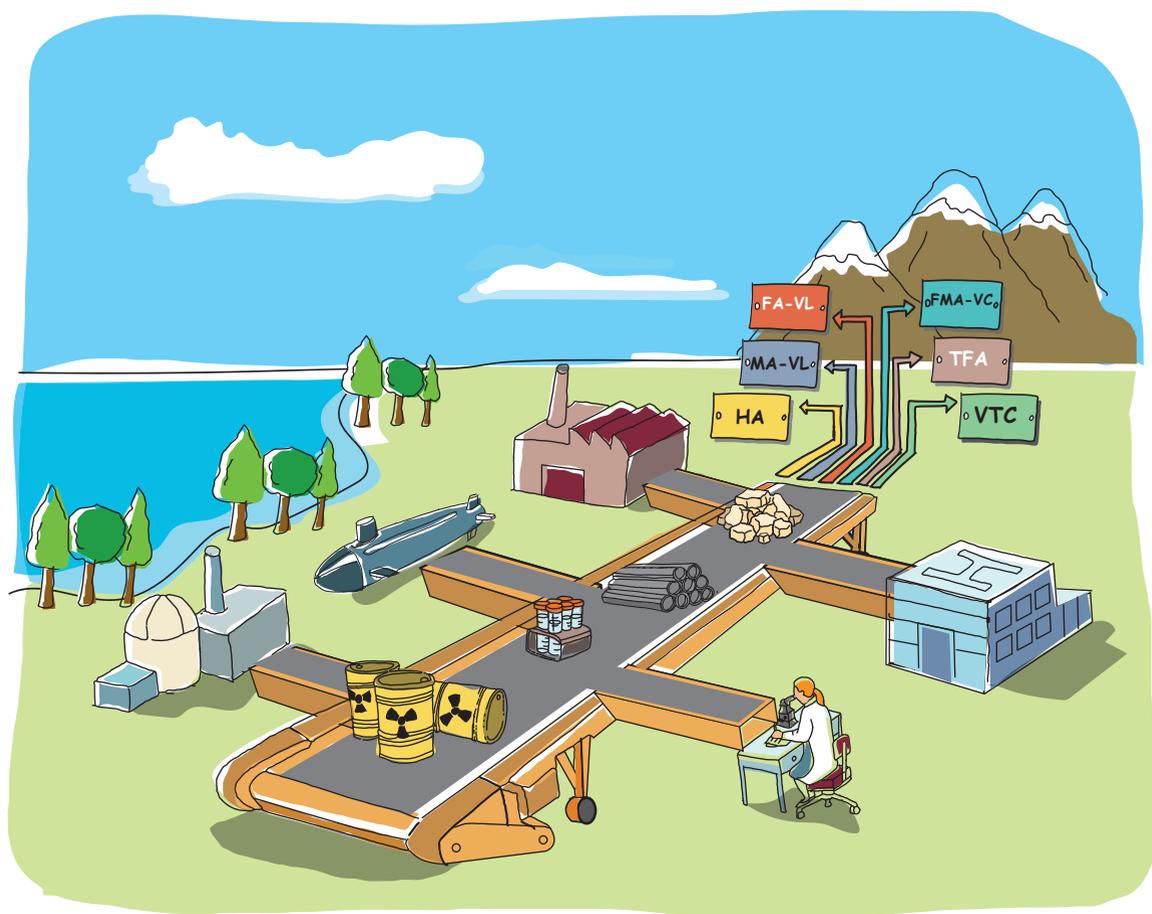


# LES DÉCHETS RADIOACTIFS

Comment mettre en place des solutions pérennes qui protègent la santé et l'environnement ?



Les déchets radioactifs sous surveillance

De quels déchets parle-t-on ?

Les enjeux pour demain

L'information des publics

# Sommaire

## LES DÉCHETS RADIOACTIFS SOUS SURVEILLANCE

- Un cadre juridique exigeant 4
- Déchets radioactifs : qui agit, qui contrôle ? 6

## DE QUELS DÉCHETS PARLE-T-ON ?

- Les différents types de déchets radioactifs 8
- Déchets radioactifs en France : les chiffres clés 10
- Les étapes de la gestion des déchets radioactifs 12
- Où sont les déchets radioactifs en France ? 14
- Focus sur quelques installations dédiées  
au traitement, au conditionnement ou  
à l'entreposage des déchets radioactifs 18

## LES ENJEUX POUR DEMAIN

- Le cas des déchets radioactifs HA-MAVL 22
- Des pistes pour l'avenir 24
- La gestion des déchets radioactifs  
dans le monde 25

## L'INFORMATION DES PUBLICS

- Les Français et les déchets radioactifs 28
- Vos questions, nos réponses 30

## GLOSSAIRE 34

Le nucléaire est une source majeure d'énergie dans de nombreux pays. En France, il représente plus de 70 % de la production totale d'électricité. Bien que la production électronucléaire soit faiblement émettrice de gaz à effet de serre, elle présente d'autres enjeux pour l'environnement tels que les déchets radioactifs.

Certains déchets issus du retraitement des combustibles usés des centrales nucléaires restent dangereux pendant des centaines de milliers d'années. **Conscients de ce problème, les Français placent la gestion des déchets radioactifs en tête de leurs inquiétudes, devant le risque d'accident.** Et une grande majorité d'entre eux souhaite que des solutions de gestion des déchets soient trouvées et mises en œuvre **sans qu'elles soient à la charge des générations futures.**

Bien que certains déchets ne disposent pas encore d'une filière de gestion opérationnelle, la France dispose d'un cadre global et cohérent pour gérer tous les déchets, quels que soient leur producteur et leur nature, afin de garantir durablement la sûreté de leur gestion et la sécurisation du financement nécessaire. **C'est le rôle de l'ASN de contrôler la bonne gestion des déchets radioactifs afin de protéger les personnes et l'environnement.**

# Un cadre juridique exigeant

**Les déchets radioactifs sont l'objet d'une réglementation rigoureuse. La loi du 28 juin 2006 fixe les grands principes de leur gestion et le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR\*) est l'outil de pilotage privilégié pour mettre en œuvre ces principes.**



## CE QUE DIT LA LOI

L'arrêté du 7 février 2012 dispose que tous les déchets produits au sein d'une installation nucléaire de base (INB) sont considérés, par précaution, comme radioactifs, et doivent être dirigés vers des filières\* dédiées.

Les producteurs de déchets radioactifs doivent les trier et en assurer le conditionnement\*, dans des procédures strictes d'assurance qualité, en mettant en œuvre les meilleures technologies disponibles, et dans l'objectif de réduire leur quantité et leur nocivité.

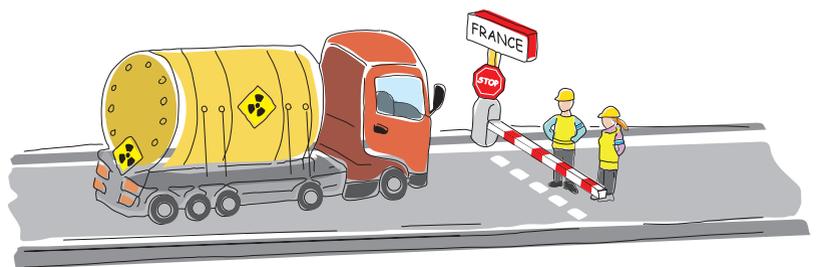
Ils assurent l'entreposage\* des déchets et sont responsables de leur transport jusqu'aux centres de stockage\*.

Les producteurs sont donc responsables de la bonne gestion de leurs déchets jusqu'à leur évacuation vers un exutoire définitif.

## Le cadre législatif : fixer les principes et anticiper

Les grands principes de la gestion durable des matières et des déchets radioactifs en France sont énoncés dans la loi du 28 juin 2006 :

- **Le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement** dans la gestion durable des matières et des déchets radioactifs de toute nature doit être assuré.
- **Un Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR)** est instauré pour mettre en œuvre les principes de la loi dans la durée (*voir ci-contre*).
- **La disponibilité des fonds** consacrés à la gestion à long terme des déchets radioactifs doit être garantie. À cet égard, les exploitants nucléaires doivent évaluer de manière prudente les charges de démantèlement de leurs installations et les charges de gestion de leurs déchets radioactifs.



- **L'interdiction du stockage en France des déchets radioactifs étrangers** est réaffirmée et les conditions du traitement\* en France de combustibles usés\* ou de déchets radioactifs étrangers, ainsi que la publicité liée à ces opérations, sont fixées de manière précise.
- **Le stockage réversible** (possibilité de retirer les déchets pendant un certain laps de temps) en formation géologique profonde est la solution de référence pour la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL).



### L'élaboration de la 5<sup>e</sup> édition du PNGMDR (2022-2026) a

été précédée, pour la première fois, d'un débat public, qui s'est tenu en 2019. Le ministère chargé de l'énergie et l'ASN ont publié, le 21 février 2020, une décision conjointe consécutive à ce débat public, dans laquelle ont été précisées les grandes orientations du Plan. Elle insiste en particulier sur la poursuite de la mise en place de filières de gestion pour les déchets n'en disposant pas encore (déchets FA-VL et HA-MAVL), ainsi que sur l'optimisation des filières existantes, en particulier celle des déchets de très faible activité (TFA), qui devra gérer des déchets issus du démantèlement des installations nucléaires.

## Le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR)

### Le PNGMDR a pour principaux objectifs de :

- dresser le bilan des modes de gestion existants des déchets radioactifs et des solutions techniques retenues ;
- recenser les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage et préciser les capacités nécessaires pour ces installations et les durées d'entreposage ;
- fixer les objectifs généraux à atteindre, les principales échéances et les calendriers permettant de respecter ces échéances ;
- fixer les objectifs à atteindre pour les déchets radioactifs pour lesquels un mode de gestion définitif n'a pas encore été déterminé ;
- organiser la mise en œuvre des recherches et études sur la gestion des déchets radioactifs en fixant des échéances pour la mise en œuvre de nouveaux modes de gestion, la création d'installations ou la modification des installations existantes.

### AU NIVEAU EUROPÉEN

La directive européenne Euratom sur la gestion des déchets radioactifs (2011) contribue au renforcement de la sûreté au sein de l'Union européenne, en responsabilisant les États membres à l'égard de la gestion de leurs déchets radioactifs.

### AU NIVEAU INTERNATIONAL

La Convention commune de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA\*) sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs est un instrument international juridiquement contraignant, entré en vigueur le 18 juin 2001, qui traite, à l'échelle mondiale, de la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. Les pays contractants (dont la France) s'engagent à appliquer des dispositions de sûreté strictes, à élaborer périodiquement un rapport national sur ces dispositions.

# Déchets radioactifs : qui agit, qui contrôle ?

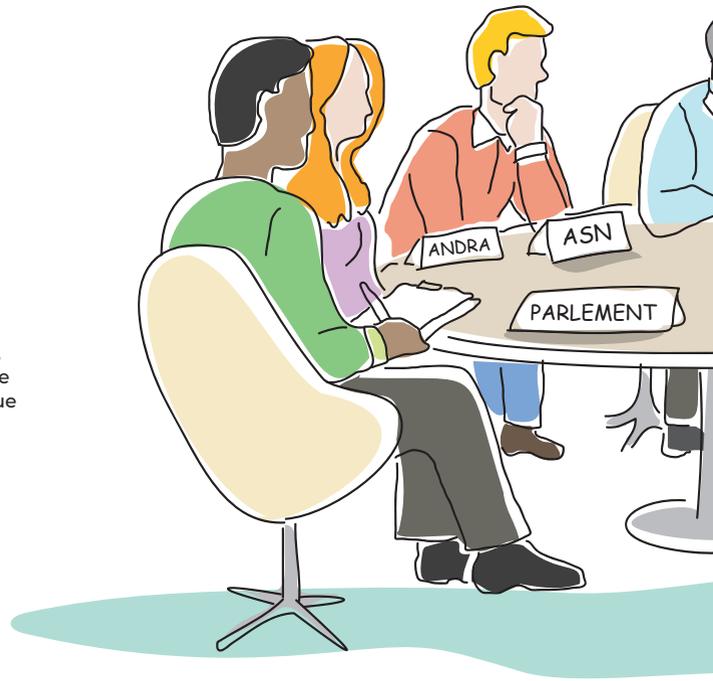
**Le ministère chargé de l'environnement élabore une politique et met en œuvre les décisions du Gouvernement relatives au secteur nucléaire civil. Sur le plan opérationnel, la gestion des déchets radioactifs est prise en charge par différents acteurs.**

## LE GESTIONNAIRE À LONG TERME

L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) est un établissement public **responsable de la gestion à long terme des déchets radioactifs produits en France**. Il est placé sous la tutelle des ministères chargés de la recherche, de l'industrie et de l'environnement.

Ses missions sont de :

- concevoir et mettre en œuvre des solutions de gestion pérennes pour toutes les catégories de déchets radioactifs, notamment les déchets de haute activité (HA), de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et de faible activité à vie longue (FA-VL) qui sont actuellement entreposés;
- prendre en charge les déchets radioactifs issus du secteur électronucléaire, de la recherche, de la défense nationale, de l'industrie non-électronucléaire et du médical;
- exploiter des centres de stockage\* de déchets radioactifs dans le respect de la santé des personnes et de l'environnement.



## LE CONTRÔLEUR ET SON APPUI TECHNIQUE

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) contrôle les producteurs de déchets et l'Andra; **elle instruit les procédures d'autorisation des INB\* liées à la gestion des déchets**. Elle évalue régulièrement la stratégie de gestion des déchets de chacun des grands exploitants. Cette approche doit tenir compte des enjeux de sûreté, de radioprotection\*, de minimisation du volume et de la nocivité des déchets.

Dans le cadre de la mission générale d'appui technique aux autorités de sûreté, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) **expertise la sûreté de l'ensemble des opérations associées à la gestion des déchets issus des INB**.

Son rôle consiste notamment à analyser l'ensemble des risques qui peuvent se poser, à court comme à très long terme, sur les installations de stockage actuelles ou futures.



## LES EXPLOITANTS NUCLÉAIRES

Les producteurs de déchets **sont responsables de leurs déchets sur le plan technique et financier**, et doivent présenter dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement de leur installation, les déchets produits, qu'ils soient radioactifs ou non, ainsi que leur volume, leur nature, leur nocivité et les modes d'élimination envisagés.



## LE PARLEMENT

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) **auditionne les acteurs de la gestion des matières et des déchets radioactifs** et publie des rapports d'évaluation et des recommandations.



La Commission nationale d'évaluation (CNE2) **évalue annuellement l'état d'avancement** et la qualité des recherches sur la gestion des matières et des déchets radioactifs.



La Direction générale du trésor et celle de l'énergie et du climat sont chargées de **contrôler le financement des charges de long terme liées aux déchets radioactifs**.



## LES ACTEURS DU DÉBAT

Le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) **est une instance d'information, de concertation et de débat** sur les risques liés aux activités nucléaires et l'incidence de ces activités sur la santé des personnes, sur l'environnement et sur la sécurité nucléaire.



La Commission nationale du débat public (CNDP) est l'autorité indépendante chargée de **garantir le droit de toute personne vivant en France à l'information et à la participation sur les projets ou les politiques qui ont une incidence sur l'environnement**. Ce « droit au débat » du public permet également d'améliorer les décisions des responsables des projets ou des politiques. Il les éclaire sur les valeurs, les attentes ou les interrogations du public.



Les Commissions locales d'information (CLI) **sont des structures d'information et de concertation mises en place auprès d'une INB**. Elles ont une mission générale de suivi et de concertation en matière de sûreté nucléaire\*, de radioprotection et d'incidence des activités nucléaires sur les personnes et l'environnement, et doit favoriser l'information des publics en matière de sûreté.



# Les différents types de déchets radioactifs

**Les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée. Ils doivent donc être gérés dans une filière\* adaptée à leur dangerosité.**

La radioactivité est un phénomène naturel auxquels tous les humains sont exposés en permanence. La radioactivité d'origine artificielle est produite par les activités humaines (médecine, industrie, recherche, rejets réglementés des installations nucléaires, etc.).

Les déchets radioactifs sont aussi divers que les activités qui les produisent. En fonction de leur origine, ils sont plus ou moins dangereux, pendant plus ou moins longtemps. On distingue en France six catégories de déchets radioactifs, selon deux critères :

- **l'activité radioactive** (le nombre de désintégrations de noyaux radioactifs qui se produisent chaque seconde et qui donc émettent des rayonnements) ;
- **la durée de vie** (le temps pendant lequel ces rayonnements seront émis).

## Les six catégories de déchets radioactifs

### VTC VIE TRÈS COURTE



Déchets radioactifs qui ont une période\* inférieure à 100 jours. Une partie importante résulte des applications médicales de la radioactivité (diagnostic ou thérapie).

Jusqu'à environ 3 ans

### TFA TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ



Ils proviennent de l'industrie nucléaire, en particulier des opérations de démantèlement des installations. Il s'agit principalement de pièces issues du découpage d'équipements et de gravats très faiblement contaminés.

*Non déterminant<sup>(1)</sup>*

### FA-VL FAIBLE ACTIVITÉ À VIE LONGUE

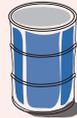


Il s'agit principalement :

- des déchets contaminés par du radium utilisé par exemple jadis par l'industrie horlogère ;
- des déchets de graphite qui proviennent du démantèlement de réacteurs nucléaires de première génération ;
- des déchets de traitement de minéraux tels que les terres rares utilisées en électronique.

Jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années

### FMA-VC FAIBLE ET MOYENNE ACTIVITÉ À VIE COURTE



Ils sont essentiellement des déchets liés à la maintenance et au fonctionnement des installations nucléaires (vêtements, outils, gants, filtres, etc.). Ces déchets sont également issus de laboratoires de recherche, d'hôpitaux, d'universités, etc. Ils peuvent être incinérés, fondus, enrobés dans une matrice (du ciment par exemple) ou compactés.

Jusqu'à environ 300 ans

### MA-VL MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE



Ils sont essentiellement constitués des coques et embouts issus du traitement\* des combustibles nucléaires et des déchets liés au fonctionnement et à la maintenance des centrales.

Jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années

### HA HAUTE ACTIVITÉ



Ils résultent du traitement des combustibles nucléaires. Ils dégagent de la chaleur. Il faut les laisser refroidir pendant des années, dans des piscines, avant de les stocker définitivement. En France, les déchets de haute activité sont calcinés, puis incorporés à une pâte de verre en fusion. Ils sont ensuite coulés dans un colis en inox.

Jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années

Temps nécessaire à la décroissance de la radioactivité jusqu'à un seuil ne présentant pas de risque pour la santé humaine et l'environnement. Il est fonction de la période radioactive.

1. Au regard de leur très faible activité, le critère de temps n'entre pas en compte dans la classification de cette catégorie de déchets.

IL Y A MATIÈRE  
À RÉFLEXION...



**Une substance radioactive**

contient des éléments radioactifs, naturels ou artificiels, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle pour en prévenir les risques. Substance est un terme global qui comprend à la fois les matières et les déchets radioactifs.

**Une matière radioactive**

est une substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement. C'est le cas de l'uranium et du plutonium issus du processus de retraitement du combustible nucléaire usé\* ou du technétium utilisé en médecine. La France a fait le choix de retraiter le combustible usé de ses centrales nucléaires, jusqu'à 96 % des matières sont réutilisables en tant que matière première pour la fabrication de différents combustibles, l'autre partie (environ 4 %) est un déchet.

**Les catégories<sup>(2)</sup> de déchets radioactifs et leurs filières de gestion**

CATÉGORIE	Déchets à vie très courte contenant des radionucléides* de période < 100 jours	Déchets à vie courte dont la radioactivité provient principalement des radionucléides de période ≤ 31 ans	Déchets à vie longue contenant majoritairement des radionucléides de période > 31 ans
Très faible activité (TFA)	<b>VTC</b> <b>Gestion par décroissance radioactive sur le site de production</b> puis élimination dans les filières dédiées aux déchets conventionnels	<b>TFA</b> <b>Recyclage ou stockage* dédié en surface</b> (installation de stockage du centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube – Cires)	<b>FA-VL</b> <b>Stockage à faible profondeur</b> (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)
Faible activité (FA)			
Moyenne activité (MA)		<b>MA-VL</b> <b>Stockage en couche géologique profonde</b> (Cigéo, en projet dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)	<b>HA</b>
Haute activité (HA)	Non applicable <sup>(3)</sup>		

2. Il s'agit des catégories en usage en France. Elles peuvent être différentes dans d'autres pays.  
 3. Les déchets de haute activité à vie très courte n'existent pas.

# Déchets radioactifs en France : les chiffres clés

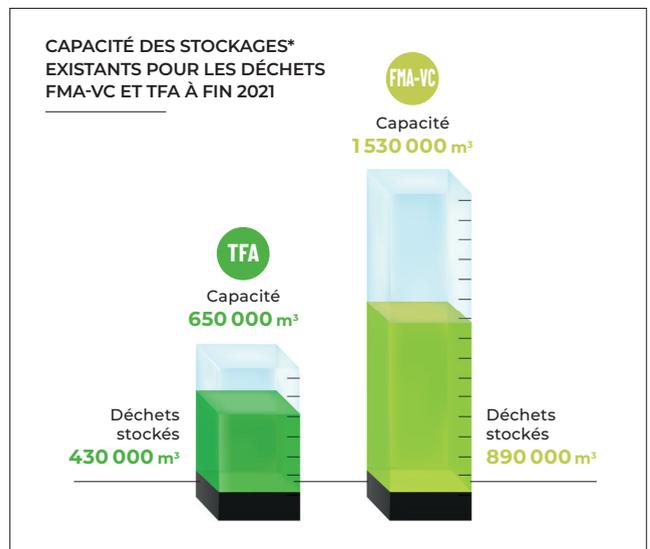
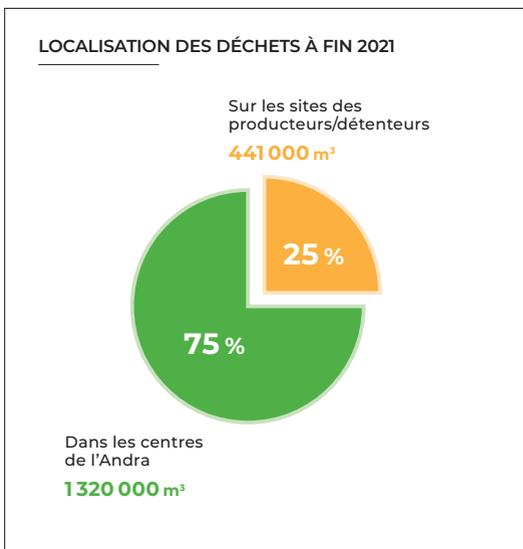
**Les déchets radioactifs présents sur le territoire français sont recensés précisément par l'Andra. À fin 2021, ils représentaient environ 1 760 000 m<sup>3</sup>. 10% de ce volume constitue 99% de la radioactivité.**

L'ensemble des déchets radioactifs produits en France est contrôlé et répertorié. Volume, type, localisation : les producteurs de déchets déclarent chaque année leur production respective et leurs prévisions.

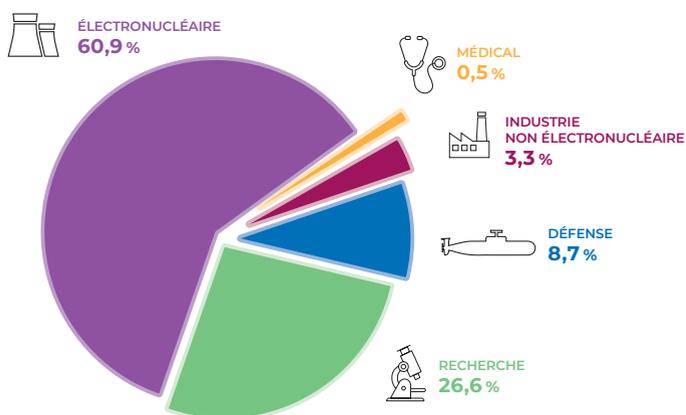
Toutes ces données sont recensées et mises à disposition de tous.



## Volumes des déchets présents sur les sites de producteurs / détenteurs ou stockés dans les centres de l'Andra à fin 2021



## Répartition par secteur économique du volume de déchets (en équivalent conditionné) déjà stockés ou destinés à être pris en charge par l'Andra à fin 2021



# 35 %

du volume total des déchets radioactifs sont de très faible activité (TFA).

Ils proviennent essentiellement du démantèlement d'installations nucléaires et sont constitués de gravats, terres, ferrailles, très faiblement contaminés.

**Ils sont stockés en surface.**

# 55 %

du volume total des déchets radioactifs sont à vie courte.

Ils perdent la moitié de leur radioactivité sur des durées inférieures ou égales à 30 ans. Au-delà de 300 ans, leur radioactivité résiduelle se rapproche de la radioactivité naturelle.

Ils contiennent environ 0,1% de la radioactivité totale. Ils proviennent essentiellement de l'exploitation et de la maintenance des centrales nucléaires.

**Ils sont stockés en surface.**

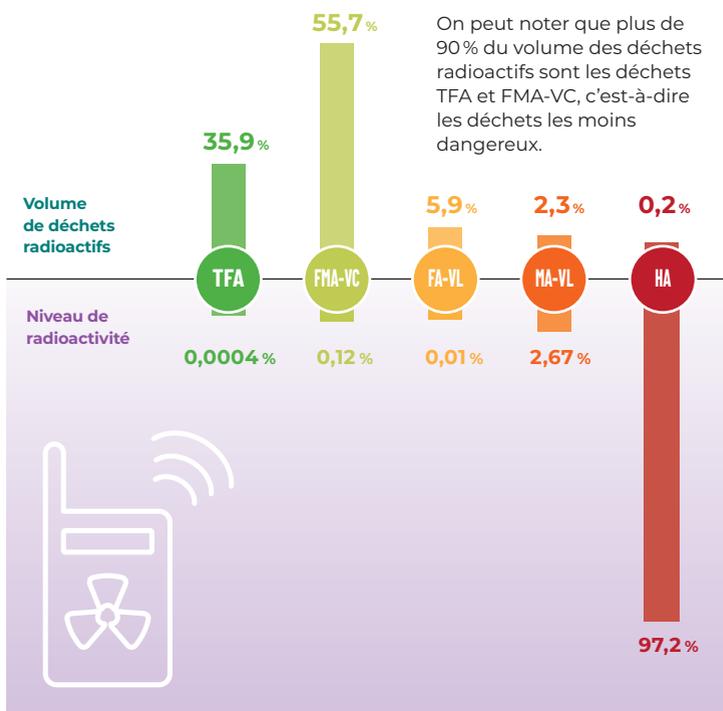
# 8 %

du volume total des déchets radioactifs sont à vie longue.

Ils peuvent demeurer radioactifs durant des centaines de milliers d'années. 2,5% d'entre eux contiennent 99,8% de la radioactivité totale. Ils proviennent essentiellement du traitement\* du combustible nucléaire usé\*. Ils sont conditionnés (vitrifiés) et entreposés à La Hague, et sont destinés à un stockage en profondeur. 6% sont de faible activité. Ils proviennent d'activités diverses, la plupart historiques.

**Ils sont entreposés, dans l'attente de définition d'une solution de gestion. Un centre de stockage dédié est à l'étude.**

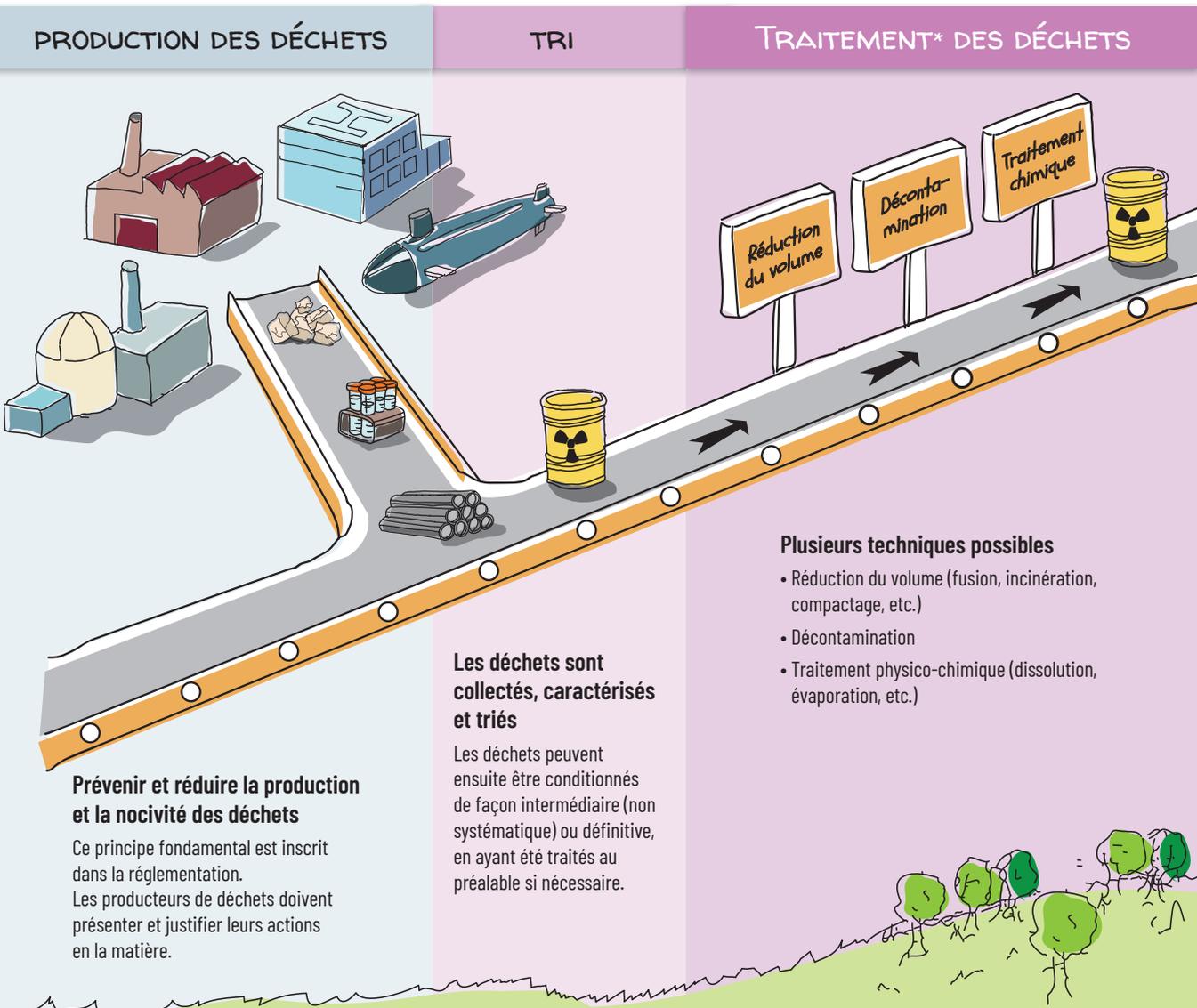
## Répartition des volumes et niveaux de radioactivité à fin 2021



Source : Inventaire national des déchets radioactifs, Andra, 2023.

# Les étapes de la gestion des déchets radioactifs

Après avoir été utilisée pour ses qualités énergétiques, médicales ou industrielles, et après avoir été éventuellement réutilisée après retraitement, la matière radioactive devient un déchet qui doit être géré de façon adaptée à sa dangerosité.



## PRODUCTION DES DÉCHETS

## TRI

## TRAITEMENT\* DES DÉCHETS

### Prévenir et réduire la production et la nocivité des déchets

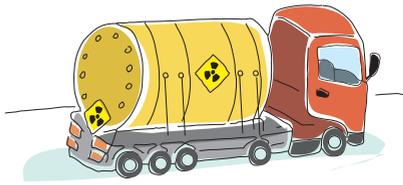
Ce principe fondamental est inscrit dans la réglementation. Les producteurs de déchets doivent présenter et justifier leurs actions en la matière.

### Les déchets sont collectés, caractérisés et triés

Les déchets peuvent ensuite être conditionnés de façon intermédiaire (non systématique) ou définitive, en ayant été traités au préalable si nécessaire.

### Plusieurs techniques possibles

- Réduction du volume (fusion, incinération, compactage, etc.)
- Décontamination
- Traitement physico-chimique (dissolution, évaporation, etc.)



► Les transports liés à la gestion des déchets présentent de forts enjeux de sûreté (en particulier pour les transports de combustible usé\*). Les colis doivent faire l'objet d'un agrément de l'ASN, après expertise technique de l'IRSN.

Ce cahier n'a pas pour objet de développer l'ensemble des enjeux et réglementations en vigueur dans le transport de déchets radioactifs.

## CONDITIONNEMENT\*

## ENTREPOSAGE\* ET STOCKAGE\*

Conditionnement  
intermédiaire

Entreposage

Conditionnement  
définitif

Le conditionnement est l'ensemble des opérations consistant à introduire un déchet dans un **conteneur**, en les incorporant ou non dans une matrice d'enrobage ou de blocage, pour former un colis de déchets.

Stockage

La protection des personnes et de l'environnement (article L. 593-1 du code de l'environnement) est contrôlée par l'ASN à chaque étape de gestion.

# Où sont les déchets radioactifs en France ?

**Les déchets radioactifs sont traités puis conditionnés. Ensuite, selon leur nature, ils sont entreposés en attendant d'une solution de gestion, ou stockés définitivement dans des centres spécialisés.**

**Légende**

- Traitement
- Conditionnement
- Entreposage
- Stockage



**LA HAGUE**

**INB 66**

● **Stockage**  
Centre de stockage de la Manche (CSM)

**INB 116, 117, 118**

● ● ● **Traitement, conditionnement et entreposage**  
Usines de traitement d'éléments combustibles irradiés (UP2-A et UP2-800) et station de traitement des effluents liquides et des déchets solides (STE3)

**SACLAY**

**INB 72**

● ● **Conditionnement et entreposage**  
Zone de gestion de déchets solides radioactifs (ZGDS)

**INB 35**

● ● **Traitement et conditionnement**  
Zone de gestion des effluents liquides (ZGEL)

**SAINT-LAURENT-DES-EAUX**

**INB 74**

● **Entreposage**  
Entreposage de chemises de graphite irradiées

**MALVÉSI**

**INB 175**

● **Entreposage**  
Entreposage confiné de résidus issus de la conversion (Écrin)

**MORVILLIERS**

**ICPE<sup>(4)</sup>**

● ● ● **Conditionnement, entreposage et stockage**  
Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)

**SOULAINES-DHUY**

**INB 149**

● ● **Conditionnement et stockage**  
Centre de stockage de l'Aube (CSA)

## VALDUC

### ● Entreposage

Bâtiment d'entreposage de déchets tritiés militaires

## BUGEY

### INB 173

#### ●● Conditionnement et entreposage

Installation de conditionnement et d'entreposage des déchets activés (Iceda)

## TRICASTIN

### INB 138

#### ●● Traitement

Installation d'assainissement et de récupération de l'uranium (IARU – ex-Socatri)

## MARCOULE

### INB 177

#### ●● Entreposage

Déchets irradiants ou alpha issus du démantèlement (Diadem)

### INBS<sup>(5)</sup>

●●● Traitement et conditionnement  
CDS

### INBS<sup>(5)</sup>

●●● Traitement et conditionnement  
STEMA

### INB 160

#### ●●● Traitement et conditionnement

Centre de traitement et de conditionnement de déchets de faible activité (Centrac)

## CADARACHE

### INB 171

#### ●●● Traitement

Atelier de gestion avancée et de traitement des effluents (Agate)

### INB 164

#### ●●● Entreposage

Conditionnement et entreposage de déchets radioactifs (Cedra)

### INB 37-A

#### ●●● Traitement et conditionnement

Station de traitement des déchets solides (STD)

### ICPE<sup>(4)</sup>

#### ●●● Conditionnement et entreposage

Rotonde



## TRAITEMENT

Les déchets radioactifs doivent être traités en vue de leur stockage définitif sûr. Ce traitement comprend la collecte et le tri des déchets, la réduction de leur volume et la modification de leur composition chimique et de leurs propriétés physiques avec, par exemple, la concentration des déchets liquides, et enfin leur conditionnement pour immobilisation en emballage avant l'entreposage et le stockage définitif.



## CONDITIONNEMENT

Le conditionnement est l'opération qui consiste à placer des déchets dans un contenant adapté à leur niveau de radioactivité et à leur durée de vie, et à les immobiliser le cas échéant grâce à un matériau de blocage ou d'enrobage. Parmi ces procédés les plus employés, on peut citer la cimentation, l'enrobage par bitumage ou résines polymères et la vitrification.



## ENTREPOSAGE

L'entreposage de matières ou de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur, avec intention de les retirer ultérieurement. Les déchets sont entreposés sur les sites dans des installations dédiées à cet effet, avant d'être pris en charge dans des filières\* de stockage.



## STOCKAGE

Le stockage en formation géologique profonde permet de placer définitivement les déchets radioactifs de haute activité à vie longue (HA-VL) dans un site garantissant leur confinement\*, tout en réservant une possibilité de les reprendre si cela s'avérait nécessaire ou opportun (on parle de « réversibilité\* »). Les autres catégories de déchets, présentant une moindre dangerosité, peuvent être stockées dans des installations situées en surface (CSA) ou à une faible profondeur (stockage de déchets FA-VL, en projet).

4. Installation classée pour la protection de l'environnement.

5. Installation nucléaire de base secrète.

# La surveillance des déchets en images

Traitement\*, conditionnement\*, transport, entreposage\*, stockage\*, etc., les déchets font l'objet d'une surveillance stricte à chaque étape. Le contrôle mené par l'ASN vise, d'une part, à vérifier la bonne application des dispositions réglementaires relatives à la gestion des déchets sur les sites de production (par exemple en matière de zonage, de conditionnement ou de contrôles réalisés par l'exploitant); d'autre part, à vérifier la sûreté des installations dédiées à la gestion des déchets radioactifs (installations de traitement, de conditionnement, d'entreposage et de stockage des déchets). Ce contrôle est exercé de manière proportionnée aux enjeux de sûreté associés à chaque étape de la gestion des déchets et à chaque installation.



ÉLABORATION DE VERRES POUR LE PROCESSUS DE VITRIFICATION DES DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ

Crédits : CEA/Y. Audic et PF. Grosjean

## INSPECTION AU CEDRA DU CENTRE CEA DE CADARACHE

Outil de maintenance de colis avec caméra embarquée.

Crédits : ASN/W. Guidarini



### INSPECTION AU CEDRA DU CENTRE CEA DE CADARACHE

Puits d'entreposage  
de colis moyennement  
irradiants.

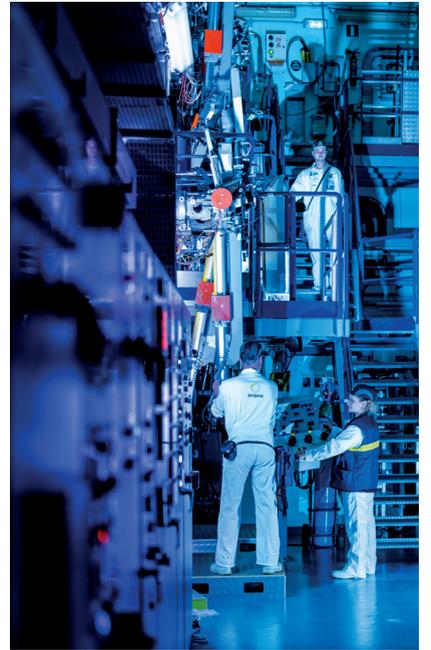
Crédits : ASN/W. Guidarini



### LABORATOIRE SOUTERRAIN DE BURE

Creusement d'une galerie.

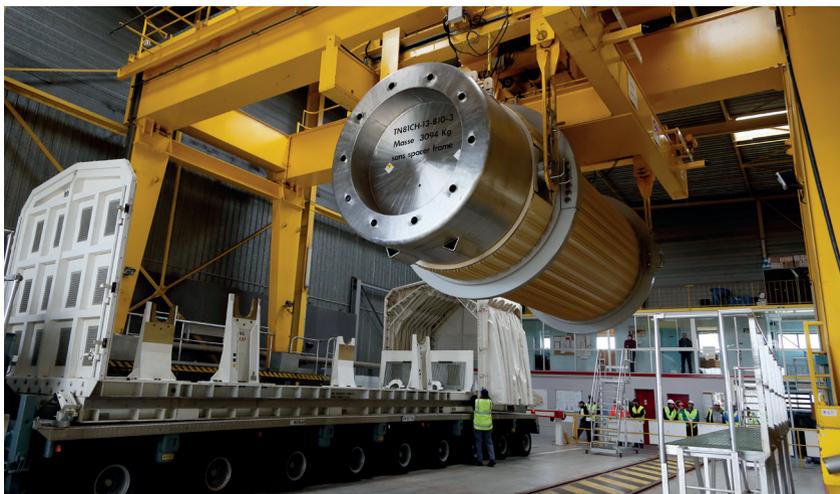
Crédits : ASN



### LA HAGUE

Atelier de vitrification T7.

Crédits : Orano/C. Crespeau



### INSPECTION TRANSPORT À VALOGNES

Chargement d'un colis de déchets  
sur un camion.

Crédits : ASN/D. Sohler

# Focus sur quelques installations dédiées au traitement, au conditionnement ou à l'entreposage des déchets radioactifs

Chaque site est spécialisé dans des activités spécifiques, allant du traitement\* au stockage\*, en passant par le conditionnement\* et l'entreposage\*.

## Centraco

**Activités:** traitement et conditionnement

**Types de déchets:** de très faible activité (TFA), de faible ou moyenne activité à vie courte (FMA-VC)

**Exploitant:** Cyclife France, filiale d'EDF

**Localisation:** Codolet (Gard)

**Mise en service:** 1996

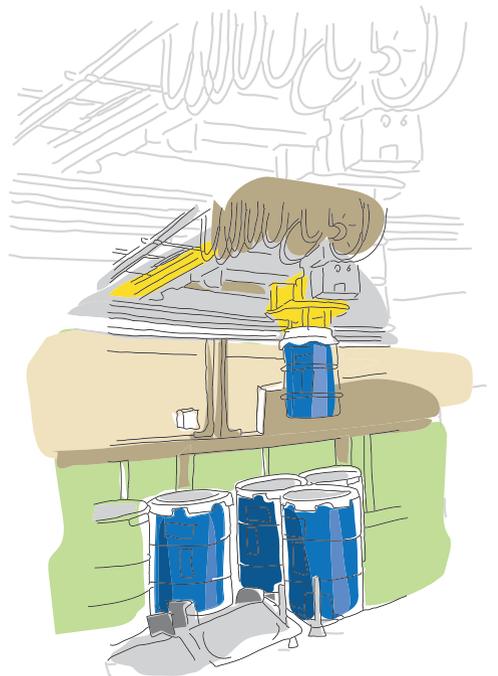
Installation unique en France, le Centre de traitement et de conditionnement des déchets de faible activité (Centraco – INB\* 160) abrite:

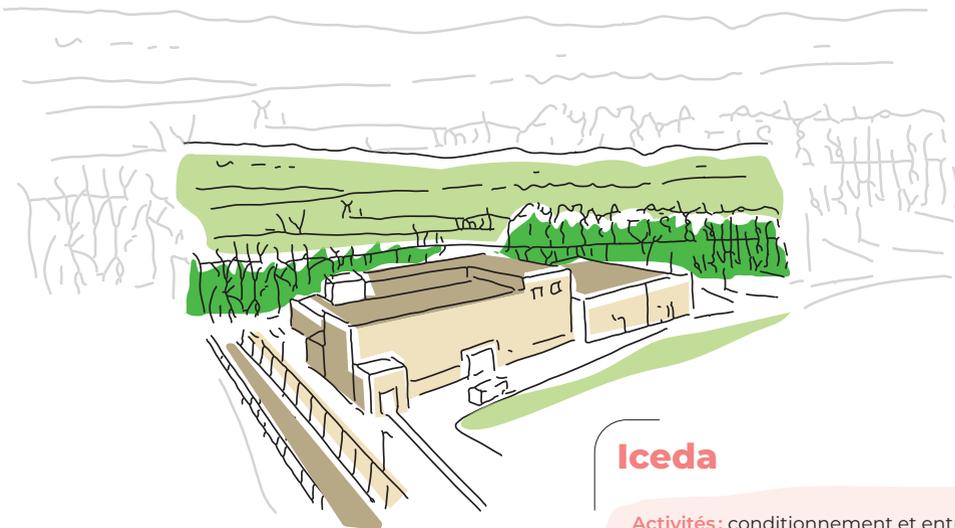
- une **unité de fusion**, où sont fondus des déchets métalliques. Autorisation d'incinérer 3500 tonnes de déchets par an;
- une **unité d'incinération**, où sont traités des déchets solides et liquides combustibles (déchets FMA-VC). Autorisation d'incinérer 3000 tonnes de déchets solides et 3000 tonnes de déchets liquides par an;
- une **aire d'entreposage**.

Outre le traitement des déchets, le site industriel a aussi pour finalité:

- de caractériser les déchets;
- de réduire leur volume pour optimiser les capacités de stockage (on parle alors de « réduction volumique » des déchets);
- de conditionner les résidus, après traitement (fusion ou incinération), sous forme de colis destinés au stockage.

Les colis sont ensuite confiés à l'Andra, pour stockage définitif.





## Iceda

**Activités :** conditionnement et entreposage

**Types de déchets :** de faible ou moyenne activité à vie courte (FMA-VC), de faible activité à vie longue (FA-VL), de moyenne activité à vie longue (MA-VL)

**Exploitant :** EDF

**Localisation :** Saint-Vulbas (Ain)

**Mise en service :** 2020

## Cires

**Activités :** conditionnement, entreposage et stockage

**Type de déchets :** de très faible activité (TFA)

**Exploitant :** Andra

**Localisation :** Morvilliers (Aube)

**Mise en service :** 2003

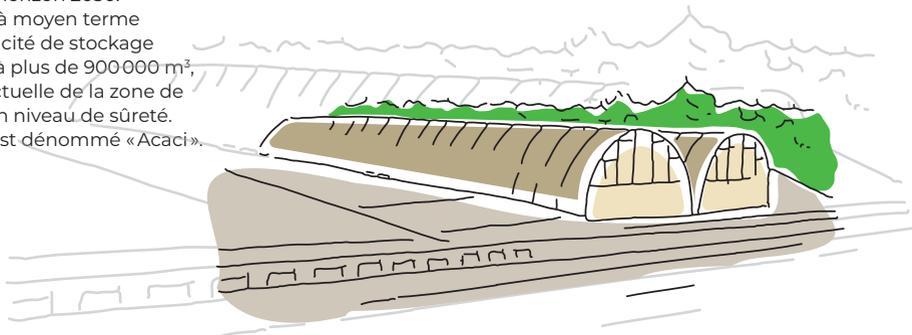
Le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires), installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), est dédié :

- au **stockage de déchets TFA**, depuis sa mise en service en 2003;
- au **regroupement de déchets radioactifs**, issus d'activités non électronucléaires, et à l'**entreposage de certains d'entre eux qui n'ont pas encore de solution de gestion définitive**, depuis 2012;
- au **tri et au traitement de déchets radioactifs**, issus d'activités non électronucléaires, depuis 2016.

D'une superficie totale de 46 hectares dont 18 réservés au stockage des déchets TFA, ce centre est autorisé à accueillir 650 000 m<sup>3</sup> de déchets.

Le site présente un enjeu de saturation de ses capacités de stockage à l'horizon 2030.

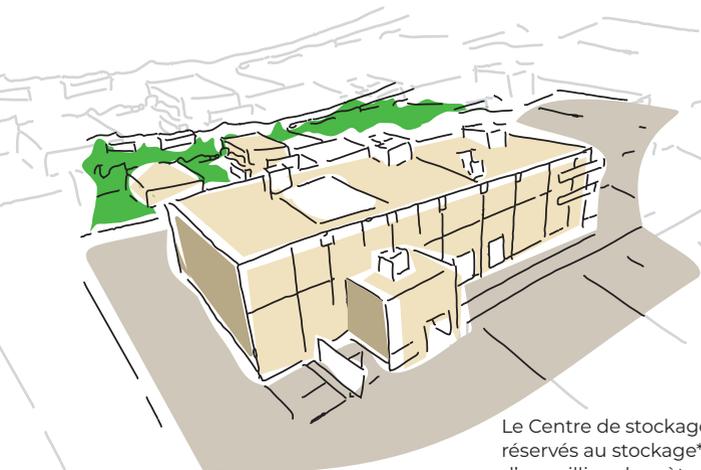
Une des solutions proposées à moyen terme est l'augmentation de la capacité de stockage maximale autorisée du Cires à plus de 900 000 m<sup>3</sup>, sans faire évoluer l'emprise actuelle de la zone de stockage et en conservant son niveau de sûreté. Ce projet d'agrandissement est dénommé « Acaci ».



Mise en service en 2020 et exploitée par EDF, l'Installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés (Iceda – INB 173) a été conçue pour **réceptionner, conditionner et entreposer plusieurs catégories de déchets radioactifs**, dont :

- des déchets de graphite FA-VL, issus du démantèlement du réacteur « uranium naturel-graphite-gaz » (UNGG) de Bugey 1 et destinés à un stockage définitif en faible profondeur;
- des déchets métalliques activés MA-VL, issus de l'exploitation des centrales nucléaires d'EDF en fonctionnement et du démantèlement des centrales nucléaires de 1<sup>re</sup> génération et de Creys-Malville;
- certains déchets FMA-VC, dits à « envoi différé ». Ces déchets, destinés à un stockage en surface, nécessitent une décroissance radioactive de quelques années à plusieurs dizaines d'années, avant leur stockage définitif au Centre de stockage de l'Aube (CSA).

Le site a réceptionné un premier colis de déchets issu du démantèlement de la centrale nucléaire de Chooz A (Ardennes), en septembre 2020.



## Centre de stockage de l'Aube (CSA)

**Activités :** conditionnement et stockage  
**Types de déchets :** de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)  
**Exploitant :** Andra  
**Localisation :** Soulaines-Dhuys (Aube)  
**Mise en service :** 1992

Le Centre de stockage de l'Aube (CSA) s'étend sur 95 hectares, dont 30 sont réservés au stockage\*. Le centre dispose d'une capacité de stockage autorisée d'un million de mètres cubes de déchets FMA-VC.

**Les déchets FMA-VC stockés au CSA sont conditionnés dans des colis en béton ou des colis métalliques.** Ces colis sont placés dans des structures en béton armé de 25 mètres de côté et de 8 mètres de hauteur, construits progressivement. Une fois remplies, ces structures sont fermées par une dalle en 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 structures pour assurer le confinement\* des déchets à long terme. Une fois la capacité maximale atteinte, le CSA continuera d'être surveillé pendant au moins 300 ans.

À la fin de l'année 2022, le volume des déchets stockés au CSA était d'environ 371 500 m<sup>3</sup>, soit 37% de la capacité maximale autorisée.

## La Hague

**Activités :** retraitement, conditionnement et entreposage  
**Types de déchets :** tous types  
**Exploitant :** Orano  
**Localisation :** La Hague (Manche)  
**Mise en service :** 1986 à 2002



Le site regroupe plusieurs unités (UP3-A et UP2-800) réalisant des opérations différentes : entreposage\* des assemblages de combustibles usés\* ; cisailage et dissolution de ces assemblages ; séparation chimique des produits de fission\*, de l'uranium et du plutonium composant les combustibles ; purification de l'uranium et du plutonium ; traitement\* des effluents ; conditionnement\* des déchets.

Orano porte deux projets d'augmentation des capacités d'entreposage des combustibles usés à La Hague : l'un a trait à la densification des piscines existantes, l'autre, à plus long terme, vise à créer un entreposage à sec.

**Les produits de fission issus du retraitement des combustibles usés sont concentrés, vitrifiés et conditionnés en colis standard de déchets vitrifiés (CSD-V).** Les morceaux de gaines métalliques des assemblages de combustibles sont conditionnés en colis standards de déchets compactés (CSD-C).

Ces déchets solides sont entreposés sur le site de La Hague dans l'attente d'une solution de stockage définitive (voir projet Cigéo p. 22 et 23).

Par ailleurs le site est concerné par des opérations de reprise et de conditionnement de déchets radioactifs anciens (RCD\*). En 2022, des difficultés techniques ont retardé la reprise des déchets des silos 115 et 130 et le traitement de boues produites lors du traitement d'effluents.



## Écrin

**Activité :** entreposage

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

**Exploitant :** Orano Chimie-Enrichissement

**Localisation :** Narbonne (Aude)

**Mise en service :** 2018

Implantée sur le massif de stériles miniers et de résidus de traitement d'une ancienne mine de soufre, l'installation « Entreposage confiné de résidus issus de la conversion » (Écrin – INB 175) est constituée de **deux anciens bassins d'entreposage des boues usées** (bassins B1 et B2) de l'usine Orano Chimie-Enrichissement (ex-Orano Cycle) de Malvézi.

Autorisée à entreposer des déchets radioactifs pour une durée de 30 ans, avec un volume de déchets limité à 400 000 m<sup>3</sup>, le site comprend des déchets radioactifs produits lors du raffinage et de la conversion de concentrés d'uranium de l'usine d'Orano Chimie-Enrichissement de Malvézi déjà contenus dans les bassins B1 et B2, ainsi que les résidus solides issus de la vidange des bassins B5 et B6.

## Cedra

**Activité :** entreposage

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

**Exploitant :** Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)

**Localisation :** Saint-Paul-lez-Durance (Bouches-du-Rhône)

**Mise en service :** 2006

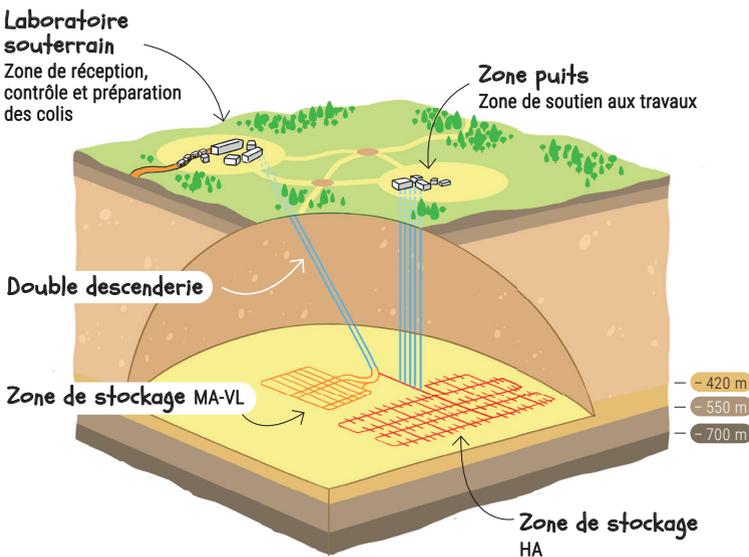
L'installation « Conditionnement et entreposage de déchets radioactifs » (Cedra – INB\* 164) a pour finalité, depuis 2006, l'entreposage de déchets MA-VL, dans l'attente de l'ouverture de filières\* de stockage appropriées. **Cedra entrepose des déchets radioactifs provenant des laboratoires de recherche du CEA.**

Le site présente d'importants enjeux de saturation : le CEA anticipe la saturation de l'installation à l'horizon 2030. Des études portant sur un projet d'augmentation de la capacité d'entreposage de Cedra ont débuté en 2020.



# Le cas des déchets radioactifs HA-MAVL

**Le projet Cigéo est dédié au stockage\* en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL) afin de protéger la santé des personnes et l'environnement des risques radiologiques et chimiques liés à ces déchets sur le très long terme.**



Le Centre industriel de stockage géologique (Cigéo) sera composé d'installations de surface et d'une installation souterraine.

Les installations de surface permettront principalement de recevoir et de contrôler les colis de déchets. L'installation souterraine, située à environ 500 mètres de profondeur et dotée de près de 300 km de tunnels, représentera une surface d'environ 15 km<sup>2</sup> dans laquelle les colis de déchets seront stockés au moyen de dispositifs robotisés dans des tunnels horizontaux appelés « alvéoles », creusés au cœur d'une couche d'argilite.

La sûreté de Cigéo repose notamment sur les propriétés physiques de cette couche géologique, qui présente une résistance mécanique suffisante et empêche la migration des radionucléides\* vers la surface.

### Le choix d'un stockage en couche géologique profonde

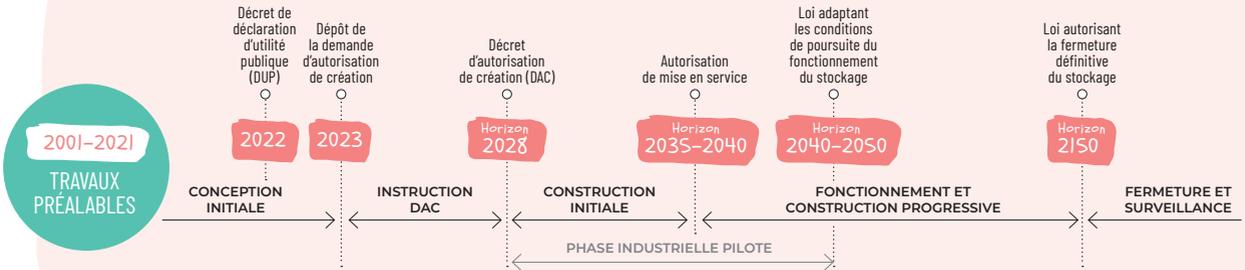
Ce type de stockage, par sa profondeur, sa conception et son implantation dans une roche argileuse imperméable et dans un environnement géologique stable, permet de mettre les déchets à l'abri des activités humaines et des événements naturels de

surface (comme l'érosion) et d'isoler les déchets HA et MA-VL des humains sur ces très longues échelles de temps. C'est la solution privilégiée au plan international et choisie par la France dans le cadre de la loi Bataille (1991). Ces zones de stockage seront développées de façon modulaire sur une durée séculaire pour permettre la construction progressive des alvéoles dans lesquelles seront introduits les colis de déchets (voir schéma).



**LE LABORATOIRE SOUTERRAIN DE BURE (MEUSE)**, situé à 490 mètres de profondeur, est un outil de recherche unique sur le projet Cigéo. Ses galeries souterraines permettent d'étudier *in situ* une couche d'argile vieille de 160 millions d'années, ainsi que différents concepts et techniques qui pourront être mis en œuvre pour construire l'installation Cigéo.

## LES GRANDES ÉTAPES ENVISAGÉES DU PROJET CIGÉO



Ces derniers représentent un volume de 85 000 m<sup>3</sup>. Une fois l'ensemble des colis de déchets stockés, l'installation souterraine sera fermée pour assurer le confinement\* des déchets sur de très longues périodes de temps, sans nécessiter d'actions humaines, et les installations de surface démantelées. Une phase de surveillance sur plusieurs centaines d'années sera alors mise en place.

L'exploitation du site va durer une certaine d'années et les risques liés à une installation nucléaire

ne peuvent pas être négligés: criticité\*, incendie, confinement, ventilation, chute de colis, etc. Pour concevoir l'installation, on étudie les aspects spécifiques: profondeur, taille, durée d'exploitation, etc.

### L'exigence de réversibilité\*

Il est exigé que le stockage des déchets dans Cigéo soit réversible pendant une durée d'au moins 100 ans, c'est-à-dire que l'on peut pendant cette période sortir des colis en cas de problème.



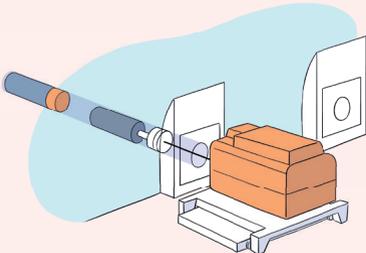
### Les inventaires

L'inventaire à retenir par l'Andra pour les études et recherches conduites en vue de concevoir le centre de stockage de Cigéo comprend un inventaire de référence et un inventaire de réserve.

- **L'inventaire de référence** tient compte de l'ensemble des déchets de haute et moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL) déjà produits et qui seront produits par les installations nucléaires existantes (centrales nucléaires, centres de recherche), ainsi que ceux qui seront produits par les installations nucléaires autorisées (EPR de Flamanville, ITER, réacteur expérimental Jules Horowitz), avec l'hypothèse d'une durée de fonctionnement des réacteurs de 50 ans en moyenne.

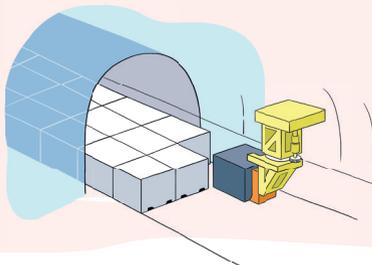
- **L'inventaire de réserve** prend en compte les incertitudes liées notamment à la mise en place de nouvelles filières de gestion\* de déchets ou à des évolutions de politique énergétique. Ainsi, pour les déchets issus des « nouveaux réacteurs » à construire (en particulier six EPR 2), l'Andra devra examiner les déchets à inscrire dans l'inventaire de réserve et s'assurer que les études d'adaptabilité de Cigéo permettent de les accueillir.

## LE STOCKAGE ALVÉOLAIRE DU PROJET CIGÉO



### LES COLIS DE DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ (HA)

Ils seront stockés dans des alvéoles d'une centaine de mètres de longueur et d'environ 70 cm de diamètre, revêtues d'un chemisage métallique.



### LES COLIS DE DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE (MA-VL)

Ils seront stockés dans des alvéoles de stockage horizontales de quelques centaines de mètres de longueur et d'une dizaine de mètres de diamètre.

# DES PISTES pour l'avenir

**Un nouveau projet permettra de gérer des déchets qui n'avaient jusqu'alors pas de solution de stockage\*. De plus, grâce aux progrès techniques, les déchets radioactifs pourraient être rendus moins dangereux ou moins nombreux. Panorama des pistes à explorer pour l'avenir.**

## LE PROJET D'INSTALLATION DE STOCKAGE DES DÉCHETS FA-VL

Depuis 2008, un projet d'installation de stockage pour les déchets FA-VL est à l'étude par l'Andra. Le projet prévoit un stockage des déchets dans une couche d'argile à une trentaine de mètres de profondeur à Vendevre-Soulaines, dans l'Aube. Il permettrait d'isoler les déchets des activités humaines et de l'érosion, de limiter la circulation de l'eau dans le stockage et de retarder le transfert des radionucléides\* vers la biosphère. L'Andra établira, début 2024, un dossier présentant les options techniques et de sûreté retenues pour cette installation.

## LA FUSION NUCLÉAIRE

Dans le processus de fission, on casse des atomes lourds en plusieurs morceaux en les bombardant de neutrons. Dans le processus de fusion, c'est l'inverse : **on comprime la matière avec une telle force que deux atomes légers s'assemblent en un seul atome plus lourd.** Un réacteur à fusion ne produirait donc pas les mêmes déchets radioactifs que les centrales actuelles (produits de fission\*, actinides\*, etc.) mais des déchets tritiés de plus faible activité et de moins longue durée de vie. Mais la production d'électricité avec la fusion nucléaire présente encore des obstacles technologiques importants.

## LES RÉACTEURS À NEUTRONS RAPIDES (RNR)

Ce type de réacteurs permet de produire des réactions de fission à partir de combustibles très divers, en particulier des combustibles usés\*. Par exemple, ils peuvent utiliser le plutonium produit par le parc actuel des réacteurs à eau pressurisée (REP). Ils sont aussi capables de fonctionner à l'uranium naturel, avec des rendements énergétiques supérieurs au parc actuel, et ainsi d'utiliser la totalité de l'uranium naturel.

Enfin, certains RNR permettent, dans certaines conditions, de transformer les actinides mineurs (l'américium, le neptunium et le curium) contenus dans les déchets radioactifs de haute activité, en éléments à vie plus courte. Cette transformation, appelée « transmutation\* », permettrait de réduire l'émission de chaleur et la radiotoxicité intrinsèque des déchets ultimes.

## LA VALORISATION DES DÉCHETS DE TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ (TFA)

La valorisation d'une partie des matériaux métalliques TFA constituerait une manière d'optimiser les capacités de stockage de ces déchets en réduisant les quantités de déchets à stocker et l'artificialisation des sols associée. Elle permettrait également d'économiser les matières premières auxquelles les déchets se substitueraient. Concrètement, il s'agit de fondre ces déchets, d'éliminer la fraction contaminée et de les utiliser pour fabriquer des objets ou des ouvrages.

## LA SÉPARATION/TRANSMUTATION

Les opérations de séparation/transmutation visent à isoler, puis à transformer les radionucléides à vie longue présents dans les déchets radioactifs en radionucléides à vie plus courte, voire en éléments stables. Cela aurait un effet sur le dimensionnement du stockage, en diminuant à la fois la puissance thermique, la nocivité des déchets stockés et le volume du stockage.

L'ASN estime que, si des études sur la transmutation devaient être poursuivies, il conviendrait qu'elles portent sur les substances radioactives actuellement qualifiées de matières ou les déchets produits par un futur parc de réacteurs.

# La gestion des déchets radioactifs dans le monde



**Si certains pays ont à gérer les déchets radioactifs issus de l'industrie nucléaire, quasiment tous les pays du monde ont à gérer les déchets radioactifs provenant des diverses applications médicales et industrielles.**

Pour de nombreux pays, la gestion sûre des déchets radioactifs passe par la construction de sites de stockage dans lesquels les déchets sont placés de manière *a priori* définitive. De tels centres de stockage existent à travers le monde **pour les déchets de plus faible activité**. Il s'agit généralement de sites de surface ou enterrés à faible profondeur.

**Pour les déchets de haute activité**, le stockage doit être réalisé à des profondeurs de plusieurs

centaines de mètres, afin de garantir le confinement\* de ces déchets pendant plusieurs milliers d'années.

Plusieurs types de roches sont privilégiés pour accueillir ce type de déchets (argile, granite, sel, etc.).

La construction d'installations de stockage géologique profond représente un investissement majeur. Pour être menés à terme, de tels projets requièrent une implication des gouvernements et des parlements sur le long terme.

Pour le moment, aucun site de stockage de ce type n'est en exploitation dans le monde, mais plusieurs pays, dont la Finlande, sont bien avancés dans cette démarche.

*A contrario*, à l'instar des États-Unis qui ont abandonné leur projet de stockage géologique, de nombreux pays, y compris parmi les pays industrialisés, reportent les décisions et adoptent *de facto* une politique d'entreposage\* de long terme.

## 📍 Canada

Un projet de stockage\* géologique du combustible usé\* est à l'étude depuis 2007. Deux sites situés en Ontario ont été présélectionnés en 2019. Le choix final doit être arrêté en 2024.

La demande d'autorisation de construction est attendue pour 2029 pour un début de construction envisagé en 2033 et une mise en service à partir de 2043. Pour les déchets FMA-VL, un centre de stockage géologique à 600 m de profondeur est envisagé à proximité de la centrale de Bruce. Un projet de stockage en sub-surface est également à l'étude pour les déchets de faible activité issus des activités de recherche du laboratoire national de Chalk River. Ces deux projets n'ont toutefois pas obtenu l'accord des populations locales. Les processus de concertation se poursuivent.

## 📍 Espagne

L'Espagne envisage de se doter d'un site de stockage géologique pour les déchets HA. La sélection des sites candidats est prévue pour 2032. Le pays dispose d'installations de stockage de surface et de faible profondeur pour les déchets TFA et FMA sur le site d'El Cabril. Les concepts mis en œuvre pour ces installations sont similaires à ceux développés en France (Cires et CSA).

## 📍 États-Unis

Le projet de stockage géologique du combustible usé sur le site de Yucca Mountain (Nevada), à l'étude depuis les années 1980, a été abandonné en 2011 par décision politique, notamment en raison d'une forte opposition locale. Une nouvelle recherche de site a été lancée, mais aucun site n'a été sélectionné à ce stade. L'entreposage\* à sec *in situ* du combustible usé reste à ce jour la modalité de gestion privilégiée. Les États-Unis disposent par ailleurs d'un centre de stockage géologique, le WIPP, situé au Nouveau Mexique pour les déchets transuraniens issus des programmes de défense (stockage dans une couche de sel à environ 650 mètres de profondeur). Les déchets FMA civils sont stockés à faible profondeur.

## 📍 Suède

La Suède a autorisé en 2022 la construction à Östhammar d'un centre de stockage géologique (roche granitique) pour le combustible usé, pour un début d'exploitation envisagé entre 2030 et 2035. La Suède dispose également d'une installation centralisée de stockage sur le site de Forsmark dédiée aux déchets FMA-VC. Pour les déchets FMA-VL, la Suède envisage une installation de stockage géologique distincte.



## 📍 Ghana

Le Ghana a un projet avancé de stockage en puits (150 mètres de profondeur) de sources usées avec l'appui technique des autorités de sûreté américaine et canadienne. Deux puits ont été réalisés à titre d'essais. Le dossier de sûreté a été examiné par l'AIEA\* en 2019 et la demande d'autorisation de création est en cours d'instruction par les autorités.

## Finlande

La Finlande est le premier pays à avoir autorisé la construction d'un stockage géologique profond (dans une roche granitique) pour les déchets HA et le combustible usé. Le stockage est construit dans le prolongement d'un laboratoire de recherche situé à 400 mètres de profondeur, à Olkiluoto. La mise en service est prévue en 2025. La Finlande dispose également depuis les années 1990 d'installations de stockage à faible profondeur (entre 60 et 110 mètres) des déchets FMA sur ses deux sites nucléaires (Olkiluoto et Loviisa).

## Russie

Un laboratoire souterrain permettant d'évaluer la faisabilité d'un stockage géologique profond pour les déchets HA et MA-VL est en construction dans le massif granitique de Nijnekanski, situé dans la région de Krasnoïarsk en Sibérie. Ce site devrait également accueillir le futur centre de stockage des déchets HA et MA-VL dont la construction pourrait être décidée vers 2025. Les déchets FMA sont par ailleurs gérés dans plusieurs installations de stockage.

## Japon

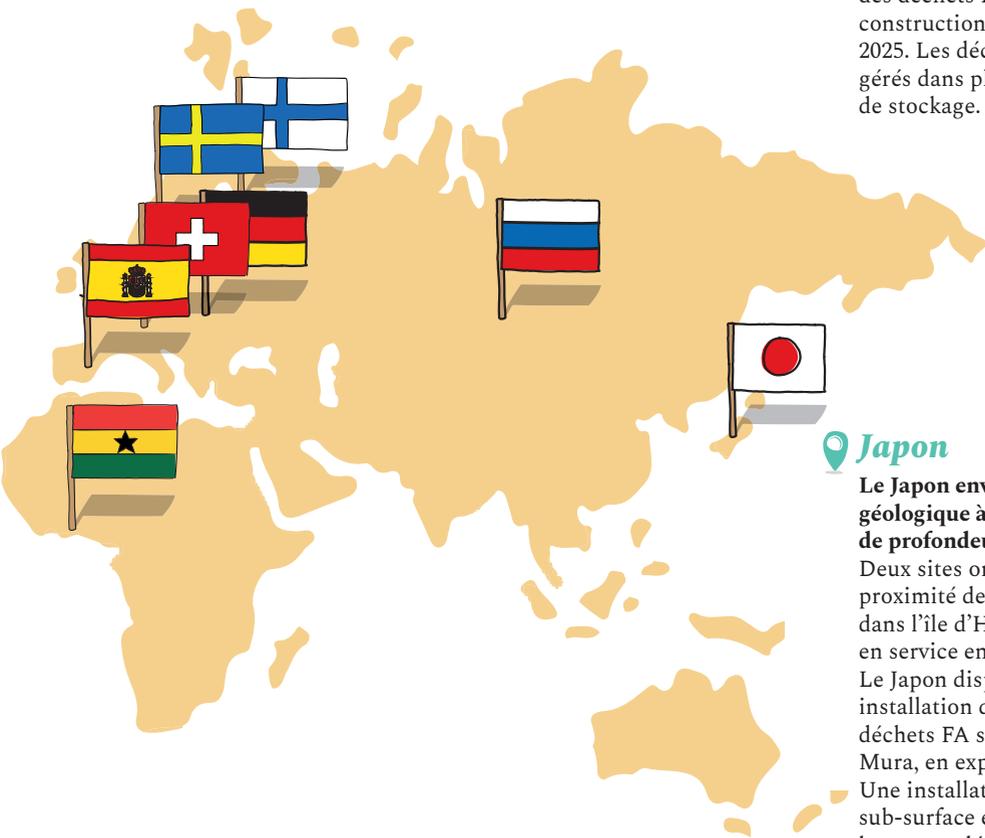
Le Japon envisage un stockage géologique à au moins 300 mètres de profondeur des déchets HA. Deux sites ont été pré-identifiés à proximité de la centrale de Tomari dans l'île d'Hokkaido, pour une mise en service envisagée à partir de 2035. Le Japon dispose par ailleurs d'une installation de stockage pour les déchets FA sur le site de Rokkasho Mura, en exploitation depuis 1995. Une installation de stockage en sub-surface est envisagée pour les autres déchets FA.

## Suisse

La Suisse prévoit de stocker les déchets radioactifs et le combustible usé en couche géologique profonde d'argile (entre 500 et 1000 mètres). Le site de Nördlich Lägern a été retenu en 2022. Après la procédure réglementaire, cette décision devra être entérinée par un référendum populaire prévu à ce stade à l'horizon 2031. La mise en service est envisagée à partir de 2050 pour les déchets MA-VL et 2060 pour les déchets HA.

## Allemagne

L'Allemagne prévoit la création d'un stockage géologique profond pour les déchets HA. L'identification des sites potentiels est en cours. Le choix du site est envisagé en 2031 pour une mise en service à partir de 2050. Pour les déchets FMA, le stockage est prévu sur le site de Konrad (ancienne mine de fer) à 800 mètres de profondeur. La construction a débuté en 2023 pour une mise en service prévue en 2030.



# Les Français et les déchets radioactifs

**Les déchets radioactifs sont une préoccupation majeure des Français qui souhaitent une action résolue des pouvoirs publics dans ce domaine. L'association du public est donc indispensable pour l'informer, lui permettre de participer à l'élaboration des projets et améliorer la légitimité des décisions des acteurs.**

## Comment les Français perçoivent-ils les déchets radioactifs<sup>(6)</sup> ?

La production de déchets radioactifs reste un argument majeur en défaveur de l'énergie nucléaire, devançant même le risque d'accident. Néanmoins, depuis 2019, on observe que la part des Français qui associent déchets radioactifs et niveau de risque élevé diminue (48 % en 2022 contre 57 % en moyenne entre 1997 et 2018).

S'agissant de la gestion des déchets, en 2022, 33 % des Français estiment qu'il est désormais « possible de stocker les déchets radioactifs de façon sûre », soit 3 points de plus que l'année précédente. De plus, la majorité des Français (68 %) souhaite une prise de décision et une action rapide à ce sujet, seulement 6 % d'entre eux affirmant que la position la plus raisonnable est de « laisser le choix aux générations futures ». Cette opinion est d'ailleurs constante depuis 2005.

### La participation des publics

Pour accompagner cette préoccupation sociétale forte, de nouveaux modes de consultation ont été proposés aux publics ces dernières années. On peut citer le débat public puis la concertation



continue sur le projet de stockage\* géologique profond Cigéo, le débat public relatif à la 5<sup>e</sup> édition du PNGMDR\*, ainsi que la concertation publique relative à l'augmentation des capacités du centre industriel de stockage de déchets radioactifs de très faible activité (Acaci).

De son côté, l'ASN consulte le public sur chaque projet de décision relatif aux déchets radioactifs sur son site [asn.fr](http://asn.fr). Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de création de Cigéo, l'ASN a mené pour la première fois un exercice de concertation avec les parties prenantes (producteurs, ONG, Ancli, CLI et CLIS de Bure) sur le projet de saisine adressé à l'IRSN.

L'objectif de l'ASN est ainsi de dialoguer avec les parties prenantes, afin de comprendre et recenser leurs principales attentes et préoccupations ayant trait à la sûreté nucléaire\* et à la radioprotection\*, afin de les considérer dans le cadre de l'instruction technique de la demande d'autorisation de création de Cigéo. Les éléments recueillis contribueront à sélectionner, hiérarchiser et pondérer les sujets techniques qui seront examinés au cours de l'instruction. Cette concertation s'insère dans un délai d'instruction réglementé et se déroulera par conséquent dans un calendrier défini.

6. Résultats extraits du baromètre IRSN 2023 sur la perception des risques et de la sécurité.

## Le débat public relatif à la 5<sup>e</sup> édition du PNGMDR

La Commission nationale du débat public (CNDP) a décidé d'organiser un débat public, du 17 avril au 25 septembre 2019, préalable à la rédaction de la 5<sup>e</sup> édition du PNGMDR.

L'ASN et la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) ont élaboré un dossier du maître d'ouvrage pour présenter les principaux enjeux en vue de la rédaction du prochain Plan, notamment l'importance des volumes de déchets TFA attendus lors du démantèlement et la mise en œuvre d'un stockage géologique profond.

La Commission particulière du débat public (CPDP) a réalisé, en amont du débat, un dossier de « clarification des controverses » visant à expliquer les arguments avancés par des experts ou des organismes institutionnels sur des questions relevant du Plan, de manière accessible au public non spécialisé.

L'ASN et la DGEC ont participé au débat afin de présenter les enjeux et répondre aux questions du public.

Si les représentants institutionnels (exploitants nucléaires, associations, CLI, experts) étaient souvent présents en nombre, la participation du grand public est restée limitée. Sur la plateforme participative ont été reçus 86 questions, 442 avis, 62 cahiers d'acteur et 22 contributions.

Les questions ont porté principalement sur le projet Cigéo, la gestion des déchets TFA, la séparation/transmutation\* des radionucléides\*, les conséquences environnementales et sanitaires de la gestion des déchets.

D'autres sujets ont été soulevés au cours du débat public : la gestion de catégories particulières de déchets, tels que ceux issus de la conversion de l'uranium, les déchets historiques, les déchets miniers, les transports et la santé.

Le débat a permis d'expliciter certaines controverses techniques, de préciser les attentes du public et des acteurs du nucléaire, et d'éclairer les maîtres d'ouvrage en vue de l'élaboration du prochain PNGMDR.

- **6 réunions généralistes** dans des grandes métropoles
- **14 rencontres thématiques** sur les territoires concernés
- **2 « cafés philo »** axés sur une approche éthique de la gestion des matières et déchets radioactifs
- **Une table ronde sur la question de la confiance et défiance** ressentie par le public à l'égard des décisions prises ou envisagées
- **Des stands d'information et d'échange** dans plusieurs villes de France
- **Une plateforme participative en ligne** permettant d'exprimer un avis, de commenter ceux déjà exprimés, de poser une question au maître d'ouvrage et, pour les personnes morales, de déposer un cahier d'acteur. Parallèlement à ces modalités de participation ouvertes à tous, la CPDP a mis en place des dispositifs innovants
- **Un « groupe miroir » constitué de 14 personnes** tirées au sort a élaboré une contribution commune sur le thème « Que nous a-t-on légué et que léguerons-nous à nos enfants ? »
- **Un « atelier de la relève »** a réuni des étudiants issus de formations variées pour explorer comment la gestion des déchets radioactifs peut être éclairée par différentes disciplines



# Vos questions, nos réponses



**Les déchets radioactifs sont un sujet sensible dans l'opinion publique qui suscite des questions voire des préoccupations. Nous nous efforçons d'y répondre clairement.**

## Comment est financée la gestion des déchets radioactifs ?

**Le code de l'environnement définit un dispositif spécifique pour financer la gestion des déchets radioactifs, qui vise à sécuriser le financement des charges nucléaires, dans la logique du principe « pollueur-payeur ».**

Les exploitants nucléaires doivent ainsi prendre en charge ce financement, par la constitution d'actifs dédiés, à hauteur des charges anticipées. Ces charges doivent être évaluées de manière prudente, en prenant en compte les différentes incertitudes (démantèlement, éventuels programmes de recherche et développement à mettre en œuvre, déploiement de nouveaux outils industriels, etc.). Les exploitants sont ainsi tenus de remettre au Gouvernement des rapports triennaux relatifs à ces charges et des notes d'actualisation annuelles. Le provisionnement se fait sous le contrôle direct de l'État, qui analyse la situation des exploitants et peut prescrire les mesures nécessaires en cas d'insuffisance ou d'inadéquation. La Direction générale du trésor et la DGEC constituent l'autorité administrative compétente pour ce contrôle. La DGEC saisit l'ASN afin de rendre un avis technique sur les hypothèses prises par les exploitants. L'ASN se prononce notamment sur la robustesse des scénarios techniques proposés par les exploitants et la justification des calendriers associés.

Dans tous les cas, ce sont les exploitants nucléaires qui restent responsables du financement de leurs charges de long terme.

## Est-il possible de concilier la relance du nucléaire en France et un nombre croissant de déchets ?

**La perspective d'une politique énergétique comportant une composante nucléaire de long terme doit être accompagnée d'une politique exemplaire en matière de gestion des déchets.** L'ASN estime que les décisions nécessaires doivent être anticipées afin que tous les types de déchets engendrés par la nouvelle politique nucléaire (EPR 2 et réacteurs innovants) disposent de filières de gestion\* sûres et opérationnelles quand elles seront nécessaires.

**La construction de nouveaux réacteurs aurait une incidence sur les quantités de déchets radioactifs à gérer dans l'avenir**, tout comme, par exemple, une décision d'arrêt du retraitement des combustibles usés dans les installations de La Hague, ou la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs actuellement exploités. Concernant la prise en compte des déchets HA et MA-VL, voir pages 22 et 23.

## Des déchets radioactifs ont-ils été immergés dans les océans ?

Dans les années 1950, des pays ont rejeté leurs déchets dans les océans. En Europe, le Royaume-Uni et la Belgique les ont immergés dans la fosse des Casquets au nord-ouest du Cap de La Hague, et la France au grand large de la Galice et de la Bretagne.

L'immersion des déchets radioactifs dans les fonds marins avait été considérée comme sûre par la communauté scientifique. La dilution et la durée présumée d'isolement apportées par le milieu marin semblaient alors suffisantes. Néanmoins, aucun déchet de haute activité n'a été immergé.

La France a arrêté d'immerger ses déchets après 1969. Elle a construit des centres de stockage\* et d'entreposage\* sur terre.

L'immersion de déchets en mer est interdite par le protocole de Londres signé en 1996 et ratifié en 2006 par 30 pays, dont la France.

## Comment sont gérés les résidus des anciennes mines d'uranium en France ?

L'exploitation des mines d'uranium en France entre 1948 et 2001 a conduit à la production de 76 000 tonnes d'uranium naturel. Les activités d'exploration, d'extraction et de traitement\* ont concerné environ 250 sites de dimensions variables répartis sur 27 départements. Les résidus de traitement des mines d'uranium désignent les produits restant après extraction de l'uranium contenu dans le minerai. Leur quantité est d'environ 50 millions de tonnes qui sont stockées sur 17 sites, à proximité des installations de traitement de minerai d'uranium et correspondent à des déchets de type faible ou très faible activité à vie longue.



Chaque année, l'ASN réalise un baromètre mesurant l'opinion du grand public et des riverains des centrales nucléaires vis-à-vis de la sûreté nucléaire\* en France, et leurs positions concernant l'énergie nucléaire.

### Question

*Estimez-vous qu'en France les précautions prises dans le cadre de la gestion des déchets radioactifs pour garantir la sécurité du public et la santé du consommateur sont très satisfaisantes, plutôt satisfaisantes, plutôt pas satisfaisantes ou pas du tout satisfaisantes ?*



**Le grand public juge les précautions prises quant à la gestion des déchets radioactifs insuffisantes.**

Enquête réalisée par Verian en octobre et novembre 2023. Échantillon national de 2 008 personnes représentatif de l'ensemble de la population âgée de 18 ans et plus.



VOS QUESTIONS, NOS RÉPONSES

**Pourquoi le combustible usé n'est-il pas systématiquement traité comme un déchet ?**

**Aujourd'hui la France retraite le combustible usé de ses centrales nucléaires pour le réutiliser, en partie.**

Si ce choix industriel était remis en cause à l'horizon 2040, cela conduirait à la requalification des combustibles usés non retraités en tant que déchets et à la mise en place d'installations d'entreposage\* de ces déchets dans l'attente de leur prise en charge dans une filière de gestion\*. L'actuel PNGMDR\* (2022-2026) n'anticipe pas l'arrêt du retraitement ou sa poursuite. L'ASN a rappelé qu'il était nécessaire de réaliser de telles études.

**Par ailleurs, l'inventaire national des déchets radioactifs, établi par l'Andra tous les cinq ans, contient également des « inventaires prospectifs ».** L'objectif de ces inventaires est d'estimer les quantités de matières et de déchets radioactifs à différentes échéances de temps et selon plusieurs scénarios. Ils visent à présenter l'incidence sur les quantités de matières et de déchets radioactifs de différentes stratégies ou évolutions possibles de la politique énergétique française à long terme.

**Comment gérer les déchets issus d'un accident nucléaire ?**

**Un accident nucléaire peut engendrer un volume important de déchets radioactifs principalement dû aux actions de décontamination de l'environnement.**

La nature de ces déchets est très variable, allant de déchets liquides, à des terres, des pièces métalliques ou encore des déchets putrescibles issus par exemple de récoltes agricoles non commercialisables. En dehors des déchets issus du démantèlement de l'installation, les déchets issus de la contamination de l'environnement sont pour la plupart peu radioactifs.

L'accident de la centrale nucléaire de Fukushima va ainsi induire à terme environ 20 millions de m<sup>3</sup> de déchets solides, essentiellement des terres faiblement contaminées par du césium et du strontium. Ces volumes dépasseraient largement les capacités actuelles des centres de stockage\* ou d'entreposage français.

**Afin de répondre à ces enjeux, le Comité directeur pour la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire (Codirpa), un groupe pluraliste présidé par l'ASN, a publié en 2023 des premières recommandations.** Sur la base d'un rapport de l'IRSN, le Codirpa a évalué les conséquences de différentes stratégies de décontamination sur la quantité et le type de déchets produits.

Pour un accident majeur comparable à celui de Fukushima, le volume de déchets peut varier de manière significative, de 10 à 300 millions de m<sup>3</sup>, en fonction des solutions de décontamination retenues en particulier pour les terres agricoles.

**Compte tenu de l'importance de ces volumes, les choix en matière de réduction de la contamination de l'environnement doivent être faits de manière cohérente avec les capacités de stockage et d'entreposage des déchets qui pourront être mises en place à la suite de l'accident.**

Différentes options pour renforcer les capacités de stockage et d'entreposage des déchets TFA, en cas d'accident en France, ont été proposées.

Le Codirpa a également proposé des éléments méthodologiques pour caractériser, classer ces déchets et en réduire le volume.

## Que se passera-t-il quand le site Cigéo sera plein ?

Après la fermeture du stockage, l'essentiel des éléments radioactifs resteront piégés dans le stockage et la couche du Callovo-Oxfordien. Seuls quelques éléments radioactifs solubles, non retenus par l'argile et à vie longue (comme l'iode-129, le chlore-36 et le sélénium-79) migreront dans la couche du Callovo-Oxfordien par diffusion de manière très lente et limitée. Les scénarios à long terme de l'Andra concluent à une absence d'incidence sanitaire et environnementale. Cela prendra *a minima* plusieurs centaines de milliers d'années.

## Pourquoi l'uranium de retraitement, entreposé à Tricastin est-il considéré comme une matière radioactive et non un déchet ?

L'uranium de retraitement est issu de la valorisation des combustibles usés à base d'uranium naturel enrichi utilisés dans les réacteurs à eau sous pression et qui font l'objet d'un traitement\* à l'usine Orano de La Hague depuis les années 1980. L'uranium de retraitement a été utilisé pour fabriquer de nouveaux assemblages de combustible neuf jusqu'en 2013, utilisés dans certains réacteurs de 900 MWe. EDF a repris cette utilisation en 2024, à Cruas-Meysses, et prévoit de l'étendre. La réutilisation de l'uranium de retraitement dans le passé, et les perspectives de réutilisation futures, explique le classement de cette substance radioactive comme une matière et non comme un déchet.

L'uranium de retraitement est transformé chimiquement en hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>) dans une usine située à Seversk en Russie, seule installation au niveau mondial actuellement en mesure de réaliser cette opération.

## Que fait-on des anciens déchets radioactifs ?

En l'absence de filières de gestion des déchets structurées et opérationnelles en France dans les premières décennies du programme nucléaire français, certains déchets issus d'installations nucléaires ont été entreposés dans des installations ne répondant pas aux normes de sûreté en vigueur aujourd'hui (silos, tranchées). À l'époque, les exploitants n'ont pas procédé à des caractérisations précises de ces déchets et n'ont pas systématiquement établi d'inventaires détaillés.

Dans le cadre de projets de démantèlement de leurs anciennes installations, les exploitants (CEA, EDF, Orano) mènent aujourd'hui des projets dits de « reprise et conditionnement\* » de ces déchets anciens (RCD\*). Ces projets s'inscrivent le plus souvent sur des durées longues compte tenu de leur complexité. En effet, les exploitants ne disposant pas toujours d'un historique et d'une connaissance fiable des déchets entreposés dans ces installations, ils doivent réaliser des études pour caractériser physiquement et chimiquement ces déchets, identifier le (ou les) procédé(s) de reprise de ces derniers, ainsi que la filière de gestion associée à chaque type de déchets (existante ou en projet).

À titre d'exemple, sur le site d'Orano La Hague, le silo 130 a été conçu pour l'entreposage à sec de déchets solides produits lors du dégainage des combustibles irradiés « uranium naturel graphite-gaz » (UNGG). Il a été exploité de 1973 à 1981. Il contient aujourd'hui des déchets solides, de l'eau, des boues et des gravats. Les opérations de RCD ont débuté en 2019 et devraient être terminées en 2056.

# GLOSSAIRE

**Actinide**: radionucléide naturel ou artificiel, de numéro atomique compris entre 89 (actinium) et 103 (lawrencium). Certains auteurs font commencer la série des actinides à l'élément 90 (thorium).

**AIEA**: Agence internationale de l'énergie atomique. Organisation intergouvernementale créée en 1957, qui a la même structure juridique que l'Organisation des Nations unies (ONU), sa mission est de favoriser et de promouvoir l'utilisation sûre, sécurisée et pacifique des technologies nucléaires dans le monde entier.

**Combustible usé**: combustible nucléaire ayant été irradié dans le cœur d'un réacteur duquel il est définitivement retiré.

**Conditionnement (de déchets radioactifs)**: processus industriel qui met en œuvre un matériau de blocage qui immobilise les déchets au sein d'une matrice dont la nature et les performances dépendent du type de déchet.

**Confinement (de matières radioactives)**: maintien de matières radioactives à l'intérieur d'un espace déterminé grâce à un ensemble de dispositifs (ou barrières) visant à empêcher leur dispersion en quantités inacceptables au-delà de cet espace.

**Criticité**: dans le domaine de l'ingénierie nucléaire, la criticité est une discipline visant à évaluer et prévenir les risques de réaction en chaîne non désirée dans les installations nucléaires. C'est une sous-discipline de la neutronique. Le risque de criticité est le risque de déclencher une réaction en chaîne de fission incontrôlée.

**Entreposage**: opération consistant à placer des substances radioactives à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, avec intention de les retirer ultérieurement.

**Filière (de gestion)**: désigne l'ensemble des opérations réalisées sur les déchets radioactifs qui concourent, de leur production à leur stockage, à leur mise en sécurité définitive. Elle est adaptée à certains types de déchets radioactifs.

**INB**: installation nucléaire de base. Installation soumise, par sa nature ou en raison de la quantité ou de l'activité des substances radioactives qu'elle contient, à un régime de contrôle particulier, défini par le code de l'environnement et l'arrêté du 7 février 2012.

**Période (radioactive)**: durée nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux d'atomes d'un nucléide radioactif.

**PNGMDR**: Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs. Outil stratégique de pilotage de l'État pour la gestion des matières et des déchets radioactifs. Il définit les solutions de gestion de ces substances et les conditions de leur mise en œuvre (valorisation, stockage, entreposage temporaire, etc.).

**Produits de fission**: les produits de fission sont des nucléides résultant de la fission d'un élément (un noyau) fissile: chaque noyau de matière fissile subissant une fission nucléaire se casse en deux (exceptionnellement trois) morceaux, qui se stabilisent sous forme de nouveaux atomes.

**Radionucléide**: espèce atomique radioactive, définie par son nombre de masse, son numéro atomique et son état énergétique nucléaire.

**Radioprotection**: vise à empêcher ou à réduire les risques sanitaires liés aux rayonnements ionisants, en s'appuyant sur trois grands principes: justification, optimisation et limitation des doses de rayonnements. Pour appliquer ces principes, la radioprotection met en œuvre

des moyens réglementaires et techniques spécifiquement adaptés à trois catégories de personne: le public, les patients et les travailleurs.

**RCD**: reprise et conditionnement des déchets anciens.

**Réversibilité**: elle se réfère à une approche modeste au regard des connaissances disponibles. La réversibilité comprend à la fois la capacité, pendant une durée limitée, à reprendre et à transférer les colis de déchets (récupérabilité), la capacité à intervenir sur le processus de stockage (gestion flexible par étapes, maintenance et surveillance) et la capacité à modifier la conception.

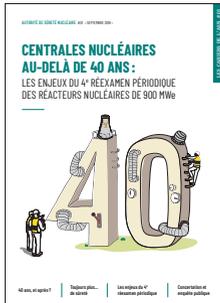
**Stockage**: consiste en la mise à l'abri définitive des déchets radioactifs, dont la radioactivité diminuera au fil du temps.

**Sûreté (nucléaire)**: ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base ainsi qu'au transport des substances radioactives, prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets.

**Traitement**: ensemble d'opérations mécaniques, physiques ou chimiques ayant pour but de modifier les caractéristiques des déchets. L'objectif du traitement est de rendre les déchets propres au conditionnement.

**Transmutation**: transformation, à la suite d'une réaction nucléaire provoquée ou spontanée, d'un élément en un autre élément. L'objectif est de diminuer la nocivité ou de rendre plus facile la gestion des radionucléides à vie longue ou de haute activité, en les transformant en d'autres radionucléides à plus faible activité ou de durée de vie plus courte.

Les cahiers de l'ASN sont disponibles  
en téléchargement sur [asn.fr](https://asn.fr)



Les cahiers de l'ASN n°1



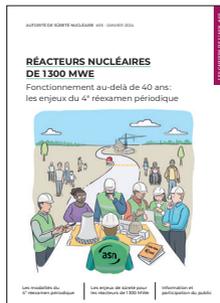
Les cahiers de l'ASN n°2



Les cahiers de l'ASN n°3



Les cahiers de l'ASN n°4



Les cahiers de l'ASN n°5



Les cahiers de l'ASN n°6



Les cahiers Histoire de l'ASN n°1

Éditeur : Autorité de sûreté nucléaire (ASN) · 15-21, rue Louis Lejeune, 92120 Montrouge  
Directeur de la publication : Bernard Doroszczuk, Président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)  
Rédacteur en chef : Emmanuel Bouchot · Secrétaire de rédaction : Lucas Patriat  
Ce numéro a été réalisé avec la Direction des déchets, des installations de recherche et du cycle (DRC) de l'ASN.  
Remerciements à Olivier Lareynie, Chef du Bureau de la gestion des déchets radioactifs  
Conception et réalisation : BRIEF · Illustrations : Jonathan Shalev et Alix Tran Duc / BRIEF  
Impression : Imprimerie Fabrègue, 87500 Saint-Yrieix-la-Perche  
ISSN : 2647-8005 (version imprimée) · 2648-7683 (version en ligne)  
Date de parution : mai 2024



15-21, rue Louis Lejeune – 92120 Montrouge – Tél.: +33 (0)1 46 16 40 00