

# GESTION DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS DU PARC NUCLÉAIRE EDF



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DU GROUPE EDF</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS</b>	<b>11</b>
	<i>Dans le monde</i>	2		<i>Les filières de gestion des déchets TFA et FMA</i>	12
	<i>En France</i>	3		<i>Les filières de gestion des déchets de faible activité à vie longue (FAVL)</i>	14
<b>2</b>	<b>LE PARC NUCLÉAIRE D'EDF EN FRANCE</b>	4	<b>4</b>	<i>Les filières de gestion des déchets de moyenne activité à vie longue (MAVL)</i>	14
	<i>Le parc en exploitation</i>	4		<i>Les filières de gestion des déchets de haute activité (HA)</i>	15
	<i>Les réacteurs en déconstruction</i>	5		<i>Le transport du combustible nucléaire et des déchets radioactifs</i>	17
<b>3</b>	<b>PRINCIPES DE GESTION DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>INVENTAIRE ET PROVISIONS</b>	<b>18</b>
				<i>Inventaire</i>	18
<b>4</b>	<b>LES DÉCHETS PRODUITS PAR LE CYCLE DU COMBUSTIBLE, L'EXPLOITATION ET LA DÉCONSTRUCTION DES RÉACTEURS</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>RÉFÉRENCES COMPLÉMENTAIRES</b>	<b>18</b>
	<i>Les matières et déchets issus du cycle du combustible</i>	8			
	<i>Les déchets issus de l'exploitation des centrales nucléaires</i>	10			
	<i>Les déchets issus du démantèlement des réacteurs</i>	10			

1

# LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DU GROUPE EDF

La place du nucléaire dans son mix électrique permet aujourd'hui à EDF de produire annuellement, de manière sûre et ajustable au besoin,

## 400 TWH

d'électricité bas carbone à un coût très compétitif.

### DANS LE MONDE

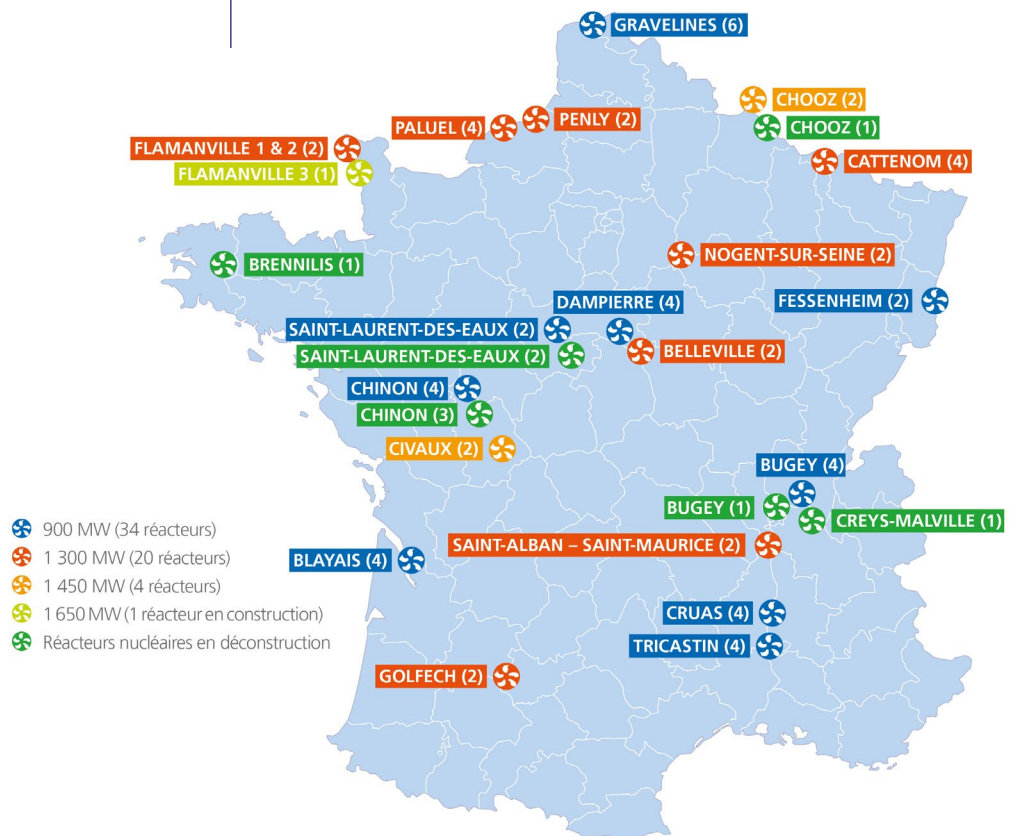
EDF, premier électricien mondial, a pour ambition d'être un électricien performant et responsable, champion de la croissance bas carbone. **En 2017, le Groupe a produit dans le monde 580 TWh d'électricité, dont 87 % ont été produits sans émission de CO<sub>2</sub>** grâce à la prépondérance du nucléaire et de l'hydraulique dans son mix électrique et à la montée en puissance des énergies renouvelables. Ainsi, avec un niveau d'émissions directes de 88 g de CO<sub>2</sub>/kWh en 2017, le groupe EDF présente une intensité carbone six fois moins importante que la moyenne mondiale du secteur .

### EN FRANCE

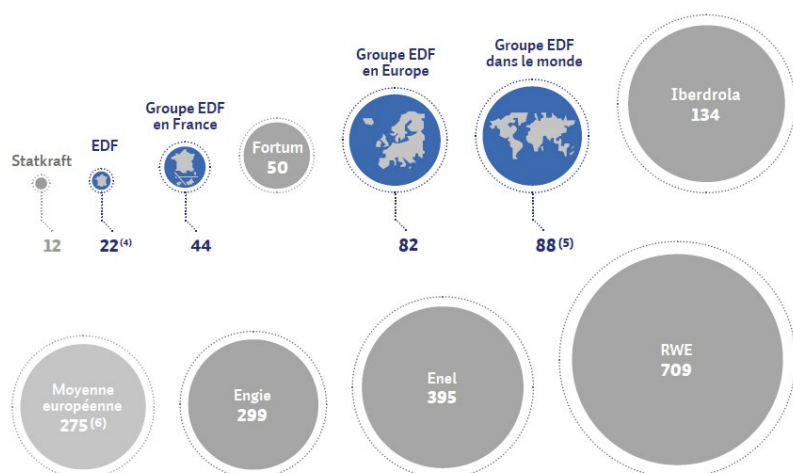
En France en 2017, la production d'électricité d'EDF a été de 432,3 TWh, dont 97 % ont été produits sans émission de CO<sub>2</sub> (électricité d'origines nucléaire, hydraulique et autres renouvelables). L'électricité d'origine nucléaire a représenté à elle seule 379,1 TWh, soit 88 % de la production d'électricité d'EDF en France, et 71,6 % de la production totale d'électricité tous opérateurs confondus en France (source : Bilan électrique RTE 2017).

En France continentale, le contenu en CO<sub>2</sub> du kWh d'EDF est d'une vingtaine de grammes par kWh. Sans cette contribution d'EDF, le facteur carbone européen serait plus élevé de 32 %, passant de 275 à 365 g de CO<sub>2</sub>/kWh\*.

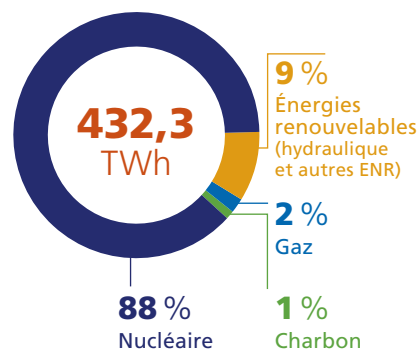
### LES CENTRALES NUCLEAIRES EN FRANCE



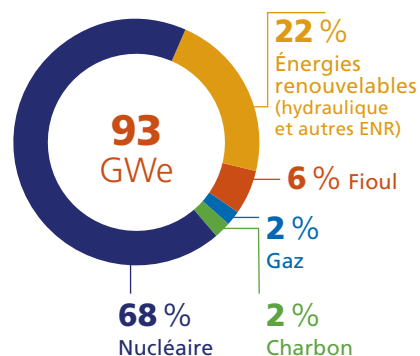
### Émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> d'EDF et d'un panel d'électriciens européens en g/kWh (chiffres 2016)



### Production d'électricité en TWh en France continentale en 2017



### Capacité installée en GWe en France continentale en 2017



\*Etude PWC «Facteur carbone européen – Comparaison des émissions de CO<sub>2</sub> des principaux électriciens européens – décembre 2017»

4) EDF : Activités de production et commercialisation (hors Corse et outre-mer).

(5) La valeur consolidée par intégration globale et publiée dans le Document de référence d'EDF 2017 est inférieure (82 g CO<sub>2</sub>/kWh) traduisant la mise en équivalence de certains actifs selon les normes de consolidation financières (IFRS).

(6) Source : étude PWC « Facteur carbone européen – Comparaison des émissions de CO<sub>2</sub> des principaux électriciens européens – décembre 2017 ».

## 2

# LE PARC NUCLÉAIRE D'EDF EN FRANCE

### LE PARC EN EXPLOITATION

Le parc nucléaire d'EDF en exploitation est un parc standardisé de 58 réacteurs à eau pressurisée (REP), répartis sur 19 sites, propriétés d'EDF, et totalisant une puissance installée de 63 130 MW au 31 décembre 2017.

**Il comporte trois types de réacteurs correspondant à trois niveaux de puissance électrique disponible, appelés aussi « paliers » :**

- le palier 900 MW, composé de 34 réacteurs d'environ 900 MW (soit une puissance totale de 30 770 MW) d'un âge moyen de 36 ans ;
- le palier 1 300 MW, composé de 20 réacteurs d'environ 1 300 MW (soit une puissance totale de 26 370 MW) d'un âge moyen de 29 ans ;
- le palier N4, le plus récent avec un âge moyen de 17 ans, composé de 4 réacteurs d'environ 1 500 MW (soit une puissance totale de 5 990 MW).

**EDF, exploitant nucléaire, assume la responsabilité de la sûreté nucléaire** et réaffirme la priorité absolue que représente **la protection de la santé de l'homme et de l'environnement**. En plus du contrôle interne, les installations nucléaires font l'objet de près de 600 inspections annuelles par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). **En matière de radioprotection**, la mobilisation des acteurs de terrain a permis une amélioration continue de la protection des personnels contre les effets des rayonnements ionisants. Ainsi, la dose collective annuelle moyenne de l'ensemble des intervenants dans les centrales, salariés d'EDF et d'entreprises extérieures, a été divisée par deux en moins de dix ans.

**Le parc nucléaire d'EDF présente une flexibilité qui contribue à assurer l'équilibre entre offre et demande d'électricité**, depuis le court terme (la puissance d'un réacteur peut varier de 600 MW en une vingtaine de minutes) à la gestion annuelle (la gestion des arrêts permet de produire 30 % de plus en hiver qu'en été).

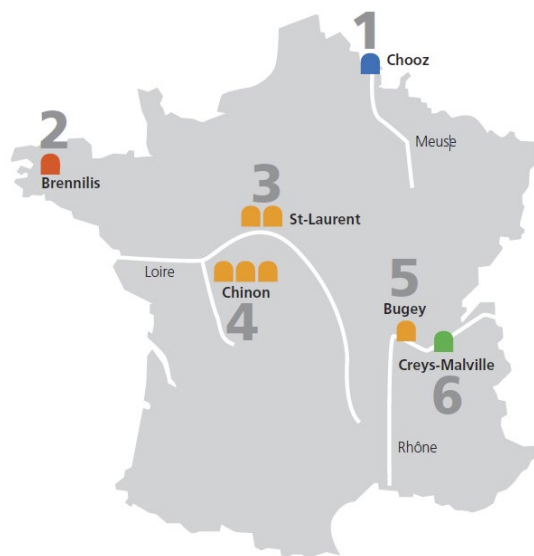
Le coût complet du nucléaire, intégrant les investissements à venir, ne dépassera pas sur la période 2014-2025 les 55€/MWh (source : rapport de la Cour des comptes - 2014). **Ce coût intègre les dépenses (passées, actuelles et futures) associées à la gestion des déchets et à la déconstruction des installations.**

Les Français bénéficient de l'électricité la plus compétitive d'Europe après les Pays-Bas, avec **une électricité 35 % moins chère que dans le reste de l'Europe** (source : CRE - 2015).



Parc nucléaire d'EDF en France : réacteurs en exploitation, construction et déconstruction

Réacteurs EDF en déconstruction en France



### LES RÉACTEURS EN DÉCONSTRUCTION

EDF est responsable de neuf réacteurs définitivement arrêtés et actuellement en déconstruction, répartis sur six sites géographiques. Ils correspondent à quatre technologies de réacteurs différentes : réacteur à eau lourde, réacteur à neutrons rapides, réacteurs UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz), et réacteur à eau pressurisée.

Le financement de la déconstruction de ces réacteurs (comme celui de la gestion des déchets associés) est assuré par des provisions financières et couvert par des actifs dédiés constitués antérieurement par EDF.



**CHOOZ**  
Ardennes, à 60 km de Charleville Mézières  
Réacteur à eau pressurisée  
Mise en service : 1967  
Date d'arrêt : 1991  
Puissance : 305 MW



**CHINON A**  
Indre-et-Loire, à 45 km de Tours  
3 réacteurs UNGG  
Mises en service : 1963, 1965 et 1966  
Date d'arrêt : 1973, 1985 et 1990  
Puissance : 710 MW



**BRENNILIS**  
Finistère, à 70 km de Brest  
Réacteur à eau lourde  
Mise en service : 1967  
Date d'arrêt : 1985  
Puissance : 70 MW



**BUGEY 1**  
Ain, à 40 km de Lyon  
Réacteur UNGG  
Mise en service : 1972  
Date d'arrêt : 1994  
Puissance : 540 MW



**SAINT LAURENT A**  
Loir-et-Cher à 35 km d'Orléans  
2 réacteurs UNGG  
Mises en service : 1969 et 1971  
Date d'arrêt : 1990 et 1992  
Puissance : 995 MW



**CREYS-MALVILLE**  
Isère, à 75 km de Lyon  
Réacteur à neutrons rapides  
Mise en service : 1986  
Date d'arrêt : 1998  
Puissance : 1 200 MW

# 3

## PRINCIPES DE GESTION DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS

### MATIÈRE OU DÉCHET ? STOCKAGE OU ENTREPOSAGE ?

**Le code de l'environnement** précise les définitions des termes suivants dans son article L542-1-1 :

- **Une matière radioactive** est une substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement.
- **Les déchets radioactifs** sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée ou qui ont été requalifiées comme tels par l'autorité administrative en application de l'article L 542-13-2.
- **Les déchets radioactifs ultimes** sont des déchets radioactifs qui ne peuvent plus être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de leur part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux.
- **La gestion des déchets radioactifs** comprend toutes les activités liées à la manipulation, au prétraitement, au traitement, au conditionnement, à l'entreposage et au stockage des déchets radioactifs, à l'exclusion du transport hors site.
- **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 à cet effet, avec intention de les retirer ultérieurement.
- **Le stockage** de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect des principes énoncés à l'article L. 542-1, sans intention de les retirer ultérieurement.

EDF est responsable du devenir des déchets radioactifs liés à la gestion de ses assemblages combustibles usés, à l'exploitation et à la déconstruction de ses centrales, sans transfert possible ni limitation dans le temps. La démarche industrielle de gestion des déchets répond à 4 principes :

#### Limiter les quantités de déchets produites

À titre d'exemple, pour le parc EDF français, les progrès continus réalisés dans la conception des centrales, la gestion du combustible et l'exploitation des installations ont permis de diviser par 3 le volume de déchets d'exploitation produits annuellement, depuis 1985, à production électrique équivalente.

#### Trier les déchets par nature et niveau de radioactivité

Les typologies de déchets sont déterminées en fonction de deux critères :

- **leur niveau de radioactivité**, qui correspond au nombre de désintégrations par unité de temps des éléments radioactifs contenus dans le déchet. On distingue 4 niveaux de radioactivité : haute activité HA ( $> 10^9$  Bq/g), moyenne activité MA ( $10^6$ - $10^9$  Bq/g), faible activité FA ( $100$ - $10^6$  Bq/g), et très faible activité TFA ( $< 100$  Bq/g) ;
- **leur période radioactive**, exprimée en années, jours, minutes ou secondes, qui est le temps nécessaire pour que le niveau d'activité soit divisé par 2. On répertorie deux grandes catégories de déchets : à vie courte (VC, période radioactive inférieure ou égale à 31 ans), et à vie longue (VL, période radioactive supérieure à 31 ans).

#### Traiter et conditionner les déchets en fonction de leur nature

Un premier conditionnement des déchets triés consiste à les placer dans des conteneurs étanches adaptés pour éviter toute dissémination de la radioactivité. On obtient alors des déchets conditionnés, appelés aussi « colis de déchets ». Ces colis, en fonction de leur nature, peuvent faire l'objet d'opérations de traitement ou de conditionnement complémentaires afin d'en optimiser leur volume ou leur gestion à long terme : tris complémentaires, incinération, fusion, vitrification, blocage en colis béton... Conditionnés de manière stable et robuste, ils sont ensuite entreposés dans des installations dédiées avant d'être pris en charge dans un centre de stockage. Les contrôles réalisés par les experts internes et les pouvoirs publics sont nombreux et menés en continu pour vérifier la qualité et la conformité des conditionnements.

### Stocker les déchets ultimes dans des installations dédiées garantissant la sûreté sur le long terme

Les centres de stockage sont des installations nucléaires dédiées, exploitées par l'ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs). Ces installations permettent de prendre en charge les déchets ultimes sur le très long terme et en toute sûreté.

Deux centres de stockage sont aujourd'hui opérationnels pour les déchets TFA et FMA, qui représentent 90 % du volume total des déchets radioactifs. Il s'agit des centres de stockage de Soulaines (le CSA) et de Morvilliers (le CIRES) dans l'Aube.

Pour les déchets FAVL, MAVL et HA, qui représentent 10 % du volume des déchets, deux centres de stockage sont en cours d'étude, l'un dans la région de Soulaines pour les déchets FAVL, le second, Cigéo, situé à la limite de la Meuse et la Haute-Marne, pour accueillir les déchets MAVL et HA.

## FINANCEMENT DU DÉMANTÈLEMENT ET DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

**EDF assume la responsabilité réglementaire, financière et technique de la déconstruction de ses centrales et de la gestion des déchets générés par l'exploitation et la déconstruction du parc. Le financement correspondant est encadré par la loi, provisionné, sécurisé, audité régulièrement et intégré au coût global de l'électricité.** La réglementation française a créé un mécanisme spécifique pour sécuriser ce financement :

- La loi prescrit à chaque exploitant d'installation nucléaire de constituer des actifs financiers dédiés au financement des charges relatives au démantèlement des installations nucléaires ainsi qu'à la gestion de long terme des déchets radioactifs.
- Ces actifs sont identifiés et isolés de la gestion des autres actifs ou placements financiers de l'entreprise, ils obéissent à des critères précis afin d'assurer leur disponibilité le moment voulu et font l'objet d'un suivi et d'un contrôle strict et régulier du Conseil d'Administration et de l'État.

Le moment venu, les actifs dédiés sont revendus de manière à financer les dépenses de déconstruction et de gestion des déchets.

\* Code de l'environnement art. L594-1, loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs et ses textes d'application.

4

# LES DÉCHETS PRODUITS PAR LE CYCLE DU COMBUSTIBLE, L'EXPLOITATION ET LA DÉCONSTRUCTION DES RÉACTEURS

Les matières et déchets radioactifs dont EDF assume la responsabilité sont issus des opérations liées au cycle du combustible, à l'exploitation des centrales, et à leur déconstruction. Toutes ces opérations sont soumises au contrôle de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), de même que les transports associés.

### LES MATIÈRES ET DÉCHETS ISSUS DU CYCLE DU COMBUSTIBLE

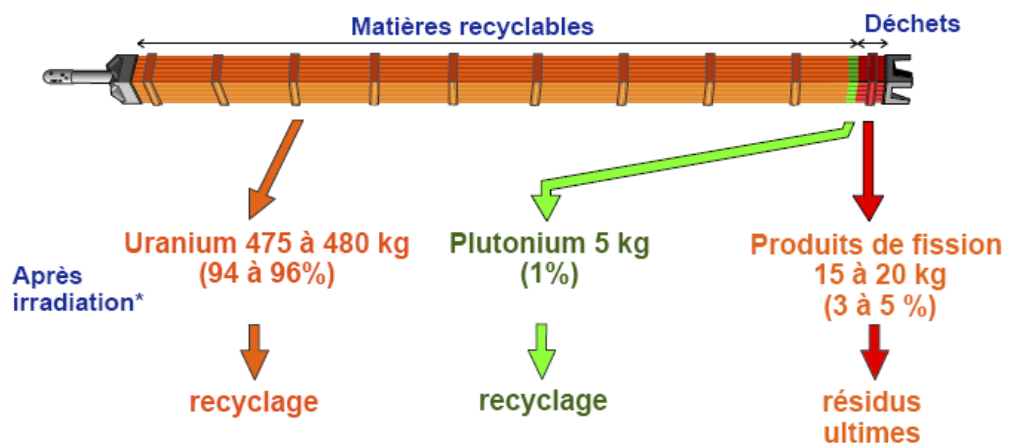
**Sur les sites nucléaires en exploitation**, lors des arrêts programmés des réacteurs, les assemblages de combustible usés sont retirés de la cuve du réacteur et transférés dans la piscine de désactivation du bâtiment combustible. Les assemblages de combustible usé y restent entreposés un à quatre ans, selon le type de combustible, pour permettre leur refroidissement et la décroissance de la radioactivité, puis sont évacués dans des emballages de transport blindés vers les usines de traitement d'Orano à La Hague.

**Dans les usines d'Orano à La Hague**, ils sont de nouveau entreposés en piscine. Pour une majorité des combustibles usés (1 100 tonnes sur les 1 200 tonnes déchargées chaque année), l'entreposage dure une dizaine d'années, période de refroidissement à l'issue de laquelle ils sont traités.

**L'opération de traitement du combustible usé** consiste dans un premier temps à séparer les éléments de structure de l'assemblage du combustible puis à trier dans le combustible les 96 % de matières valorisables des 4 % de déchets ultimes.

### Structure du combustible eau légère usé

1 combustible eau légère : 500 kg d'uranium avant irradiation en réacteur



\* Pourcentage variable en fonction du taux de combustion

**Les matières valorisables** sont de l'uranium de retraitement et du plutonium. L'uranium de retraitement est entreposé sur le site de Tricastin en attendant d'être ré-enrichi pour une nouvelle utilisation. Le plutonium est utilisé au fur et à mesure de sa production (modulo un stock tampon nécessaire au process) pour fabriquer de nouveaux éléments combustibles : les assemblages MOX.

Une part des **combustibles usés** déchargés chaque année, les MOX usés principalement, déjà issus d'une première valorisation de matières recyclées, ne font pas aujourd'hui l'objet d'un traitement. Cela concerne environ 100 tonnes de combustible usé par an, sur les 1 200 tonnes de combustible déchargées chaque année des réacteurs. Ces matières radioactives ne sont pas valorisées dans les réacteurs actuels, mais pourront l'être dans des réacteurs futurs. Elles sont donc entreposées en attendant une valorisation ultérieure.

**Les déchets radioactifs ultimes sont constitués :**

- des éléments produits par la combustion nucléaire, déchets de haute activité (HA) qui sont vitrifiés et coulés dans des conteneurs en acier inoxydable,
- des parties métalliques des assemblages (coques et embouts, morceaux de gaines, etc.), déchets de moyenne activité à vie longue (MAVL) qui sont compactés en « galettes » pour réduire au maximum leur volume, et conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable.

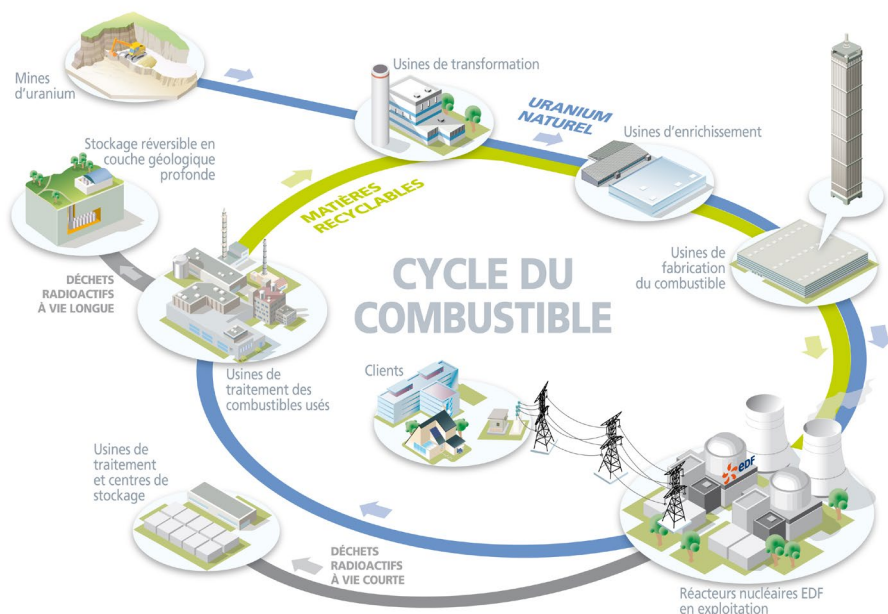
Après conditionnement, ces déchets sont entreposés sur le site d'Orano à La Hague dans des installations spécifiques où ils poursuivent leur décroissance radioactive et leur refroidissement, en attendant d'être stockés à Cigéo.

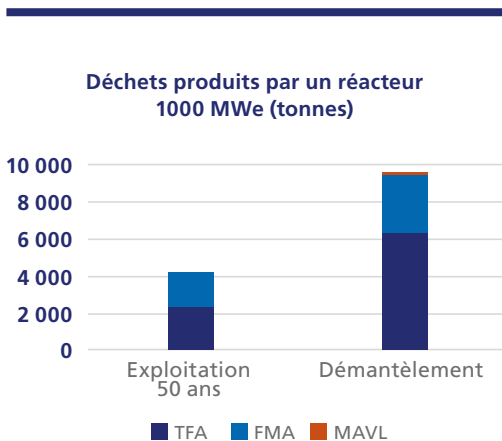
L'ACCROISSEMENT ANNUEL DU COMBUSTIBLE USÉ À ENTREPOSER EST DONC D'ENVIRON

**100 TONNES PAR AN.**

L'analyse des besoins d'entreposage à venir, réalisée dans le cadre du PNGMDR, montre que de nouvelles capacités d'entreposage seront nécessaires à l'horizon 2030 pour ces combustibles usés (notamment dans le cadre du scénario de référence retenu par la PPE).

Pour répondre à ce besoin futur, EDF a engagé la conception d'une piscine d'entreposage de combustible usé de grande capacité, pour laquelle EDF prévoit de déposer une demande d'autorisation de création d'ici fin 2020.





Le graphique illustre les quantités de déchets produits respectivement pour l'exploitation pendant 50 ans et pour le démantèlement d'un réacteur REP (schématique) de 1 000 MWe

### LES DÉCHETS ISSUS DE L'EXPLOITATION DES CENTRALES NUCLÉAIRES

Les déchets issus de l'exploitation sont très majoritairement des déchets de **Faible et Moyenne Activité à Vie Courte (FMA VC) et de Très Faible Activité (TFA)**, qui proviennent pour l'essentiel :

- des systèmes de filtration (épuration du circuit primaire : filtres, résines, concentrats, boues...);
- des opérations de maintenance sur matériels : pompes, vannes...
- des opérations d'entretien divers : vinyles, tissus, gants...

Le remplacement de certains équipements du cœur des réacteurs en exploitation - « barres de commande » utilisées pour le réglage de la puissance, fourreaux d'instrumentation, etc. - produit aussi, mais **en faible quantité, des déchets métalliques de Moyenne Activité à Vie Longue (MAVL)**.

### LES DÉCHETS ISSUS DU DÉMANTÈLEMENT DES RÉACTEURS

La **déconstruction** des réacteurs nucléaires, en plus des déchets conventionnels, **produit également très majoritairement des déchets de Faible et Moyenne Activité à Vie Courte (FMA VC) et de Très Faible Activité (TFA)**.

La **déconstruction en cours des neuf réacteurs nucléaires d'EDF** actuellement à l'arrêt définitif aura produit, lorsqu'elle sera terminée, environ 220 000 tonnes de déchets radioactifs, dont :

- 92 % sont des déchets de Très Faible à Moyenne Activité à Vie Courte (gravats, pièces métalliques...),
- 8 % sont des déchets de Faible Activité à Vie Longue FAVL (environ 17 000 tonnes issues des empilements de graphite des réacteurs UNGG),
- et environ 0,2 % sont des déchets de Moyenne Activité à Vie Longue MAVL (300 à 500 tonnes).

La déconstruction ne produit aucun déchet de Haute Activité.

Les **déchets de démantèlement du parc actuellement en exploitation (REP)** représenteront 600 000 tonnes de déchets, **quasi exclusivement TFA et FMA**.

Le **démantèlement d'un réacteur** de 1 000 MWe produit environ 10 000 tonnes de déchets radioactifs, dont 2/3 de déchets TFA (6 600 tonnes), et 1/3 de déchets FMA (3 400 tonnes) et 80 tonnes de déchets MAVL.

Les déchets métalliques représentent plus de 6 000 tonnes (60%).

L'**exploitation de ce même réacteur** de 1 000 MWe sur 50 ans produit environ 2 400 tonnes de déchets TFA, 1 900 tonnes de déchets FMA et 15 tonnes de déchets MAVL (Hors déchets issus du traitement des combustibles usés).

5

# LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

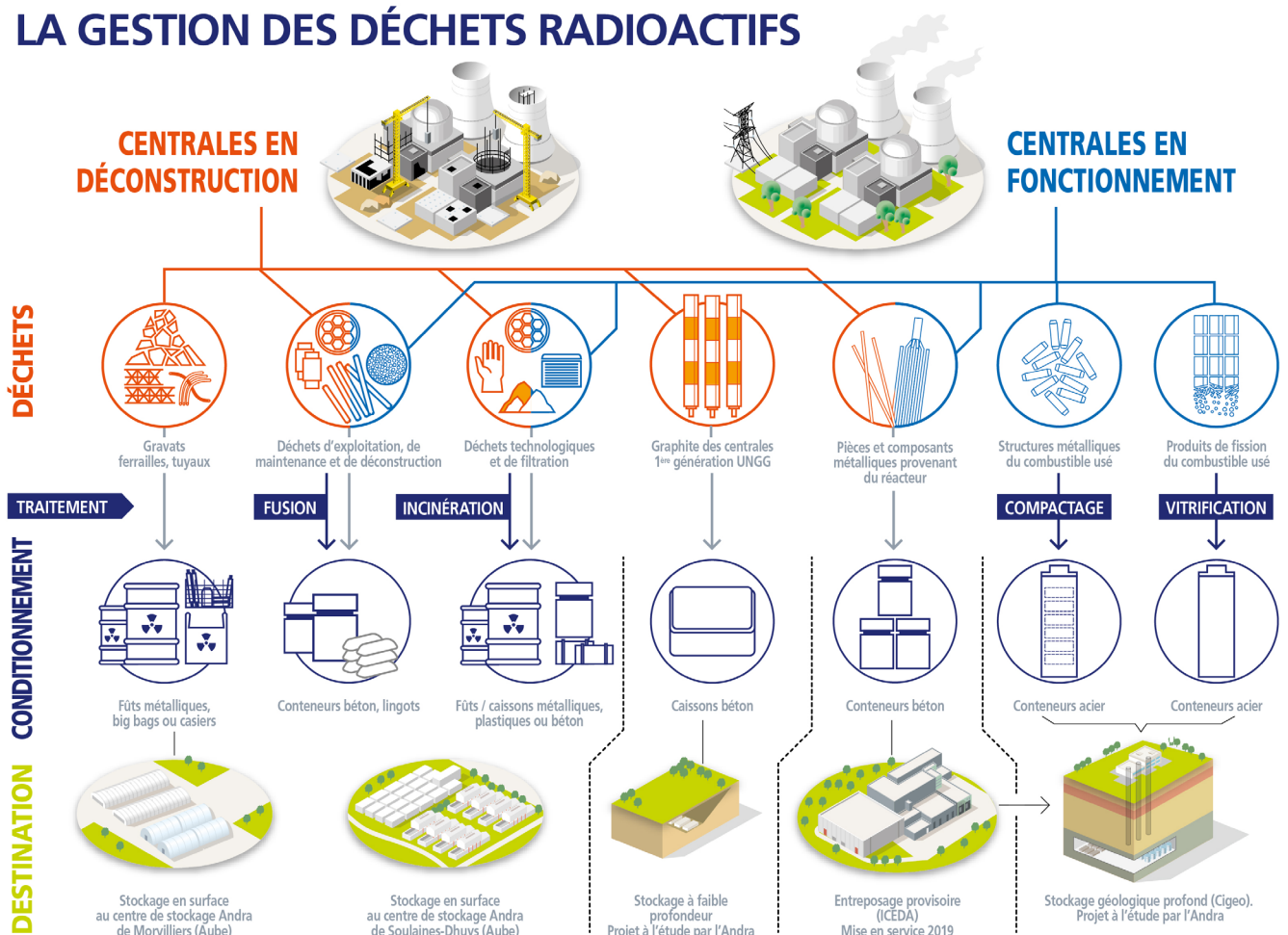
Le tableau ci-contre synthétise les destinations ultimes (centres de stockage) opérationnelles ou en cours de développement pour les différents déchets en fonction de leur activité.

Ces centres de stockages sont exploités par l'ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs).

Comme indiqué au § 3, avant d'être stockés, les différents types de déchets font l'objet d'opérations de tri, de traitement, de conditionnement, d'entreposage de manière à en optimiser la gestion. Ces opérations sont prises en charge par les exploitants producteurs des déchets au travers d'installations dédiées

	Déchets à vie courte dont la radioactivité provient principalement des radioéléments de période $\leq 31$ ans	Déchets à vie longue contenant majoritairement des radioéléments de période $\leq 31$ ans
Centaines Bq/g	<b>Très faible activité (TFA)</b>	Recyclage ou stockage dédié en surface (installation de stockage du centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube)
Millions Bq/g	<b>Faible activité (FA)</b>	Stockage à faible profondeur (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)
	<b>Moyenne activité (MA)</b>	
Milliards Bq/g	<b>Haute activité (HA)</b>	Stockage en couche géologique profonde (en projet dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)

## LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS



### LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS TFA ET FMA

Les déchets issus de l'exploitation et de la déconstruction des centrales sont collectés et triés dès l'amont, c'est-à-dire dès leur production.

Ils font l'objet d'un premier conditionnement, qui consiste à les placer dans des conteneurs pour éviter toute dissémination de la radioactivité. Ils sont ensuite orientés vers les filières adaptées.

Dans un objectif de réduction des volumes, une part des déchets est **traitée par fusion ou par incinération** dans l'usine Centraco de SOCODEI, filiale d'EDF.

En fonction de leur activité, les déchets sont ensuite conditionnés et orientés soit vers le CIRES (centre de stockage pour les déchets TFA), soit vers le CSA (centre de stockage destiné aux déchets FAMA vie courte).

### LE TRAITEMENT PAR FUSION

**Le traitement par fusion est possible pour une grande partie des déchets métalliques.**

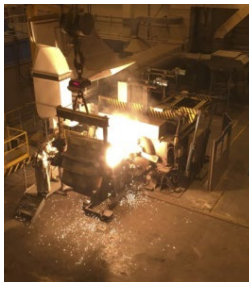
- **En France**, SOCODEI, filiale d'EDF, exploite un four de fusion. Les déchets métalliques éligibles sont triés, mis au gabarit puis fondus à 1 500°C dans le four à induction d'une capacité de 4 tonnes. Le bain de fusion est versé dans une poche de coulée, puis coulé dans une lingotière pour réaliser le colis final appelé lingot. Ces lingots, ainsi que les déchets induits, sont ensuite stockés dans les centres de stockage de surface. La fusion permet un gain de volume des déchets d'un facteur 4 à 6 environ par rapport à un stockage direct et une homogénéisation assurant une caractérisation physico-chimique et radiologique précise des colis expédiés pour stockage.

- **En suède**, Cyclife, filiale EDF, exploite également un four de fusion, selon un process similaire. Conformément à la réglementation dans ce pays, à l'issue du traitement, les lingots dont les caractéristiques radiologiques sont inférieures aux seuils de libération sont valorisés et vendus à des industriels de la métallurgie. Le facteur de réduction de volume ainsi obtenu, par rapport à un stockage direct de l'ensemble, est proche de 20.

### LE TRAITEMENT PAR INCINERATION

Dans l'usine de Centraco, SOCODEI (filiale d'EDF) exploite aussi une unité d'incinération d'une capacité de 1 500 tonnes par an.

Le traitement par incinération concerne certains déchets radioactifs solides (bois, carton, pvc, vêtements de travail, résines, filtres, boues solides...) ou liquides (solutions de décontamination, boues liquides, solvants, huiles...). L'incinération permet une réduction importante du volume des déchets concernés mais ne permet pas de valorisation : les cendres issues du traitement sont stockées au CIRES ou au CSA.



## LE CENTRE INDUSTRIEL DE REGROUPEMENT, D'ENTREPOSAGE ET DE STOCKAGE (CIRES)

Les déchets stockés au CIRES sont des déchets TFA. Ils sont disposés en couches successives dans des alvéoles creusées à quelques mètres de profondeur au sein d'une roche argileuse. Une fois pleine, l'alvéole est définitivement fermée, puis recouverte d'un film étanche et d'une couche d'argile compactée.

Le CIRES a ouvert en 2003 et a une capacité de 650 000 m<sup>3</sup>. À fin 2017, il est rempli à hauteur de 350 000 m<sup>3</sup>.

Les déchets évacués et stockés au CIRES entre 2003 et 2017 sont, d'un point de vue de leur nature physique, principalement constitués de déchets métalliques (40 %) et de déchets inertes - gravats et terres (33 %).

Pour une grande part d'entre eux, les déchets qui y sont stockés ne nécessitent aucune mesure de radioprotection mais sont néanmoins envoyés au CIRES, conformément à ce que prescrit la réglementation française, car issus d'une « Zone à Production Potentielle de Déchets Nucléaires ». Les évaluations prospectives conduisent à estimer les productions cumulées de déchets TFA à environ 650 000 m<sup>3</sup> à horizon 2025, 1 100 000 m<sup>3</sup> à horizon 2035 et 2 200 000 m<sup>3</sup> à la fin du démantèlement des installations existantes.

## LE CENTRE DE STOCKAGE DE L'AUBE (CSA)

Les déchets FMA à vie courte sont stockés au CSA. Les déchets sont stockés dans des ouvrages bétonnés.

Le CSA, exploité depuis 1992, dispose d'une capacité de 1 000 000 m<sup>3</sup>. A fin 2017, il est rempli à hauteur de 326 000 m<sup>3</sup>, soit environ au tiers. L'utilisateur majoritaire est à date EDF, pour moitié de la capacité utilisée.

Au regard des évaluations prospectives, le CSA permet de prendre en charge tous les déchets FMA restant à produire d'ici 2060.



---

## LE CENTRE DE STOCKAGE DES DÉCHETS FAVL

La loi prévoit pour ces déchets un stockage spécifique en subsurface, pour lequel l'ANDRA a transmis en 2015 un dossier sur la faisabilité d'un centre de stockage dans la région de Soulaines (Aube), soumis à l'avis de l'ASN. Des études complémentaires sont prévues dans le programme du PNGMDR, à la fois sur la faisabilité de ce centre et sur des solutions complémentaires, dans le cadre d'un schéma industriel global de gestion demandé pour fin 2019.

---

## ICEDA

(Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés)

ICEDA est une installation exploitée par EDF, située sur le site de la centrale du Bugey. Elle est dédiée au conditionnement et à l'entreposage de déchets métalliques de moyenne activité à vie longue avant leur évacuation vers le centre de stockage définitif (Cigéo).

Le conditionnement consiste à découper les déchets métalliques et à les placer dans des paniers en acier. Ces paniers sont positionnés dans des coques en béton, puis du béton est coulé à l'intérieur de la coque de manière à bloquer les déchets. Les coques sont ensuite fermées, scellées et contrôlées.

Une fois conditionnés les colis en béton sont entreposés sur ICEDA avant leur envoi à Cigéo. Le conditionnement sur ICEDA des premiers déchets est prévu en 2019.

### LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS DE FAIBLE ACTIVITÉ À VIE LONGUE (FAVL)

Les déchets de Faible Activité à Vie Longue produits par EDF sont essentiellement des déchets graphite issus de la déconstruction des réacteurs UNGG de première génération.

La solution de référence pour ces déchets est le stockage à faible profondeur.

### LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE (MAVL)

Les déchets MAVL sont issus pour une part des activités d'exploitation (remplacement de certains composants situés au cœur du réacteur) et de déconstruction, et pour une autre part des opérations de traitement du combustible usé. L'ensemble des déchets MAVL produits et à produire par EDF, pour l'exploitation et la déconstruction des réacteurs de première génération, ainsi que pour l'exploitation et la déconstruction du parc actuel en intégrant les déchets issus du traitement du combustible correspondant à une hypothèse de **50 ans d'exploitation représente environ 37 000 m<sup>3</sup> de colis**.

Ces déchets sont destinés à terme à être stockés de manière définitive en couche géologique profonde dans l'installation **CIGÉO**.

### Les déchets MAVL d'exploitation (hors gestion du combustible) et de démantèlement

Ils sont issus des composants métalliques de l'installation situés à proximité immédiate du cœur du réacteur, activés par le rayonnement.

Ces déchets représentent environ 6 000 tonnes :

- 500 tonnes liées au démantèlement des réacteurs actuellement à l'arrêt,
- 1 500 tonnes pour l'exploitation du parc actuel sur 50 ans (opérations de maintenance),
- 4 000 tonnes pour le démantèlement futur du parc actuel.

Pour réaliser le conditionnement des déchets issus des réacteurs actuellement en déconstruction, mais aussi pour assurer leur entreposage en attendant de pouvoir les envoyer à CIGÉO, EDF a construit l'installation ICEDA.

ICEDA est également en capacité d'accueillir et de conditionner les déchets MAVL (de nature comparable) produits par les réacteurs en exploitation, actuellement entreposés dans les piscines des centrales françaises, ainsi que les déchets MAVL qui seront issus de leur déconstruction.

Une fois conditionnés dans leurs colis en béton, durables et confinants, les 6 000 tonnes de déchets MAVL produits (et à produire) par l'exploitation et la déconstruction des réacteurs d'EDF représentent un volume total d'environ 12 000 m<sup>3</sup> de colis.

### Les déchets MAVL issus du retraitement du combustible usé

Ces déchets proviennent essentiellement des structures des assemblages (coques et embouts, morceaux de gaines, etc.). Ces structures métalliques sont séparées des matières valorisables et des déchets HA lors du traitement du combustible usé réalisé à l'usine de La Hague exploitée par Orano Cycle.

Ils sont alors compactés en « galettes » pour réduire leur volume, puis conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable.

Ils sont ensuite entreposés à La Hague dans des installations spécifiques dans l'attente d'une mise en stockage en couche géologique profonde à CIGÉO.

Les déchets MAVL ainsi conditionnés, produits et à produire avec une hypothèse de 50 ans d'exploitation du parc actuel représentent environ 9 000 m<sup>3</sup> de colis.

### Autres déchets MAVL

EDF possède aussi d'autres déchets MAVL issus notamment des opérations passées, dont le traitement des combustibles usés des réacteurs de première génération. Ces déchets conditionnés sont entreposés sous forme de colis béton ou de colis de déchets bitumés dans des installations dédiées sur les sites de La Hague et de Marcoule, exploitées respectivement par Orano Cycle et le CEA. Ces déchets sont appelés à être stockés en couche géologique profonde à CIGÉO.

Ces déchets représentent environ 16 000 m<sup>3</sup>.

Pour les colis de déchets bitumés, il est à noter que l'Autorité de sûreté nucléaire a demandé à ce que des filières alternatives à leur stockage en l'état à Cigéo soient étudiées.

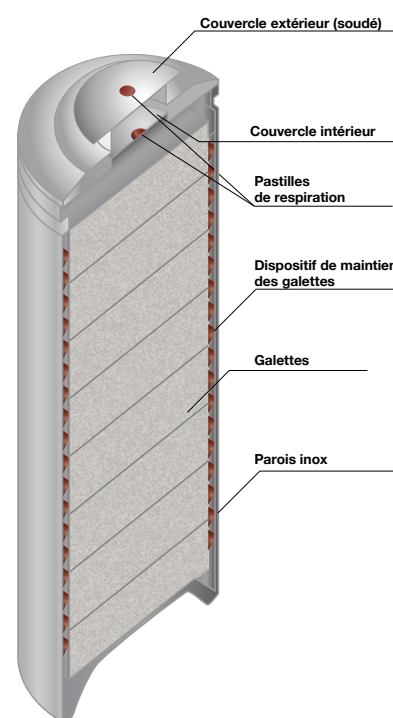
EDF, Orano et le CEA ont donc engagé un travail conjoint avec pour objectif de pouvoir évaluer et proposer d'autres types de conditionnement pour ces déchets, avant leur mise en stockage.

### LES FILIÈRES DE GESTION DES DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ (HA)

Ces déchets sont issus du traitement du combustible usé et sont constitués, principalement, des matières non valorisables. Une fois séparées, ces substances sont incorporées dans du verre en fusion, lui-même coulé dans un conteneur en acier inoxydable.

Un conteneur contient 400 kg de verre pour 70 kg de déchets. Cette vitrification confère aux déchets conditionnés des qualités de stabilité et de durabilité. Les conteneurs sont ensuite entreposés à La Hague dans des installations spécifiques. En raison de la chaleur qu'ils continuent de dégager, ils doivent être refroidis pendant une cinquantaine d'années, avant de pouvoir être stockés en couche géologique profonde à CIGÉO.

L'ensemble des déchets HA produits par l'exploitation du parc nucléaire français à l'issue de 50 ans de fonctionnement représentera un peu moins de 10 000 m<sup>3</sup> (soit l'équivalent d'un cube de 22 m de côté).



## CIGÉO

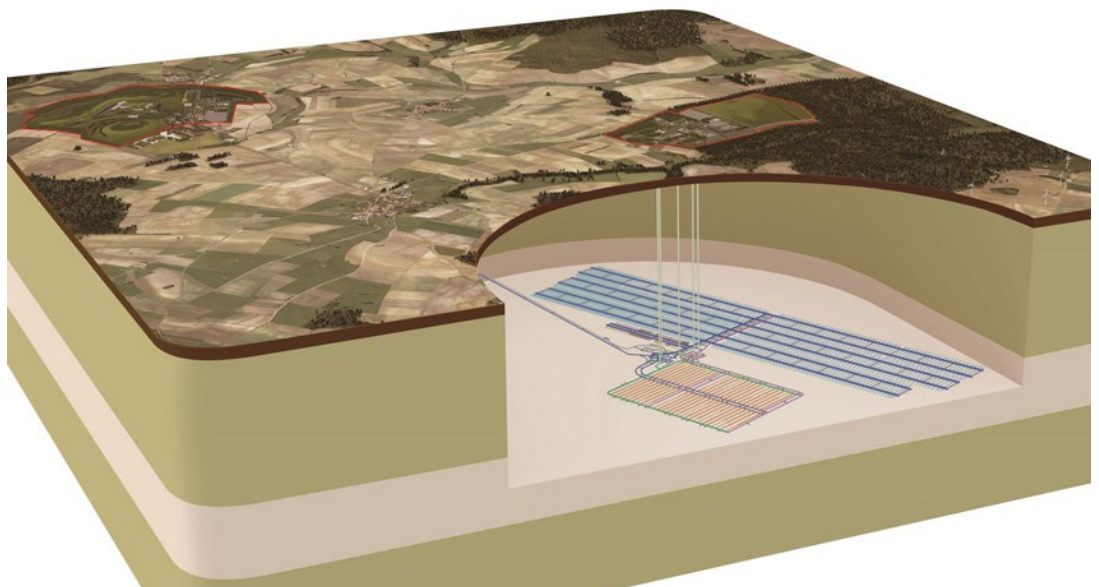
(Centre industriel de stockage géologique)

CIGÉO est le projet français de centre de stockage profond de déchets radioactifs. Il est conçu pour stocker les déchets HA-MAVL produits par l'ensemble des installations nucléaires françaises actuelles, jusqu'à leur démantèlement. Après quinze ans de recherche, des évaluations et un débat public, le principe du stockage profond a été retenu par la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme, relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, comme solution sûre à long terme pour gérer ce type de déchets sans en reporter la charge sur les générations futures.

Il est prévu que ce centre soit implanté dans l'est de la France, à la limite de la Meuse et de la Haute-Marne. CIGÉO sera composé d'installations de surface, notamment pour accueillir et préparer les colis de déchets et pour réaliser les travaux de creusement et de construction des ouvrages souterrains. Les déchets seront stockés dans des installations souterraines, situées à environ 500 mètres de profondeur, dans une couche de roche argileuse imperméable choisie pour ses propriétés de confinement sur de très longues échelles de temps. CIGÉO est prévu pour être exploité pendant au moins 100 ans, tout en étant flexible afin de laisser aux générations futures la possibilité d'adaptations.

La loi du 11 juillet 2016, qui précise les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde, constitue une étape importante vers l'obtention d'une autorisation de création de CIGÉO. Les études de conception réalisées par l'ANDRA se poursuivent en vue de présenter un dossier de demande d'autorisation de création de l'installation début 2020.

Le 15 janvier 2018, l'ASN a rendu son avis sur le DOS (dossier d'option de sûreté) de CIGÉO, estimant que le projet a atteint globalement une maturité technologique satisfaisante au stade du dossier d'options de sûreté. À noter que dans cet avis, l'ASN demande que pour les déchets bitumineux, des filières alternatives à leur stockage en l'état à CIGÉO soient étudiées.



### LE TRANSPORT DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE ET DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Le transport du combustible nucléaire neuf et usé et de déchets radioactifs est réalisé selon des normes techniques et une réglementation très strictes, sous le contrôle des pouvoirs publics. Annuellement, environ 2 000 transports liés aux activités des réacteurs d'EDF sont effectués. Selon les localisations des lieux d'expédition et destination, ils peuvent être effectués par voie routière, ferroviaire ou fluviale.

Les transports sont effectués dans des emballages dédiés et agréés. Les emballages sont adaptés aux types de déchets ou de matière transportée. L'adéquation de l'emballage de transport aux colis transportés doit être justifiée. La conception, la construction et l'exploitation des emballages fait l'objet d'un dossier de sûreté de manière à démontrer la protection des personnes et de l'environnement, y compris en cas d'accident.

Des contrôles de rayonnement et de non-contamination sont systématiquement effectués sur chaque convoi et emballage de matière ou déchet par l'expéditeur avant qu'il ne quitte un site. De nouveaux contrôles sont réalisés par le site destinataire à l'arrivée du colis. Il en est de même pour les emballages vides qui sont réexpédiés.

Un suivi en temps réel des transports est réalisé par les autorités et le transporteur.

## TRANSPORT DU COMBUSTIBLE USÉ

Les combustibles usés sont transportés dans des emballages spécialement conçus et agréés. Ces emballages permettent d'assurer le confinement de la radioactivité, la protection vis-à-vis du rayonnement ainsi que l'évacuation de la chaleur des assemblages.

### Ils doivent aussi résister à toutes sortes d'agressions

Leur résistance aux agressions fait l'objet de tests en grandeur réelle. Ces emballages doivent, par exemple, résister à une chute de 9 mètres de haut sur une surface indéformable, résister à un incendie de 800°C pendant 1 heure ou à une immersion sous 15 mètres d'eau pendant 8 heures.



# 6

## INVENTAIRE ET PROVISIONS

### INVENTAIRE

L'ensemble des matières et déchets radioactifs produits en France fait l'objet d'un inventaire national tenu à jour annuellement par l'ANDRA et publié tous les 3 ans.

#### Quantités de déchets radioactifs produits et à produire par EDF :

	HA	MA-VL	FA-VL	FMA-VC	TFA
Déchets EDF produits au 31/12/2017 (m <sup>3</sup> )	3 200	16 700	25 400	300 000	140 000
Déchets EDF produits et engagés au 31/12/2017 (m <sup>3</sup> )	5 300	33 000	75 500	800 000	770 000
Déchets EDF à terminaison	9 300	37 000	75 500	1 110 000	970 000

Les déchets « produits par EDF au 31/12/2017 » sont ceux qui existent à cette date, sous la forme de colis de déchets.

Les déchets « produits et engagés par EDF au 31/12/2017 » sont la somme des déchets produits à cette date et de ceux qui seraient à produire si on arrêta les centrales nucléaires au 31/12/2017. Cela comprend notamment tous les déchets issus des démantèlements futurs ou de la gestion future des combustibles en cours d'utilisation.

Les déchets « à terminaison », représentent la totalité des déchets produits et restant à produire avec l'hypothèse d'une durée de fonctionnement des tranches de 50 ans. Cela comprend tous les déchets précédents plus les déchets futurs associés par exemple à la gestion des futurs éléments combustibles (ceux qui restent à fabriquer et à utiliser pour continuer à produire de l'électricité).

### PROVISIONS

Conformément à la loi et sous le contrôle des autorités gouvernementales, EDF a constitué des provisions pour gérer les combustibles usés et les déchets radioactifs. Les quantités donnant lieu à provision à une date donnée incluent tous les déchets produits ou engagés à cette date. Il s'agit donc, d'une part, des combustibles usés et colis de déchets existants et, d'autre part, de l'ensemble des déchets à conditionner tels qu'ils seront obtenus après déconstruction des centrales ou après traitement à La Hague du combustible usé. Ils sont revus périodiquement en cohérence avec les données déclarées dans le cadre de l'inventaire national des déchets de l'ANDRA.

### RÉFÉRENCES COMPLÉMENTAIRES

Pour plus d'informations sur les sujets évoqués dans ce document, les documents complémentaires suivants sont accessibles sur le site EDF :

- Présentation du Projet Piscine
- Le Cycle du Combustible
- La Gestion des Déchets TFA
- Document de référence EDF

Par ailleurs, l'inventaire national des déchets radioactifs est disponible sur l'espace dédié du site de l'ANDRA.

**Au 31 décembre 2017, les provisions constituées par EDF associées à la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs représentaient environ 20 milliards d'euros :**

- 10 786 millions d'euros pour le traitement et la gestion du combustible usé,
- 9 540 millions d'euros pour le conditionnement, le transport, l'entreposage, le stockage et la surveillance des déchets.

**Nota : ces provisions n'incluent pas les provisions constituées par ailleurs pour financer les activités de démantèlement des réacteurs et la prise en charge des derniers cœurs qui s'élevaient fin 2017 à 17 milliards d'euros.**