



LES ESSENTIELS

# Inventaire national des matières et déchets radioactifs

20  
22



Tous les cinq ans\*, l'Andra réalise une nouvelle édition de l'**Inventaire national des matières et déchets radioactifs**. Cette publication est complétée chaque année par un document, les **Essentiels**, qui présente l'évolution annuelle des stocks de matières et déchets radioactifs produits en France.

Les **Essentiels** 2022 fournissent une mise à jour des stocks de matières et déchets présents sur le territoire français au 31 décembre 2020.

À chaque nouvelle édition de l'**Inventaire national**, la prochaine étant en 2023, l'Andra réalise également des « inventaires prospectifs » qui fournissent des estimations des quantités de matières et déchets selon plusieurs scénarios contrastés liés au devenir des installations et à la politique énergétique de la France à long terme. Les inventaires prospectifs de la dernière édition de l'**Inventaire national** (2018) sont rappelés dans les **Essentiels** 2022.

L'**Inventaire national** est un outil précieux pour le pilotage de la politique de gestion des matières et déchets radioactifs.

L'ensemble des données de l'**Inventaire** est disponible sur le site web dédié [www.inventaire.andra.fr](http://www.inventaire.andra.fr) et en open data sur [data.gouv.fr](http://data.gouv.fr).

\* En vertu de l'article L542-12 du code de l'environnement, modifié par loi n° 2020-1225 du 7 décembre 2020.

# SOMMAIRE

<b>01</b>	<b>LES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS ET LEURS MODES DE GESTION</b>	<b>4</b>
	Les secteurs utilisant la radioactivité	4
	Les matières radioactives et leurs modes de gestion	5
	Les déchets radioactifs et leurs modes de gestion	7
<b>02</b>	<b>LES STOCKS DE MATIÈRES RADIOACTIVES À FIN 2020</b>	<b>12</b>
	Les matières recensées	12
	Les stocks de matières radioactives	13
<b>03</b>	<b>LES STOCKS DE DÉCHETS RADIOACTIFS À FIN 2020</b>	<b>15</b>
	Les déchets déjà stockés ou destinés à être pris en charge par l'Andra	15
	Les déchets à vie très courte	17
	Le cas spécifique des déchets de Malvési	17
<b>04</b>	<b>RAPPEL DES INVENTAIRES PROSPECTIFS DE L'ÉDITION 2018</b>	<b>20</b>
	Présentation des scénarios	22
	Synthèse des scénarios	26
	Enseignement de la comparaison des différents scénarios	27

# 1

## LES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS ET LEURS MODES DE GESTION

### LES SECTEURS UTILISANT LA RADIOACTIVITÉ

Différents secteurs économiques utilisent des matériaux radioactifs. Ces secteurs produisent des déchets radioactifs et utilisent des matières radioactives. Cette radioactivité pouvant représenter un risque pour la santé et l'environnement, les matières et déchets radioactifs font l'objet d'une gestion spécifique.

En France, les principes de gestion des matières et déchets radioactifs s'inscrivent dans un cadre réglementaire strict, défini aux niveaux national (loi n°2006-739 du 28 juin 2006 dont résulte notamment le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs, PNGMDR) et international (directive européenne 2011/70/Euratom du conseil du 19 juillet 2011).



#### INDUSTRIE ÉLECTRONUCLÉAIRE

Principalement les centrales nucléaires de production d'électricité, ainsi que les usines dédiées à la fabrication du combustible (extraction et traitement du minerai d'uranium, conversion chimique et enrichissement des concentrés d'uranium), au retraitement du combustible nucléaire usé et au recyclage d'une partie des matières extraites de celui-ci.



#### INDUSTRIE NON ÉLECTRONUCLÉAIRE

L'extraction de terres rares, la fabrication de sources scellées mais aussi diverses applications comme le contrôle de soudures, la stérilisation de matériels médicaux, la stérilisation et la conservation de produits alimentaires, etc.



*La radioactivité est un phénomène naturel qui existe depuis l'origine de l'Univers lorsque les atomes se sont formés. Il s'agit du phénomène selon lequel, en se désintégrant, certains atomes – qu'on appelle radionucléides – expulsent de l'énergie sous forme de rayonnement et/ou de particules. La radioactivité peut aussi être créée artificiellement par des activités humaines : cela consiste à créer des noyaux radioactifs qu'on ne trouve pas spontanément dans la nature au moyen d'un accélérateur de particule ou d'un réacteur nucléaire.*



#### RECHERCHE

La recherche dans le domaine du nucléaire civil, du médical, de la physique nucléaire et des particules, de l'agronomie, de la chimie, de la biologie, etc.



#### DÉFENSE

Principalement la force de dissuasion, dont la propulsion nucléaire de certains navires ou sous-marins, la recherche associée mais également les activités liées aux armées.



#### MÉDECINE

Les activités diagnostiques et thérapeutiques (scintigraphie, radiothérapie, etc.).

# LES MATIÈRES RADIOACTIVES ET LEURS MODES DE GESTION

## PRÉSENTATION DES MATIÈRES RADIOACTIVES

Une matière radioactive est une substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement (article L. 542-1-1 du code de l'environnement).

### URANIUM NATUREL



*Yellow Cake*

- **Uranium naturel extrait de la mine** : l'uranium est un métal radioactif naturellement présent dans certaines roches sous forme de minerai. Il est extrait, traité et mis sous forme d'un concentré solide d'uranium appelé Yellow Cake. Aujourd'hui, il ne subsiste aucune mine d'uranium ouverte en France, la totalité de l'uranium provient de l'étranger.
- **Uranium naturel enrichi**, obtenu en augmentant la concentration en uranium 235 de l'uranium naturel : il sert à la fabrication des combustibles pour les réacteurs nucléaires.
- **Uranium appauvri**, obtenu lors du procédé d'enrichissement de l'uranium naturel : il est transformé en matière solide, chimiquement stable, incombustible, insoluble et non corrosive, et se présente sous la forme d'une poudre noire. Il est utilisé pour la fabrication de combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX).

### URANIUM ISSU DU RETRAITEMENT DES COMBUSTIBLES USÉS

L'**uranium de retraitement (URT)** récupéré lors du retraitement des combustibles usés peut servir à la fabrication de nouveaux combustibles.

### COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES



*Pastilles de combustible*

Les **combustibles nucléaires** sont essentiellement utilisés dans les centrales nucléaires pour la production d'électricité.

Il s'agit :

- majoritairement **des combustibles à l'uranium naturel enrichi (UNE)** à base d'oxyde d'uranium ;
- en moindre quantité, **des combustibles à l'uranium de retraitement enrichi (URE)** à base d'oxyde d'uranium provenant de l'enrichissement de l'URT ;
- **des combustibles MOX, à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium** utilisés dans certaines centrales nucléaires.

Il peut s'agir également :

- **des combustibles** utilisés dans les réacteurs de recherche ;
- **des combustibles de la défense nationale**, utilisés pour la force de dissuasion et dans les réacteurs embarqués de la propulsion nucléaire ;
- **des combustibles des réacteurs à neutrons rapides (RNR), à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium**, des réacteurs Phénix et Superphénix qui ont été mis à l'arrêt définitif et ne sont donc plus utilisés.

Ces combustibles peuvent être neufs, en cours d'utilisation, usés en attente de retraitement ou sous forme de rebuts.

## PLUTONIUM

Le **plutonium** est un élément radioactif artificiel généré par le fonctionnement des réacteurs nucléaires. Il est récupéré au même titre que l'uranium lors du retraitement des combustibles usés. Il est ensuite utilisé dans la fabrication de combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX).

## MATIÈRES LIÉES À L'EXTRACTION DES TERRES RARES



*Monazite de Madagascar*

Les terres rares (métaux naturellement présents dans l'écorce terrestre) sont extraites de minerais tels que la monazite et utilisées dans de nombreuses applications (matériels électroniques, catalyseurs automobiles, etc.).

Leur traitement produit des matières :

- **du thorium**, sous-produit de concentration entreposé dans l'attente d'une éventuelle utilisation ;
- **des matières en suspension**, issues du traitement et de la neutralisation des effluents chimiques, composées de résidus de terres rares qui seront réutilisés.

## LES MODES DE GESTION DES MATIÈRES RADIOACTIVES

Les matières radioactives sont entreposées dans des installations adaptées à leurs caractéristiques, dans l'attente de leur utilisation ou réutilisation. Pour certaines d'entre elles, comme le plutonium issu du retraitement des combustibles usés à base d'oxyde d'uranium, cette réutilisation est déjà effective sur le plan industriel depuis plus d'une trentaine d'années.

Pour d'autres, la réutilisation est seulement envisagée : le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) demande à leurs propriétaires de vérifier périodiquement le caractère valorisable des matières entreposées.



*Piscine d'entreposage des combustibles usés à l'usine de retraitement d'Orano à La Hague*



*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.*

*Article L.542-1-1 du code de l'environnement*

## LES DÉCHETS RADIOACTIFS ET LEURS MODES DE GESTION

Les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée (article L. 542-1-1 du code de l'environnement).

Les déchets radioactifs contiennent en général un mélange de radionucléides (c'est-à-dire d'isotopes radioactifs : césium, cobalt, strontium, etc.). En fonction de leur composition, ils sont plus ou moins radioactifs, pendant plus ou moins longtemps. Ils sont classés en six catégories.



Les déchets radioactifs sont produits, d'une part, lors du fonctionnement des installations utilisant des substances radioactives, d'autre part, lors du démantèlement de ces installations.

### CATÉGORIES DE DÉCHETS RADIOACTIFS ET FILIÈRES DE GESTION ASSOCIÉES

Période radioactive* / Activité**	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
<b>Très faible activité (TFA)</b> < 100 Bq/g	 Gestion par décroissance radioactive	 Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	 Stockage à faible profondeur à l'étude
<b>Faible activité (FA)</b> entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		 Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	
<b>Moyenne activité (MA)</b> de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g	Non applicable		 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)
<b>Haute activité (HA)</b> de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g			

\*Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets

\*\* Niveau d'activité des déchets radioactifs

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

#### La période radioactive

La période radioactive représente le temps nécessaire pour que l'activité initiale d'une quantité d'un radionucléide donné soit divisée par deux. On distingue :

- les déchets dits à vie très courte qui contiennent des radionucléides dont la période est inférieure à 100 jours. Ils ne peuvent être dirigés vers une filière de déchets conventionnels qu'après un délai supérieur à dix fois la période des radionucléides, soit environ 3 ans ;
- les déchets dits à vie courte dont la radioactivité provient principalement de radionucléides qui ont une période inférieure ou égale à 31 ans ;
- les déchets dits à vie longue qui contiennent une quantité importante de radionucléides dont la période est supérieure à 31 ans.

#### Le niveau d'activité

L'activité correspond au nombre de désintégrations de noyaux qui se produisent par seconde (et donc le nombre de rayonnements par seconde). Elle est exprimée en becquerel : 1 becquerel correspond à une désintégration par seconde.

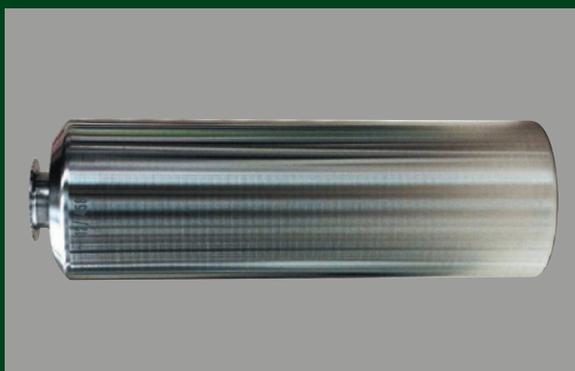
Ainsi les déchets radioactifs sont dits de :

- très faible activité lorsque leur activité est inférieure à 100 becquerels par gramme ;
- faible activité lorsque leur activité est comprise entre quelques centaines de becquerels par gramme et un million de becquerels par gramme ;
- moyenne activité lorsque leur activité est de l'ordre d'un million à un milliard de becquerels par gramme ;
- haute activité lorsque leur activité est de l'ordre de plusieurs milliards de becquerels par gramme.

## DESCRIPTION DES CATÉGORIES DE DÉCHETS RADIOACTIFS

**HA** LES DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ**haut** : plusieurs milliards de Bq/g**jusqu'à très long**  
(jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années)**stockage en couche géologique profonde en projet<sup>1</sup>**

Ils sont principalement issus du retraitement du combustible usé<sup>2</sup> (après utilisation dans un réacteur nucléaire). Il s'agit de résidus hautement radioactifs provenant de la dissolution chimique des combustibles usés. Ces déchets sont incorporés dans du verre puis conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable.



Colis de déchets HA

**MA-VL** LES DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE**moyen** : un million à un milliard de Bq/g**long à très long**  
(jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années)**stockage en couche géologique profonde en projet<sup>1</sup>**

Il s'agit majoritairement de déchets de structures métalliques entourant les combustibles (coques et embouts) issus du retraitement du combustible usé<sup>2</sup> et dans une moindre mesure de déchets technologiques liés à l'usage et à la maintenance des installations nucléaires, des déchets issus du traitement des effluents liquides (boues bitumées) et des déchets activés ayant séjourné dans les réacteurs nucléaires.



Coques issues des gaines en alliage de zirconium qui enrobent les pastilles de combustible

**FA-VL** LES DÉCHETS DE FAIBLE ACTIVITÉ À VIE LONGUE**faible** : quelques dizaines à plusieurs centaines de milliers de Bq/g**long à très long** (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années)**stockage à l'étude**

Chemise en graphite avec fils de selles

Ils regroupent :

- des déchets de graphite provenant du fonctionnement et du démantèlement des premières centrales nucléaires ;
- des déchets radifères (contenant du radium) provenant essentiellement d'activités industrielles non électronucléaires telles que l'extraction des terres rares ;
- d'autres types de déchets tels que certains colis de déchets anciens conditionnés dans du bitume, des résidus de traitement de conversion de l'uranium issus de l'usine d'Orano située à Malvési (voir page 16), des déchets d'exploitation de l'usine de retraitement de La Hague.

<sup>1</sup> Projet Cigéo.

<sup>2</sup> Le retraitement des combustibles usés permet de séparer les matières valorisables (plutonium, uranium) des résidus ultimes qui constituent les déchets HA et MA-VL. Les matières peuvent être recyclées pour fabriquer de nouveaux combustibles. Les déchets sont entreposés sur les sites de retraitement en attente de leur stockage.

## FMA-VC LES DÉCHETS DE FAIBLE ET MOYENNE ACTIVITÉ À VIE COURTE

 faible à moyen : quelques centaines à un million de Bq/g

 court (jusqu'à environ 300 ans)

 stockage en surface existant<sup>1</sup>

Ils sont principalement issus du fonctionnement (traitement des effluents liquides ou filtrations des effluents gazeux, etc.), de la maintenance (vêtements, outils, gants, filtres, etc.) et du démantèlement des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible, des centres de recherche. Ils proviennent aussi, pour une faible part, de la recherche médicale.



Déchets issus de l'utilisation de produits radioactifs dans un laboratoire

## TFA LES DÉCHETS DE TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ

 très faible : inférieur à 100 Bq/g

 non déterminant<sup>2</sup>

 stockage en surface existant<sup>3</sup>

Ils sont majoritairement issus du fonctionnement, de la maintenance et du démantèlement des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible, des centres de recherche.

Les déchets TFA se présentent généralement sous la forme de déchets inertes (béton, gravats, terres, etc.), de déchets métalliques ou plastiques.



Déchets gravats issus de démantèlement

## VTC LES DÉCHETS À VIE TRÈS COURTE

 très faible à moyen

 très court (jusqu'à environ trois ans)

 gestion par décroissance

Ils proviennent majoritairement du secteur médical ou de la recherche.

Pour le médical, il peut s'agir d'effluents liquides ou gazeux, de déchets solides ou liquides contaminés générés par l'utilisation de radionucléides dans ce domaine.



Cuves de décroissance

 Niveau d'activité.  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.  Mode de gestion des déchets ultimes.

<sup>1</sup> Centres de stockage de l'Aube (CSA) et de la Manche (CSM).

<sup>2</sup> Au regard de leur très faible activité, le critère de temps n'entre pas en compte dans la classification de cette catégorie de déchets.

<sup>3</sup> Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage dans l'Aube (Cires).

## LES MODES DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Afin de confiner les déchets et les isoler de l'homme et de l'environnement, la France a fait le choix de les gérer, après entreposage éventuel, dans des stockages dédiés.

Trois types de stockage aux caractéristiques adaptées au niveau de radioactivité et à la durée de vie des déchets radioactifs existent actuellement ou sont à l'étude :

- le stockage en surface : deux centres situés dans le département de l'Aube et exploités par l'Andra permettent de stocker les déchets de très faible activité (TFA) et les déchets de faible et moyenne activité, principalement à vie courte (FMA-VC). Il s'y ajoute le centre de stockage de la Manche exploité de 1969 à 1994 et qui est actuellement en phase de fermeture ;
- le stockage à faible profondeur, à l'étude, pour stocker des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) ;
- le stockage géologique profond, en projet, destiné à stocker les déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL).

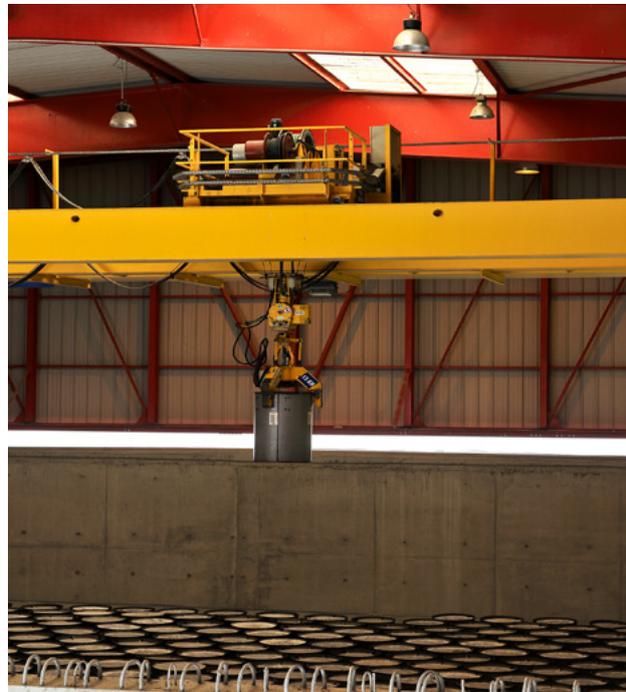
Ces deux derniers types de stockage sont en cours d'étude par l'Andra, conformément aux dispositions de la loi du 28 juin 2006.

Le choix initial d'une filière de gestion dépend des études de caractérisation du déchet et des modalités de traitement et de conditionnement. L'orientation définitive est déterminée sur la base des caractéristiques du colis produit.



*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 [...], sans intention de les retirer ultérieurement.*

*Article L.542-1-1 du code de l'environnement*



*Stockage de colis de déchets dans un ouvrage du Centre de stockage de l'Aube (CSA)*

Par ailleurs, pour les déchets à vie très courte (VTC), la radioactivité diminue significativement en quelques mois, voire quelques jours ou heures. Ils sont donc entreposés sur leur site d'utilisation le temps de leur décroissance radioactive, avant élimination dans la filière conventionnelle adaptée à leurs caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques.

Enfin, certains déchets radioactifs n'ont pas encore de traitement-conditionnement adapté qui permette de les évacuer vers une filière de gestion identifiée, en raison notamment de leurs caractéristiques physiques ou chimiques particulières. Par convention, ils sont appelés déchets sans filière (DSF). Les déchets sans filière, après éventuellement traitement, conditionnement ou caractérisation, seront pris en compte dans les filières idoines de gestion.

## FOCUS SUR LA PRODUCTION DE MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS PAR LE SECTEUR ÉLECTRONUCLÉAIRE EN FRANCE

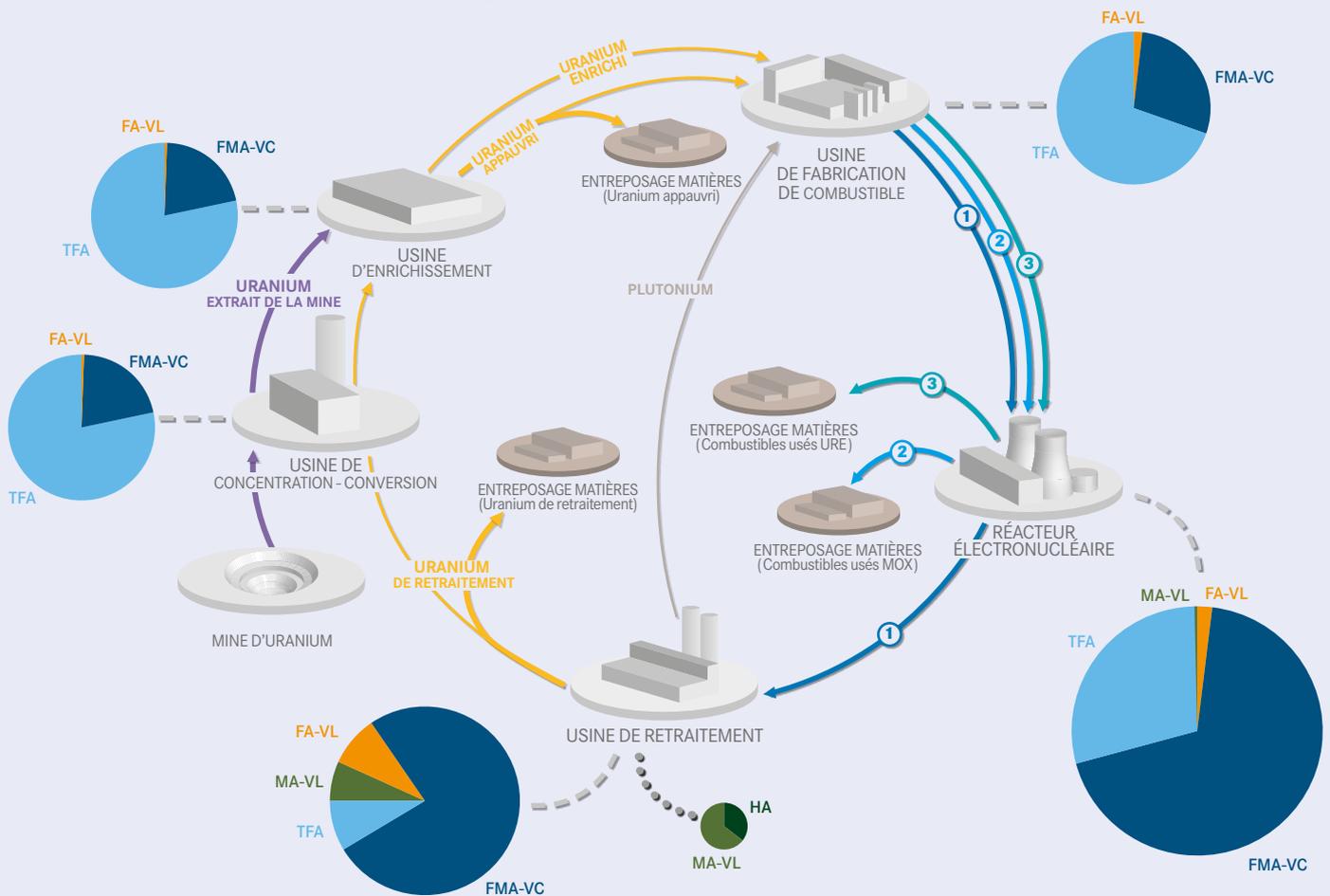
La majorité des matières et déchets radioactifs produits par le secteur électronucléaire est liée à l'exploitation des installations réalisant les opérations visant à fabriquer, utiliser puis retraiter le combustible nucléaire.

L'exploitation d'une installation comprend son fonctionnement et son démantèlement.

Les déchets produits par le fonctionnement des installations sont en majorité des déchets évacués vers les centres industriels de l'Andra dans l'Aube (Cires et CSA). Dans une moindre mesure, des déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et de haute activité (HA) sont également produits et entreposés sur leurs sites de production, en attendant la création du centre de stockage destiné à les accueillir : Cigéo. Le secteur électronucléaire génère une faible part de déchets FA-VL dont le stockage est à l'étude.

Le démantèlement de ces installations produit aussi des déchets, en grande majorité de très faible activité (TFA).

Les matières radioactives sont actuellement valorisées ou entreposées dans l'attente d'une valorisation ultérieure. Par exemple, l'uranium de retraitement (URT) pourra être valorisé sous forme de combustible à l'uranium de retraitement enrichi (URE) dans des réacteurs électronucléaires. Des recherches sont menées sur un cycle comprenant des réacteurs à neutrons rapides au sodium, qui permettraient à l'avenir d'améliorer les performances du recyclage des matières, notamment celles issues du retraitement des combustibles MOX et URE ainsi que de l'uranium appauvri, si le choix de développer un parc de telles installations était fait.



- ① Combustible à base d'oxyde d'uranium naturel enrichi (UNE)
- ② Combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX)
- ③ Combustible à base d'oxyde d'uranium de retraitement enrichi (URE)
- Déchets de fonctionnement et de démantèlement - Stocks à fin 2020
- Déchets résiduels après retraitement des combustibles usés - Stocks à fin 2020

# 2

## LES STOCKS DE MATIÈRES RADIOACTIVES À FIN 2020

### LES MATIÈRES RECENSÉES

L'Andra recense annuellement l'ensemble des matières radioactives présentes sur le territoire français au 31 décembre de chaque année sur la base des informations fournies par leurs détenteurs. Il s'agit de substances pour lesquelles une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement, à l'exception des sources scellées qui sont enregistrées par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) en vertu de l'article R. 1333-154 du code de la santé publique.

Les détenteurs de matières sont essentiellement, pour les matières fissiles, les acteurs du cycle du combustible nucléaire, tous les exploitants de réacteurs nucléaires (électronucléaire, défense nationale, recherche), et les acteurs de l'industrie chimique détenant des matières radioactives dans le cadre de leur activité (extraction de terres rares par exemple).

Les matières étrangères présentes sur le territoire français, visées à l'article L. 542-2-1 du code de l'environnement sont comptabilisées dans les bilans. Ces matières étrangères sont destinées à être renvoyées dans les pays propriétaires d'origine.



*L'unité utilisée pour présenter les quantités de matières radioactives est la tonne de métal lourd (tML), unité représentative de la quantité d'uranium, de plutonium ou de thorium contenue dans les matières sauf pour le combustible de la défense nationale qui est exprimé en tonne d'assemblages (t).*



*Cristaux d'hexafluorure d'uranium*

## LES STOCKS DE MATIÈRES RADIOACTIVES

Le tableau ci-dessous présente l'état des stocks de matières radioactives à fin 2020, les évolutions par rapport à l'année précédente et la part de matières appartenant à des pays étrangers (les matières étrangères sont destinées à être renvoyées dans les pays propriétaires d'origine).

► BILAN DES STOCKS DE MATIÈRES RADIOACTIVES (EN tML, EXCEPTÉ POUR LES COMBUSTIBLES USÉS DE LA DÉFENSE NATIONALE EN TONNES D'ASSEMBLAGES)

Catégorie de matière		À fin 2020	Évolution 2020-2019	Part étrangère
Uranium naturel	extrait de la mine	39 800	+ 1 700	
	enrichi	3 390	- 50	
	appauvri	324 000	+ 2 500	
Uranium issu du retraitement des combustibles usés <sup>1</sup>	enrichi	0	-	
	sortie de retraitement	34 100	+ 1 400	8 %
Combustibles à base d'oxyde d'uranium (UNE, URE)	avant utilisation	611	+192	
	en cours d'utilisation	4 070	- 90	
	usés	11 700	-118	négligeable
	rebuts	0	-	
Combustibles à base d'oxyde mixte (MOX, RNR)	avant utilisation	27	+11	
	en cours d'utilisation	323	- 25	
	usés	2 350	+80	
	rebuts <sup>2</sup>	315	+16	
Combustibles des réacteurs de recherche	avant utilisation	0,04	+0,03	
	en cours d'utilisation	1	-	
	usés	60	-	2 %
Plutonium		60	+2	24 %
Thorium		8 564	-5	
Matières en suspension		5	-	
Autres matières <sup>3</sup>		70	-	
<b>Combustibles de la Défense nationale</b>		<b>198 tonnes</b>	-	

Les évolutions ont été calculées sur la base des chiffres exacts puis arrondis.

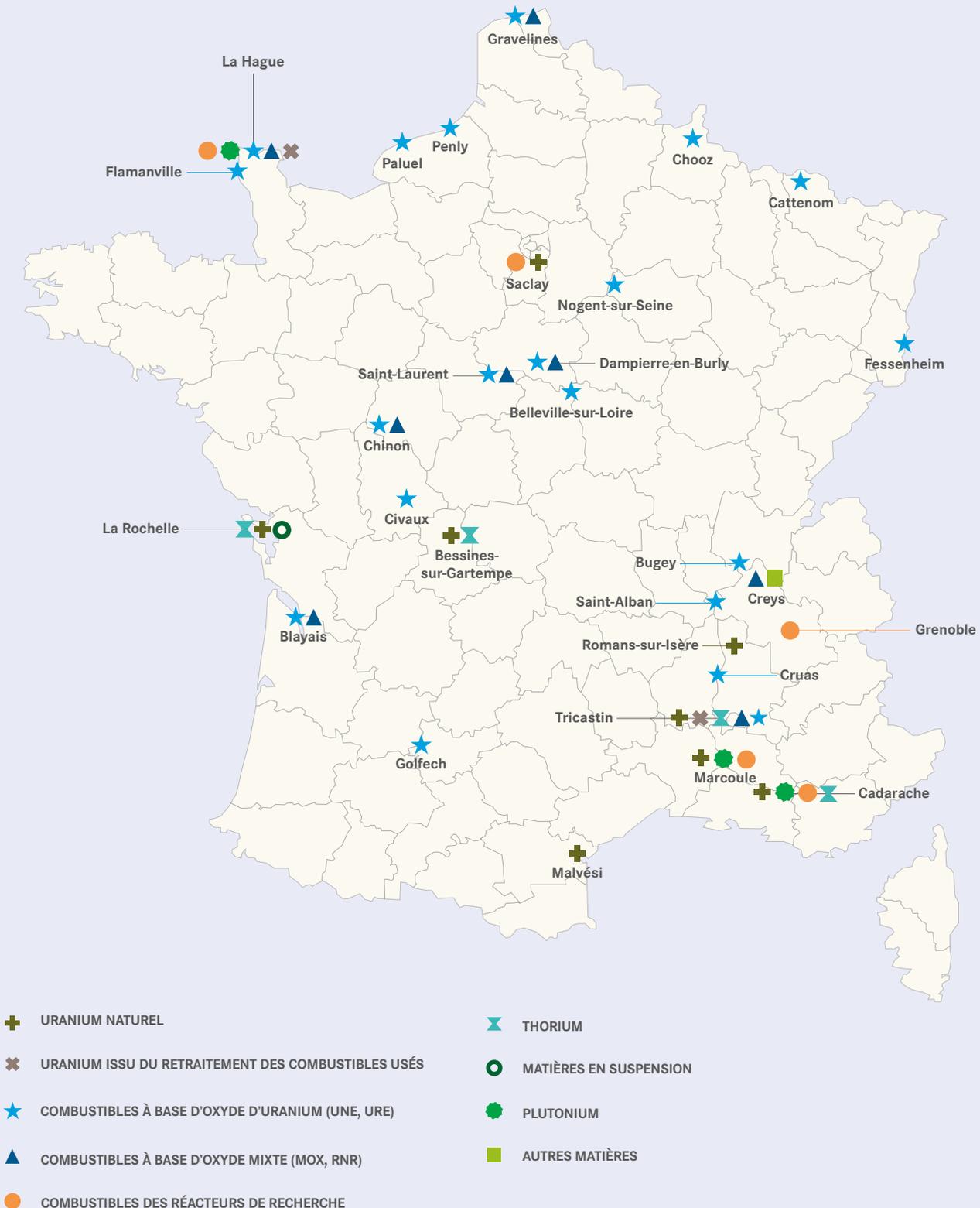
Dans le cadre actuel de la production électronucléaire, les matières radioactives sont utilisées comme combustibles, traitées ou entreposées (dans l'attente d'être valorisées). L'évolution des stocks correspond à une année de fonctionnement du parc électronucléaire.

1 L'uranium issu du retraitement des combustibles usés a vocation à être enrichi pour former de l'uranium enrichi issu du retraitement des combustibles usés qui servira à la fabrication des combustibles à l'uranium de retraitement enrichi (URE) à base d'oxyde d'uranium.

2 Les rebuts de combustibles mixtes uranium-plutonium non irradiés en attente de retraitement ont vocation à être, à terme, retraités et recyclés dans les réacteurs électronucléaires.

3 Le deuxième cœur de Superphénix, qui n'a pas été irradié et n'a pas vocation à l'être, a été classé dans la catégorie « Autres matières » dans la mesure où il ne s'agit ni de combustible avant utilisation ni de combustible usé.

## LOCALISATION DES MATIÈRES RADIOACTIVES SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS AU 31/12/2020



Les combustibles de la défense nationale ne sont pas représentés sur cette carte. En effet, en vertu de la protection des informations dont la communication porterait atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 124-4 du code de l'environnement, les localisations de matières ne peuvent être communiquées.

# 3

## LES STOCKS DE DÉCHETS RADIOACTIFS À FIN 2020

L'Andra recense annuellement les déchets radioactifs présents sur le territoire français au 31 décembre de chaque année sur la base des informations fournies par leurs détenteurs. On compte plus d'un millier de détenteurs tous secteurs économiques confondus, dont une minorité détient la majorité des déchets radioactifs.

Les déchets étrangers visés à l'article L. 542-2-1 du code de l'environnement et ayant vocation à être réexpédiés chez les clients étrangers sont comptabilisés dans ces bilans s'ils sont présents sur le territoire français à la date de référence.

### LES DÉCHETS DÉJÀ STOCKÉS OU DESTINÉS À ÊTRE PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA

Les volumes de déchets recensés correspondent aux volumes de déchets conditionnés, c'est-à-dire pour lesquels aucun traitement complémentaire n'est envisagé par leurs producteurs avant stockage. Les déchets ainsi conditionnés constituent les colis primaires.

Afin de pouvoir effectuer des bilans, une unité de compte homogène a été adoptée : le « volume équivalent conditionné ».

Pour les déchets dont le conditionnement n'est pas mis en œuvre à ce jour, des hypothèses sont faites pour évaluer le volume équivalent conditionné.

Pour le cas particulier du projet de stockage géologique Cigéo (qui est destiné à accueillir des déchets haute activité (HA) et moyenne activité à vie longue (MA-VL)), un conditionnement complémentaire, appelé colis de stockage, sera éventuellement nécessaire afin d'assurer notamment des fonctions de manutention ou de récupérabilité. Seul le volume des colis primaires est pris en compte dans le présent document.



Stockage de colis de déchets FMA-VC au Centre de stockage de l'Aube

Les données ci-après correspondent aux déchets radioactifs déjà stockés dans les centres de l'Andra ou destinés à être pris en charge par l'Agence.

#### ► BILAN ET ÉVOLUTION DES VOLUMES (m<sup>3</sup>) DE DÉCHETS DÉJÀ STOCKÉS OU DESTINÉS À ÊTRE PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA

Catégorie	À fin 2020	Évolution 2020-2019
HA	4 190	+100
MA-VL	42 900	+200
FA-VL	93 800	+200
FMA-VC	971 000	+9 700
TFA	586 000	+16 000
DSF	295	-300
Total	~ 1 700 000	+25 900

Les évolutions ont été calculées sur la base des chiffres exacts puis arrondis.

Les évolutions constatées entre les quantités de déchets existants à fin 2020 et celles à fin 2019 s'expliquent par :

- la production courante de déchets pour toutes les catégories ;
- la prise en compte d'une partie des déchets sans filière (DSF) dans les filières idoines après traitement.



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.

► BILAN DES VOLUMES (m<sup>3</sup>) DE DÉCHETS PRÉSENTS SUR LES SITES DES PRODUCTEURS/DÉTENTEURS ET STOCKÉS DANS LES CENTRES DE L'ANDRA À FIN 2020

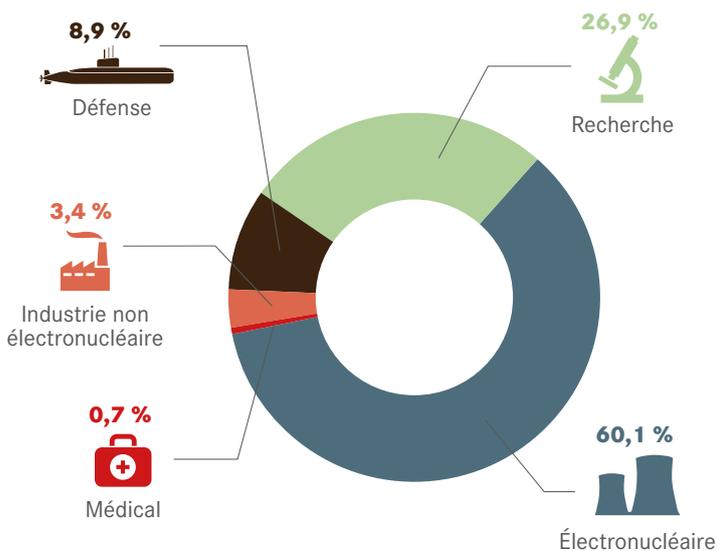
Catégories de déchets radioactifs	Total	Sur sites producteurs/détenteurs	Stockés dans les centres de l'Andra	Capacité des stockages existants
HA	4 190	4 190	- <sup>(1)</sup>	-
MA-VL	42 900	42 900	- <sup>(1)</sup>	-
FA-VL	93 800	93 800	- <sup>(1)</sup>	-
FMA-VC	971 000	90 700	880 000	1 530 000
TFA	586 000	174 000	412 000	650 000
DSF	295	295	-	-
Total	~ 1 700 000	~ 406 000	~ 1 292 000	
	100 %	24 %	76 %	

Les déchets FMA-VC et TFA entreposés sur leur site de production sont en attente de reprise, de conditionnement ou d'évacuation vers les centres de stockage de l'Andra.

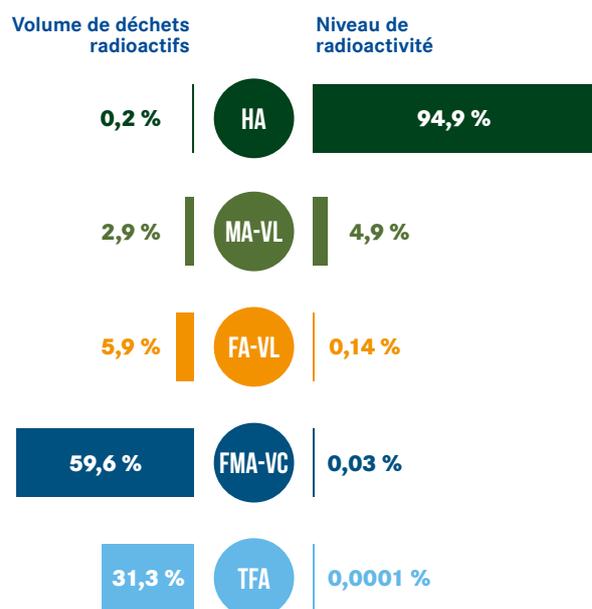


Les déchets TFA sont stockés au Cires. À fin 2020, le Centre avait atteint environ 63 % de sa capacité de stockage autorisée de 650 000 m<sup>3</sup>. Dans sa configuration actuelle, le Cires ne suffira pas pour stocker les volumes de déchets TFA issus des démantèlements à venir dans les prochaines années. Des solutions de gestion complémentaires sont donc actuellement à l'étude. La solution à moyen terme consiste à augmenter la capacité de stockage autorisée du Cires, sans faire évoluer l'emprise actuelle de la zone de stockage et tout en conservant son niveau de sûreté (projet Acaci). Cette augmentation de capacité, si elle est autorisée, permettra de prolonger l'exploitation du Cires d'une dizaine d'années, soit à l'horizon 2040.

► 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 2020



La répartition des volumes et niveaux de radioactivité présentée ci-dessous est issue de l'édition 2018 de l'Inventaire national (sur la base des chiffres à fin 2016) :



Les pourcentages ont été calculés sur la base des chiffres exacts puis arrondis.

1 Ces déchets ne sont actuellement pas stockés : le stockage des déchets HA et MA-VL est actuellement en projet (Cigéo). Le stockage des déchets FA-VL est également à l'étude. Les déchets sans filière (DSF) sont destinés à intégrer une filière de gestion après éventuellement traitement ou caractérisation.

## LES DÉCHETS À VIE TRÈS COURTE

### ► BILAN ET ÉVOLUTION DES VOLUMES (m<sup>3</sup>) DE DÉCHETS À VIE TRÈS COURTE GÉRÉS EN DÉCROISSANCE

Catégorie	À fin 2020	Évolution 2020-2019
VTC	<b>2 018</b>	-59

*Ces volumes ne sont pas comptabilisés dans les bilans.*

## LE CAS SPÉCIFIQUE DES DÉCHETS D'ORANO MALVÉSI

Les résidus de traitement de conversion de l'uranium (RTCU) de l'usine d'Orano de Malvési sont en partie des déchets historiques. La recherche d'une filière sûre de gestion à long terme sur le site de Malvési est en cours pour les RTCU historiques du fait de leurs spécificités (volumes importants, etc.). Les déchets RTCU produits après le 1<sup>er</sup> janvier 2019 ont été intégrés aux filières de gestion TFA et FA-VL en cohérence avec l'article 63 de l'arrêté du 23 février 2017 (décret n° 2017-231).

### ► BILAN ET PRÉVISIONS DES VOLUMES DE RÉSIDUS DE TRAITEMENT DE CONVERSION DE L'URANIUM ENTREPOSÉS SUR LE SITE DE MALVÉSI (m<sup>3</sup>)

	À fin 2020	Évolution 2020-2019	À fin 2030 (données de l'édition 2018)	À fin 2040 (données de l'édition 2018)
Bassins de décantation	<b>73 200</b>	+7 400	0	0
RTCU historiques	<b>282 000</b>	-	310 000	310 000
Effluents nitratés	<b>372 000</b>	-	200 000	110 000

*Ces volumes ne sont pas comptabilisés dans les bilans.*

## LES DÉCHETS ET RÉSIDUS MINIERS AYANT FAIT L'OBJET DE MODES DE GESTION SPÉCIFIQUE

*(ces déchets ne sont pas comptabilisés dans les bilans)*

- **Les déchets stockés au sein ou à proximité des périmètres d'installations nucléaires ou d'usines.** Leur activité est de l'ordre de quelques becquerels par gramme (plusieurs milliers de tonnes).
- **Les résidus de traitement de minerais d'uranium** présents sur les anciens sites miniers. Il s'agit de résidus à vie longue ayant un niveau d'activité comparable à celui des TFA (environ 50 millions de tonnes).



*Ancienne mine de Bellezane*

- **Les déchets stockés dans les installations de stockage de déchets conventionnels (ISD).** Certaines de ces installations ont reçu des déchets comportant de faibles quantités de radioactivité avoisinant quelques becquerels par gramme (environ 3 000 tonnes).
- **Les déchets à radioactivité naturelle élevée gérés en stockage *in situ*.** Ils sont générés par la transformation de matières premières contenant naturellement des radionucléides mais qui ne sont pas utilisées pour leurs propriétés radioactives. Ils peuvent être comparés pour la plupart à des déchets TFA (environ 50 millions de tonnes).



*Des résidus provenant du traitement de matériaux très légèrement radioactifs ont été utilisés comme remblais sur le port de La Palice à La Rochelle.*

- **Les stockages de la défense en Polynésie française :** entre 1966 et 1996, la France a procédé à des expérimentations nucléaires dans le Pacifique sud, sur le territoire de la Polynésie française. Les déchets produits par ces expérimentations et par le démantèlement des installations associées ont été stockés sur place dans des puits ou immergés dans les eaux territoriales françaises.
- **Les déchets immergés :** l'immersion des déchets radioactifs était une solution de gestion considérée comme sûre par la communauté scientifique internationale, car la dilution et la durée présumée d'isolement apportées par le milieu marin étaient jugées suffisantes. Entre 1946 et 1993, plusieurs pays ont ainsi procédé à des immersions de déchets radioactifs. Quelques milliers de tonnes de déchets ont été immergés par la France entre 1967 et 1982. Depuis 1993, toute immersion de déchets radioactifs est définitivement interdite.



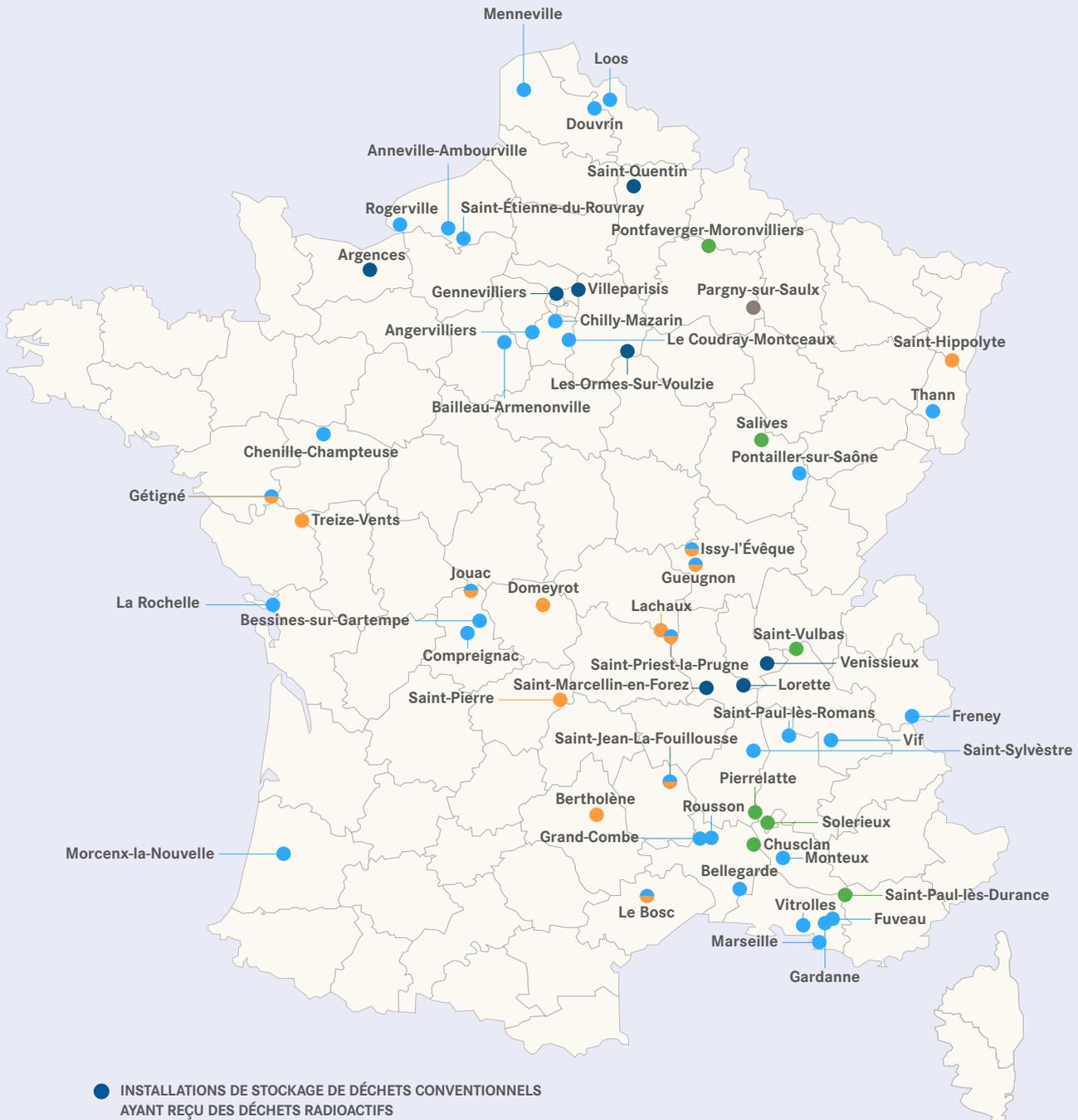
*Immersion de colis de déchets radioactifs*

**Les sites de stockage (hors ceux liés à l'immersion) font l'objet d'une surveillance environnementale, qui permet de vérifier que le potentiel impact lié à ces déchets est contrôlé.**



*Dans les années 1930, l'usine de traitement de la monazite, qui deviendra ensuite l'usine Orflam Plast, s'installe à Pargny-sur-Saulx pour fabriquer des pierres à briquets à partir de monazite. L'usine fonctionne jusqu'en 1967 puis ferme définitivement en 1997. L'extraction de la monazite, minerai riche en thorium, a engendré la production de résidus faiblement radioactifs concentrant la radioactivité initialement présente dans la monazite. Ces résidus sont à l'origine de la pollution sur le site qui a, par la suite, été assaini. Une grande partie des déchets et des terres produits lors de l'assainissement a été évacuée vers le Cires. Une autre partie, majoritairement constituée de gravats très faiblement radioactifs, a fait l'objet d'un confinement sur site (3 000 m<sup>3</sup>).*

## LOCALISATION DES DÉCHETS ET RÉSIDUS MINIER AYANT FAIT L'OBJET DE MODES DE GESTION SPÉCIFIQUES (FRANCE MÉTROPOLITAINE)



- INSTALLATIONS DE STOCKAGE DE DÉCHETS CONVENTIONNELS AYANT REÇU DES DÉCHETS RADIOACTIFS
- STOCKAGES HISTORIQUES DE DÉCHETS SITUÉS AU SEIN OU À PROXIMITÉ D'INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE ET DE BASE SECRÈTE
- DÉPÔTS HISTORIQUES DE DÉCHETS À RADIOACTIVITÉ NATURELLE ÉLEVÉE
- RÉSIDUS DE TRAITEMENT DE MINERAIS D'URANIUM
- LE SITE D'ORFLAM PLAST

Les quantités déclarées par les producteurs/détenteurs de déchets radioactifs sont disponibles dans le rapport de synthèse de l'Inventaire national (édition 2018).

## 4

## RAPPEL DES INVENTAIRES PROSPECTIFS DE L'ÉDITION 2018

*L'objectif des inventaires prospectifs est de donner une estimation des quantités de matières et de déchets radioactifs à différentes échéances de temps selon plusieurs scénarios. Ils visent à présenter les impacts sur les quantités de matières et de déchets radioactifs de différentes stratégies ou évolutions possibles de politique énergétique française à long terme, sans présager des choix industriels qui pourraient être faits.*

*Ils répondent aux demandes du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) 2016-2018.*

À la date de réalisation des inventaires prospectifs, la France exploite un parc électronucléaire constitué de 58 réacteurs en fonctionnement, un réacteur de type EPR™ est en cours de construction, et la politique énergétique française prévoit le retraitement des combustibles après leur utilisation dans les centrales nucléaires.

Les inventaires prospectifs ont été réalisés selon quatre scénarios contrastés d'évolution de la politique énergétique actuelle : trois scénarios de renouvellement du parc électronucléaire français et un scénario de non-renouvellement. Le scénario de non-renouvellement suppose l'arrêt du nucléaire. Les trois scénarios de renouvellement, prennent par hypothèse différentes durées de fonctionnement des réacteurs actuels. Ils supposent également le déploiement de nouveaux réacteurs, avec des hypothèses différentes sur le type de réacteur déployé (EPR™/RNR ou EPR™ seuls).

Les quantités de déchets radioactifs et matières requalifiables en déchets sont estimées à terminaison pour chacun des scénarios sur la base des informations fournies par leurs détenteurs. Les déclarations portent



Centrale nucléaire : aéroréfrigérants

sur l'ensemble des substances radioactives produites et à produire par les installations autorisées à fin 2016 (parc existant).

Les matières et déchets générés par le fonctionnement de nouveaux réacteurs venant en remplacement des réacteurs du parc électronucléaire actuel ne sont pas comptabilisés<sup>1</sup>.

Par ailleurs, les matières générées par le parc actuel et qui pourraient être consommées au sein de nouveaux réacteurs ne sont pas comptabilisées comme déchets.



*Le terme « à terminaison » signifie à la fin du démantèlement des installations nucléaires autorisées à fin 2016.*

<sup>1</sup> Les estimations de quantités de matières et déchets qui seraient produits par un nouveau parc électronucléaire font l'objet d'une étude menée par le CEA dans le cadre du PNGMDR 2016-2018.

## PRÉCISIONS SUR LES HYPOTHÈSES DES SCÉNARIOS

### TYPES DE RÉACTEURS ÉLECTRONUCLÉAIRES

On distingue quatre types de réacteurs électronucléaires dans les scénarios :

- **Réacteur à uranium naturel graphite gaz (UNGG)** : réacteur de première génération. Les 9 réacteurs de ce type présents en France sont aujourd'hui tous à l'arrêt dont 6 réacteurs appartiennent à EDF et 3 au CEA. Le démantèlement de ces réacteurs est à l'origine de la production de déchets de graphite FA-VL (faible activité à vie longue).
- **Réacteur à eau sous pression (REP)** : réacteur de seconde génération. 58 réacteurs de ce type sont, à la date de réalisation des inventaires prospectifs, en fonctionnement en France avec une puissance électrique de 900, 1300 ou 1450 MWe selon les réacteurs. Les combustibles utilisés dans l'ensemble des REP sont les combustibles à base d'oxyde d'uranium (UNE et URE) et les combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX). Les combustibles MOX sont autorisés dans 24 réacteurs REP. Les combustibles à l'uranium de retraitement enrichi (URE), à base d'oxyde d'uranium sont autorisés dans 4 réacteurs.
- **Réacteur EPR™ (European Pressurized Reactor)** : réacteur de troisième génération, à eau pressurisée dont la puissance électrique est de l'ordre de 1650 MWe. Le premier réacteur EPR™ français est actuellement en cours de construction sur le site de Flamanville.
- **Réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium (RNR)** : réacteur de quatrième génération. Ce type de réacteur pourrait utiliser des combustibles mixtes à base d'oxydes d'uranium et de plutonium et permettrait le multi-recyclage.

### DURÉE DE FONCTIONNEMENT DES RÉACTEURS

Les scénarios prennent par hypothèse différentes durées de fonctionnement des réacteurs électronucléaires actuels. Ces hypothèses ne préjugent pas des décisions prises par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) à l'issue du processus de réexamen de sûreté de chacun des réacteurs, lors de réexamens décennaux.

### CAPACITÉ TOTALE DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ D'ORIGINE NUCLÉAIRE

Conformément à la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, les détenteurs de matières et déchets radioactifs ont pris pour hypothèse une capacité totale de production d'électricité d'origine nucléaire ne dépassant pas 63,2 GWe. La puissance installée à fin 2016 des 58 réacteurs en fonctionnement est de 63,13 GWe.

### RETRAIEMENT DES COMBUSTIBLES USÉS

La politique énergétique française prévoit que les combustibles soient retraités après leur utilisation. Le retraitement aujourd'hui opéré à l'usine d'Orano à La Hague permet d'extraire du combustible usé environ 96 % de matières valorisables (plutonium et uranium) et environ 4 % de déchets radioactifs. Le plutonium extrait sert à la fabrication du combustible MOX (combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium). Le mono-recyclage consiste à recycler une fois le plutonium dans les combustibles MOX, lesquels sont, après utilisation, entreposés dans l'attente d'une valorisation ultérieure. Le combustible MOX irradié déchargé des REP contient encore une quantité significative de plutonium. Le multi-recyclage consisterait à retraiter ce combustible irradié pour en extraire les matières valorisables puis refabriquer du combustible neuf et ce plusieurs fois.

## PRÉSENTATION DES SCÉNARIOS

Pour le secteur électronucléaire, les hypothèses structurantes retenues sont définies ci-après pour chacun des scénarios. Les quantités de matières et déchets radioactifs sont estimées sur la base d'hypothèses établies à fin 2016 pour les scénarios SR1, SR3 et SNR et à fin 2013 pour le scénario SR2. Les estimations prennent en compte les matières et déchets radioactifs des installations nucléaires de base, des installations intéressant la défense et des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) dites « nucléaires », incluant également les secteurs autres que l'électronucléaire.

### SR1 : RENOUELEMENT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE PAR DES EPR™ PUIS RNR

Le scénario SR1 prend pour hypothèses la poursuite de la production d'électricité d'origine nucléaire avec le déploiement de réacteurs EPR™ puis RNR et la poursuite du retraitement des combustibles usés (maintien de la stratégie actuelle).

Les hypothèses structurantes retenues pour ce scénario sont :

- la poursuite de la production électronucléaire ;
- une durée de fonctionnement des réacteurs du parc électronucléaire actuel comprise entre 50 et 60 ans ;
- un renouvellement progressif des réacteurs du parc électronucléaire actuel par des réacteurs EPR™ puis par des réacteurs RNR qui pourraient constituer à terme la totalité d'un futur parc ;
- le retraitement de la totalité des combustibles usés. Ceci suppose par convention :
  - une disponibilité des usines de retraitement du combustible permettant d'assurer ces opérations,
  - le recyclage des matières séparées lors du retraitement des combustibles dans les réacteurs REP actuels et dans des réacteurs EPR™ (mono-recyclage) puis dans des réacteurs RNR permettant le multi-recyclage.

#### ► ESTIMATION DES QUANTITÉS DE DÉCHETS RADIOACTIFS À TERMINAISON (m<sup>3</sup>)

Déchets radioactifs à terminaison, en m <sup>3</sup>	
HA	12 000
MA-VL	72 000
FA-VL	190 000
FMA-VC	2 000 000
TFA	2 300 000

Les estimations ne prennent pas en compte les matières et déchets radioactifs qui seraient générés par le fonctionnement de nouveaux réacteurs venant en remplacement des réacteurs du parc actuel car non autorisés à fin 2016.

Les hypothèses de retraitement de la totalité des combustibles usés et du déploiement de réacteurs EPR™ puis RNR supposent que toutes les matières sont valorisées. Aucune matière n'est donc requalifiée en déchet à terminaison. Les combustibles usés, l'uranium appauvri et l'URT générés par le parc actuel et qui seraient consommés au sein d'un futur parc ne sont pas considérés comme déchets à terminaison et ne sont donc pas quantifiés.

Les matières issues du retraitement d'une partie des combustibles usés produits par le parc électronucléaire actuel seront valorisées dans un futur parc de réacteurs EPR™ puis RNR. Les quantités de combustibles usés produits par le parc actuel dont la matière sera valorisée dans un futur parc après retraitement sont de 20 000 tML pour le combustible UNE, 3 700 tML pour le combustible URE et 5 200 tML pour le combustible MOX.

## SR2 : RENOUELEMENT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE BIS PAR DES EPR™ ET RNR

Le scénario SR2 reprend les hypothèses et données du scénario de l'édition 2015 de l'Inventaire national. Comme le scénario SR1, il repose sur la poursuite de la production d'électricité d'origine nucléaire avec le déploiement de réacteurs EPR™ puis RNR et le maintien de la stratégie actuelle en matière de retraitement de combustibles usés.

Les hypothèses structurantes retenues pour ce scénario sont :

- la poursuite de la production électronucléaire ;
- une durée de fonctionnement uniforme de 50 ans de l'ensemble des réacteurs ;
- un renouvellement progressif des réacteurs du parc électronucléaire actuel par des réacteurs EPR™ puis par des réacteurs RNR qui pourraient constituer à terme la totalité d'un futur parc ;
- le retraitement de la totalité des combustibles usés. Ceci suppose par convention :
  - une disponibilité des usines de retraitement du combustible permettant d'assurer ces opérations,
  - le recyclage des matières séparées lors du retraitement des combustibles dans les réacteurs REP actuels et dans des réacteurs EPR™ (mono-recyclage) puis dans des réacteurs RNR permettant le multi-recyclage.

### ► ESTIMATION DES QUANTITÉS DE DÉCHETS RADIOACTIFS À TERMINAISON (m<sup>3</sup>)

Déchets radioactifs à terminaison, en m <sup>3</sup>	
HA	10 000
MA-VL	72 000
FA-VL	190 000
FMA-VC	1 900 000
TFA	2 200 000

Les estimations ne prennent pas en compte les matières et déchets radioactifs qui seraient générés par le fonctionnement de nouveaux réacteurs venant en remplacement des réacteurs du parc actuel car non autorisés à fin 2016.

Les hypothèses de retraitement de la totalité des combustibles usés et du déploiement de réacteurs EPR™ puis RNR supposent que toutes les matières sont valorisées. Aucune matière n'est donc requalifiée en déchet à terminaison. Les combustibles usés, l'uranium appauvri et l'URT générés par le parc actuel et qui seraient consommés au sein d'un futur parc ne sont pas considérés comme déchets à terminaison et ne sont donc pas quantifiés.

## SR3 : RENOUELEMENT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE PAR DES EPR™ UNIQUEMENT

Le scénario SR3 repose sur la poursuite de la production d'électricité d'origine nucléaire avec le déploiement de réacteurs EPR™ uniquement.

Les hypothèses structurantes retenues pour ce scénario sont :

- la poursuite de la production électronucléaire ;
- une durée de fonctionnement des réacteurs du parc électronucléaire actuel comprise entre 50 et 60 ans ;
- un renouvellement progressif des réacteurs du parc électronucléaire actuel par des réacteurs EPR™ seuls qui pourraient constituer à terme la totalité d'un futur parc ;
- le retraitement des combustibles UNE usés uniquement, les combustibles MOX et URE usés ne sont pas retraités. Ceci suppose par convention :
  - une disponibilité des usines de retraitement du combustible permettant d'assurer ces opérations,
  - le recyclage des matières séparées lors du retraitement des combustibles UNE dans les réacteurs REP actuels et dans des réacteurs EPR™ (mono-recyclage).

### ► ESTIMATION DES QUANTITÉS DE DÉCHETS RADIOACTIFS ET DE MATIÈRES RADIOACTIVES POUVANT ÊTRE REQUALIFIÉES EN DÉCHETS À TERMINAISON

Déchets radioactifs à terminaison, en m <sup>3</sup>		
HA		9 400
MA-VL		70 000
FA-VL		190 000
FMA-VC		2 000 000
TFA		2 300 000
Matières radioactives pouvant être requalifiées en déchets à terminaison, en tML		
Uranium naturel	Uranium naturel extrait de la mine, sous toutes ses formes physico-chimiques	-
	Uranium naturel enrichi, sous toutes ses formes physico-chimiques	-
	Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques <sup>1</sup>	470 000
Uranium issu du retraitement des combustibles usés	Uranium issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques	-
Combustible à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires (UNE, URE)	Combustibles usés	3 700
	Combustibles usés	5 400
Combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires (MOX, RNR)	Rebuts de combustibles non irradiés	290
	Autres combustibles usés civils	5
Combustibles des réacteurs de recherche		
Plutonium séparé non irradié, sous toutes ses formes physico-chimiques		-
Autres matières		70

Les estimations ne prennent pas en compte les matières et déchets radioactifs qui seraient générés par le fonctionnement de nouveaux réacteurs venant en remplacement des réacteurs du parc actuel car non autorisés à fin 2016.

À terminaison, certaines matières ne sont plus valorisables, elles peuvent alors être requalifiées en déchets radioactifs et devront alors faire l'objet d'un stockage. Les combustibles usés MOX et URE ne sont pas retraités. Ils sont considérés comme des déchets et supposés stockés en l'état.

1 Tout ou partie de l'uranium appauvri est recyclable dans les combustibles UNE, en fonction des conditions de marché.

## SNR : NON RENOUVELLEMENT DU PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE

Ce scénario suppose le non-renouvellement du parc existant, entraînant l'arrêt immédiat du nucléaire.

Les hypothèses structurantes retenues pour ce scénario sont :

- l'arrêt de la production électronucléaire ;
- une durée de fonctionnement des 58 réacteurs REP de 40 ans et de 60 ans pour l'EPR™ de Flamanville ;
- un arrêt anticipé du retraitement des combustibles usés UNE afin de ne pas détenir de plutonium séparé. Les combustibles MOX et URE usés ne sont pas retraités.

### ► ESTIMATION DES QUANTITÉS DE DÉCHETS RADIOACTIFS ET DE MATIÈRES RADIOACTIVES POUVANT ÊTRE REQUALIFIÉES EN DÉCHETS À TERMINAISON

Déchets radioactifs à terminaison, en m <sup>3</sup>		
HA		4 200
MA-VL		61 000
FA-VL		190 000
FMA-VC		1 800 000
TFA		2 100 000
Matières radioactives pouvant être requalifiées en déchets à terminaison, en tML		
Uranium naturel	Uranium naturel extrait de la mine, sous toutes ses formes physico-chimiques <sup>1</sup>	17
	Uranium naturel enrichi, sous toutes ses formes physico-chimiques <sup>1</sup>	7
	Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques <sup>2</sup>	400 000
Uranium issu du retraitement des combustibles usés	Uranium issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques <sup>2</sup>	34 000
Combustible à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires (UNE, URE)	Combustibles usés	25 000
	Combustibles usés	3 300
Combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires (MOX, RNR)	Rebuts de combustibles non irradiés	290
	Autres combustibles usés civils	54
Combustibles des réacteurs de recherche		
Plutonium séparé non irradié, sous toutes ses formes physico-chimiques <sup>1</sup>		2
Autres matières		70

À terminaison, certaines matières ne sont plus valorisables, elles peuvent alors être requalifiées en déchets radioactifs et faire l'objet d'un stockage. Les combustibles UNE résiduels non retraités au terme de la durée de fonctionnement des réacteurs ainsi que les combustibles URE et MOX non retraités sont considérés comme des déchets et supposés stockés en l'état.

<sup>1</sup> Ces matières sont éventuellement valorisables, dans le parc actuel, avant son arrêt.

<sup>2</sup> Ces matières sont éventuellement valorisables en France où à l'étranger.

## SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS

### ► SYNTHÈSE DES ESTIMATIONS DE DÉCHETS ET MATIÈRES POUVANT ÊTRE REQUALIFIÉES EN DÉCHETS À TERMINAISON

Du fait de leur typologie, les matières sont associées à une catégorie de déchets. Ceci ne présage pas, notamment pour l'uranium, de la solution de gestion qui sera retenue. Des études sont en cours dans le cadre du PNGMDR 2016-2018 sur les options de gestion dans les cas où l'uranium appauvri et l'URT seraient à l'avenir requalifiés en déchets.

	SR1	SR2 <sup>1</sup>	SR3	SNR	
Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire	Poursuite (durée totale de fonctionnement entre 50 et 60 ans)	Poursuite (durée totale de fonctionnement de 50 ans)	Poursuite (durée totale de fonctionnement entre 50 et 60 ans)	Arrêt au bout de 40 ans (sauf EPR™ au bout de 60 ans)	
Type de réacteurs déployés dans le futur parc	EPR puis RNR	EPR puis RNR	EPR	/	
Retraitement des combustibles usés	Tous : UNE, URE, MOX et RNR	Tous : UNE, URE, MOX et RNR	UNE seuls	Arrêt anticipé du retraitement des UNE	
Requalification des combustibles usés et de l'uranium en déchets	Aucune	Aucune	URE, MOX, RNR et uranium appauvri	Tous combustibles usés, uranium appauvri et URT	
HA	Combustibles usés à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires (UNE, URE)	-	-	3 700 tML	25 000 tML
	Combustibles usés à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires (MOX, RNR)	-	-	5 400 tML	3 300 tML
	Déchets vitrifiés	12 000 m <sup>3</sup>	10 000 m <sup>3</sup>	9 400 m <sup>3</sup>	4 200 m <sup>3</sup>
MA-VL		72 000 m <sup>3</sup>	72 000 m <sup>3</sup>	70 000 m <sup>3</sup>	61 000 m <sup>3</sup>
	Déchets <sup>2,3</sup>	190 000 m <sup>3</sup>	190 000 m <sup>3</sup>	190 000 m <sup>3</sup>	190 000 m <sup>3</sup>
FA-VL	Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques	-	-	470 000 tML	400 000 tML
	Uranium issu du retraitement des combustibles usés sous toutes ses formes physico-chimiques	-	-	-	34 000 tML
FMA-VC		2 000 000 m <sup>3</sup>	1 900 000 m <sup>3</sup>	2 000 000 m <sup>3</sup>	1 800 000 m <sup>3</sup>
TFA <sup>4</sup>		2 300 000 m <sup>3</sup>	2 200 000 m <sup>3</sup>	2 300 000 m <sup>3</sup>	2 100 000 m <sup>3</sup>

### Précision

Les quantités de déchets sont exprimées en « volume équivalent conditionné ».  
 Les quantités de matières sont exprimées en « tonne de métal lourd ».  
 Les quantités de combustibles peuvent également être exprimées en « nombre d'assemblages »  
 et représenteraient environ 20 000 assemblages à terminaison du scénario SR3  
 et 57 000 assemblages à terminaison du scénario SNR.

1 Les données pour SR2 ont été déclarées à fin 2013.

2 Ne prend pas en compte les déchets RTCU FA-VL qui sont produits depuis 2019.

3 Valeur réévaluée depuis l'édition 2015 de l'Inventaire national.

4 Prend en compte les déchets TFA issus du traitement thermique des effluents nitrés à Malvési.

## ENSEIGNEMENT DE LA COMPARAISON DES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS

Certaines hypothèses prises dans le scénario SR2 ont pu évoluer depuis l'édition 2015, ce qui peut rendre difficile la comparaison des scénarios SR1, SR3 et SNR avec le scénario SR2.

HA

- la quantité de déchets vitrifiés produits est liée à la durée de fonctionnement des réacteurs du parc électronucléaire actuel ;
- le renouvellement ou non du parc électronucléaire actuel ainsi que, dans le cas d'un renouvellement, le type de réacteurs qui seront déployés en remplacement des réacteurs actuels a un impact sur la quantité et la nature des déchets à terminaison du parc : déchets vitrifiés seuls dans les scénarios SR1 et SR2 ou déchets vitrifiés et combustibles usés dans les scénarios SR3 et SNR.

MA-VL

- la quantité de déchets produits est liée à la durée de fonctionnement des réacteurs du parc électronucléaire actuel ;
- la prise en compte du retour d'expérience et de nouveaux objectifs industriels entraînent la réévaluation des prévisions de déchets MA-VL dans les scénarios SR1, SR3 et SNR ;
- le renouvellement ou non du parc électronucléaire actuel ainsi que, dans le cas d'un renouvellement, les types de réacteurs qui seront déployés en remplacement des réacteurs actuels a un impact sur la quantité et la nature des déchets à terminaison du parc.

FA-VL

- la production de déchets FA-VL est majoritairement issue du démantèlement d'installations existantes. Le volume à terminaison est donc indépendant des scénarios liés aux inventaires prospectifs ;
- l'Uranium appauvri sous toutes ses formes physico-chimiques : dans les scénarios SR1 et SR2, tout l'uranium appauvri est supposé valorisable sous forme de combustible MOX, contrairement aux scénarios SR3 et SNR dans lesquels une partie pourrait être requalifiée en déchets radioactifs. La poursuite de la production nucléaire dans le scénario SR3 induisant la poursuite des opérations d'enrichissement de l'uranium augmente le stock d'uranium appauvri. L'arrêt de la production nucléaire supposé dans le scénario SNR, entraîne un arrêt des opérations d'enrichissement et de la fabrication des combustibles MOX ce qui engendre la non valorisation du stock. L'uranium appauvri, du fait de sa typologie, pourrait s'apparenter à un déchet de la catégorie FA-VL ;
- l'Uranium issu du retraitement des combustibles usés sous toutes ses formes physico-chimiques : dans les scénarios SR1, SR2 et SR3, l'uranium issu du retraitement des combustibles usés (URT) est supposé valorisable car recyclable dans les combustibles URE. L'arrêt du nucléaire entraîne un arrêt définitif du recyclage de l'URT et par conséquent la non valorisation du stock d'URT. L'uranium de retraitement, du fait de sa typologie, pourrait s'apparenter à un déchet de la catégorie FA-VL.

FMA-VC

TFA

- la quantité de déchets produits est directement liée à la durée de fonctionnement des réacteurs du parc électronucléaire actuel.



Où sont-ils ?

Combien  
y en a-t-il  
aujourd'hui ?

Combien  
y en aura-t-il  
demain ?

Toutes les données sur les matières  
et déchets radioactifs sont sur  
**[inventaire.andra.fr](https://inventaire.andra.fr)**