolien / Soutiens publics / Electricité

RESUME EXECUTIF

Le nucléaire civil, comme toute industrie, génère des déchets du fait de son activité. Ces derniers, bien que très faibles en volume, sont l'objet de débats dans l'opinion publique.

Les déchets nucléaires sont hétérogènes, leurs caractéristiques variant en fonction de leur période respective de radioactivité. La grande majorité d'entre eux, près de 97%, sont à faible activité et peu ou non dangereux. Ils ne représentent que 0,2% de leur radioactivité totale.

Les déchets, quelle que soit leur typologie, font l'objet d'une gestion et d'un traitement rigoureux respectant des règles strictes, lesquelles sont fixées par des autorités spécialisées et dédiées. Leur prise en charge spécifique permet d'assurer la protection de la population et de l'environnement. Les déchets sont stockés dans des centres hautement sécurisés. Leur gestion est un enjeu majeur de la sécurité de l'industrie nucléaire. Un stockage sécurisé de long terme des déchets les moins dangereux est déjà assuré par les autorités nucléaires (Andra, IRSN) et exclut la possibilité d'un quelconque risque.

Les plus radioactifs, dont la période d'activité est la plus importante (moins de 3% du total accumulé), représentent plus de 99% de la radioactivité. Ils font l'objet de recherches à la pointe de la technologie. Le projet d'enfouissement en profondeur Cigéo assurera notamment un stockage sécurisé pluri millénaire

dans l'attente de moyens permettant le recyclage des déchets à des fins d'optimisation énergétique.

La France dispose d'une industrie électronucléaire à la pointe de la technologie intégrant la maîtrise du traitement des déchets. De nombreuses méthodes de traitement et de recyclage sont actuellement en phase de recherche et développement avec de fortes probabilités d'aboutissement. Elles feraient du nucléaire, en plus de l'énergie la plus décarbonée, la source d'énergie la plus propre du monde et la plus sûre pour la santé humaine.

DEVELOPPEMENT

L'énergie nucléaire, la plus décarbonée des énergies exploitables, est de loin la principale source d'énergie électrique en France. Elle représente près de 70 % du mix énergétique français¹. Occupant un espace restreint et très faiblement émettrices de gaz à effet de serre, les centrales nucléaires offrent une électricité pilotable apte à répondre aux besoins de la population et de l'économie dans des conditions d'exploitation très favorables.

Comme toute activité humaine, l'industrie nucléaire génère des déchets mais d'un volume faible comparé à d'autres énergies. Ils sont radioactifs et aucune utilisation ultérieure n'en est pour le moment possible. Leur radioactivité n'est toutefois pas propre à leur utilisation humaine car il s'agit d'un phénomène naturel et omniprésent (2/3 de l'exposition est d'origine naturelle²).

Seul un très faible volume de ces déchets (moins de 3%) est d'une durée de vie préoccupante et doit donc être traité par des moyens adaptés. Aujourd'hui en

¹ Note stratégique du Céréme

² <https://www.andra.fr/dechets-radioactifs-fini-les-idees-recues>

France, ce volume représente moins de 2kg par habitant et par an³, ce qui est peu comparé aux 2,5 tonnes de déchets de toutes natures que ce dernier produit.

En France, les déchets issus de l'industrie nucléaire font l'objet d'un suivi, d'une gestion et d'une prise en charge conciliant protection des populations et de leur environnement.

1. Energie Nucléaire : rappels

1-1. De l'énergie nucléaire

La production d'électricité nucléaire utilise l'énergie dégagée par la fission d'atomes d'uranium. **L'énergie produite par la fission d'un gramme d'uranium est égale à celle dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole⁴.**

1-2. Du fonctionnement d'une centrale

Les centrales nucléaires produisent de l'électricité grâce au fonctionnement simultané de trois circuits⁵ :

- **Le circuit primaire** : Ce circuit fermé contient la fission d'un noyau d'uranium 235, par fragmentation en deux noyaux plus légers au contact d'un neutron. Cette fission libère une quantité importante d'énergie sous forme de chaleur, sans aucun rejet dans l'atmosphère.
- **Le circuit secondaire** : Ce circuit, indépendant du premier, utilise la chaleur du circuit primaire pour produire de la vapeur et la transformer en énergie électrique en faisant tourner une turbine similaire à celle des autres modes de production électrique.
- **Le circuit de refroidissement** : Ce circuit assure le refroidissement du circuit secondaire en utilisant une source froide. Il utilise généralement de l'eau froide si elle est abondante à proximité (mer ou fleuve), laquelle est recyclée à son point de prélèvement. A défaut, il est mis en œuvre un processus de refroidissement par recours à des cheminées ou des tours aéroréfrigérantes rejetant de la vapeur d'eau.

2. Les déchets nucléaires

2-1. Qu'est-ce qu'un déchet nucléaire ?

Le code de l'environnement (art. L 542-1-1) définit ces déchets comme « les substances radioactives pour lesquelles aucune

utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée"⁶. Des utilisations sont cependant possibles (exemple du projet ASTRID).

En réalité, les déchets radioactifs ont des origines multiples et sont de différentes natures : combustibles usés, matériels courants et consommables de travail en milieu nucléaire, ou résidus de déconstruction des centrales. D'autres activités civiles génèrent également des déchets, par exemple les hôpitaux, les laboratoires médicaux ou des centres de recherche.

2-2. Typologie des déchets

Les déchets présentent différents degrés de radioactivité. Ils ont une durée de vie très variable, de quelques secondes à plusieurs milliers d'années, n'excédant majoritairement pas quelques dizaines d'années. Afin de les répertorier, l'Agence Nationale pour la gestion des déchets nucléaires (ANDRA) distingue deux critères de classement⁷ :

La période de radioactivité : c'est la période nécessaire à la disparition de la radioactivité. Elle est décroissante en fonction du temps. L'ANDRA distingue deux catégories :

- **les déchets à « vie courte »** : période de radioactivité ou demi-vie inférieure à 31 ans, pendant laquelle la moitié des atomes se désintègrent naturellement. Ils deviennent inactifs au bout de 300 ans.
- **les déchets à « vie longue »** : restent radioactifs pendant plusieurs milliers d'années.

Le niveau d'activité : il se réfère au nombre de désintégrations de noyaux à la seconde, la radioactivité variant suivant la quantité et la nature des substances.

En croisant ces critères, l'ANDRA établit la classification suivante :

a) les déchets à faible activité et donc peu dangereux : ils représentent 97% du volume total des déchets pour seulement 0,2% de la radioactivité. Parmi eux on distingue les déchets de :

- **Très Faible Activité (TFA)** : issus de l'exploitation et du démantèlement des installations nucléaires, essentiellement des gravats (bétons, plâtres) et de la ferraille (charpentes métalliques, tuyauterie). La radioactivité est proche du niveau naturel de l'environnement (roches et sols).
- **Faible ou Moyenne Activité et à Vie Courte (FMA-VC)** : matériaux issus de la maintenance et du fonctionnement des centrales (vêtements, outils, filtres, ...). **Faible Activité et à Vie**
- **Longue (FA-VL)** : déchets anciens ou issus d'activités anciennes, en particulier des premières générations de centrales nucléaires.

³ EDF-Les déchets radioactifs

⁴ Le monde sans fin, Jean-Marc Jancovici, 2021, page 129.

⁵ Électricité : le fonctionnement d'une centrale nucléaire | EDF France

⁶ Article L542-1-1 du Code de l'environnement

⁷ <https://www.andra.fr/les-dechets-radioactifs/tout-comprendre-sur-la-radioactivite/classification>

b) les déchets les plus sensibles : moins de 3% du volume total des déchets⁸ et 99,8% de la radioactivité :

- des déchets de **Moyenne activité et à Vie longue** (MA-VL) provenant des opérations de retraitement, du fonctionnement et de la maintenance des centrales.
- des déchets de **Haute Activité** (HA) provenant du combustible usagé.

3. De la gestion des déchets

Les déchets radioactifs font l'objet d'une gestion rigoureuse conciliant la protection de l'homme et de son environnement et d'un traitement destiné à réduire leur niveau d'activité.

Plusieurs principes sont mis en œuvre pour optimiser leur traitement⁹ :

- **Limitation à la source ;**
- **Traitement sélectif en fonction de leur nature et de leur niveau d'activité ;**
- **Conditionnement adapté à leur nature pour éviter toute dissipation de radioactivité ;**
- **Isolement strict lors du transport vers leur lieu de stockage.**

3-1. Le stockage des déchets les moins sensibles

Le stockage concerne les déchets TFA et FMA-VC les moins radioactifs amenés à retrouver rapidement leur niveau de radioactivité naturelle. Ils représentent 90% du volume total.

- Les déchets TFA sont d'abord compactés dans des grands sacs ou des fûts métalliques. Ils sont ensuite transportés pour être stockés dans des alvéoles argileuses imperméables les protégeant des nappes phréatiques (Centre Industriel d'Entreposage et de Stockage - Cires dans l'Aube).
- Les déchets FMA-VC sont conditionnés et compactés dans des conteneurs avant d'être stockés dans des ouvrages en béton (Centre de Stockage de l'Aube - CSA).

Ces centres de stockage sont conçus pour être sûrs à long terme sans nécessiter d'intervention humaine. Ils feront l'objet d'une surveillance intensive pendant plusieurs dizaines d'années, sous la responsabilité de l'Institut de radio production et de sûreté nucléaire (IRSN).

En réalité, ces traitements sont particulièrement sévères en France et ne sont pas pratiqués avec autant de rigueur dans certains pays qui considèrent qu'ils sont sans risque ou à risque négligeable.

3-2. L'enfouissement des déchets les plus sensibles

L'enfouissement concerne les déchets MA-VL et HA. Ceux-ci sont d'abord conservés trois ans dans des piscines d'eau froide afin de les refroidir. Ils sont ensuite transférés au centre de la Hague en Normandie, pour y être retraités (séparation des matières recyclables et des déchets ultimes).

Ces déchets, qui ne peuvent pas être stockés en surface du fait de leur longue durée de vie, sont ensuite vitrifiés à très haute température (1100°C) en « colis », afin d'empêcher la diffusion de produits radioactifs puis placés dans des conteneurs en acier inoxydable et hermétiques. Ils sont alors entreposés pour des décennies dans des puits ventilés, sous la responsabilité de l'IRSN.

La loi Bataille de 1991¹⁰ et la loi programme de 2006¹¹ ont acté un stockage en couche géologique profonde, à l'horizon 2025, comme solution de gestion des déchets les plus radioactifs, solution confirmée comme la plus pertinente à l'issue de plusieurs années de recherche.

Concrètement, le Projet CIGEO développé par l'ANDRA accueillera le stockage de ces déchets de toutes origines à plus de 500 mètres de profondeur dans une couche d'argile imperméable de 100 mètres d'épaisseur, dans des zones à faible activité sismique et sans faille, imperméables et présentant des conditions favorables en termes de « *stabilité géologique, d'hydrogéologie, de géochimie* »¹² pour les 10 mille prochaines années.

4. Innovations et progrès technologiques :

Le stockage en couche géologique profonde n'est pas le seul axe de réflexion des autorités. D'autres technologies sont étudiées afin de limiter, voire de recycler les déchets nucléaires.

⁸ <https://www.andra.fr/dechets-radioactifs-fini-les-idees-recues>
⁹ <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-dechets-radioactifs>

¹⁰ Loi n°91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs

¹¹ Loi de programme n°2006-739 du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs

¹² [La gestion des déchets à vie longue \(irsn.fr\)](#)

Réacteurs à neutrons rapides : c'est la piste la plus concrète et la plus avancée en matière de recyclage des déchets radioactifs. Elle est basée sur l'utilisation des déchets issus du premier niveau de production électronucléaire. Cette piste était étudiée en France par le projet ASTRID.

NB : Ce projet a malencontreusement été abandonné par une décision politique. Le Cérémé considère cet arrêt comme une perte majeure d'opportunité pour le recyclage des déchets nucléaires et la constitution d'un pôle français d'excellence de sciences appliquées. Une telle décision est d'autant plus regrettable qu'elle est intervenue avant le lancement de six EPR2 impliquant de nouveaux besoins de retraitement.

Le Projet ITER : Il regroupe 35 Etats afin de développer une technique de fusion semblable aux fusions constatées dans les étoiles, y compris le soleil. L'objectif est de produire une grande quantité d'énergie intégralement décarbonée et susceptible de fournir l'énergie nécessaire à l'Homme pendant des siècles. ¹³

Traitement au laser : Le prix Nobel de physique 2018 Gérard Mourou a évoqué la possibilité de raccourcir la durée de rayonnement des déchets radioactifs à vie longue ou très longue (millions d'années) par des traitements au laser. Selon lui, cette technique pourrait "réduire la radioactivité d'un million d'années à 30 minutes" ¹⁴

Le Cérémé considère que le potentiel de cette évolution scientifique voudrait que la puissance publique attribue à la recherche appliquée sur ces principes tous les moyens de recherche nécessaires à la mise au point rapide des technologies espérées.

La transmutation des déchets : Il s'agit d'ajouter un neutron à un noyau d'atome radioactif pour atténuer sa puissance et réduire largement sa durée de radioactivité. Le projet MYRRHA en Belgique, financé par l'Union Européenne, est destiné à développer cette technologie d'ici 2036. ¹⁵

¹³ <https://www.iter.org/fr/proj/inafewlines>

¹⁴ Fabien Bouglé, Nucléaire-Les vérités cachées, 2021, page 67.

¹⁵ Fabien Bouglé, Nucléaire-Les vérités cachées, 2021,



WWW.CEREME.FR

CONTACT@CEREME.FR
63, RUE LA BOETIE
75008 PARIS