

LES ESSENTIELS

Inventaire national des matières et déchets radioactifs

**20
18**



ÉDITORIAL

Dès le début des années 1990, l'Etat français a fait de l'Andra une agence publique, indépendante des producteurs de déchets radioactifs, et l'a chargée de trouver et de concevoir des solutions de gestion sûres pour gérer l'ensemble des déchets radioactifs français afin de protéger les générations présentes et futures. Au titre de sa mission d'intérêt général, l'Andra est également chargée de réaliser périodiquement l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* présents sur le territoire français.

“ Cet Inventaire national constitue un outil précieux pour le pilotage de la politique française pour la gestion des matières et des déchets radioactifs. ”

A travers l'*Inventaire national*, véritable outil de référence, l'Andra fournit chaque année une vision aussi complète et exhaustive que possible des quantités de matières et déchets radioactifs. Elle fournit également, tous les trois ans, des estimations prospectives des quantités de matières et déchets selon plusieurs scénarios contrastés concernant le devenir des installations nucléaires et la politique énergétique de la France à long terme. Toutes les données sont disponibles sur le site web : inventaire.andra.fr ; les stocks de déchets radioactifs sont aussi mis à disposition du public en open data, sur le site web data.gouv.fr.

Dans un souci de transparence, l'Andra a institué un comité de pilotage pluraliste pour suivre la préparation de l'*Inventaire national* et présente chaque année les quantités de matières et déchets au groupe de travail PNGMDR (Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs). Ce groupe de travail, co-présidé par l'ASN et la DGEC, est constitué de représentants de l'administration, des autorités de sûreté, des gestionnaires de déchets radioactifs, des producteurs de déchets, des représentants des associations et de la société civile.

Avec ce document, *Les Essentiels 2018*, nous avons souhaité présenter de manière synthétique et accessible les matières et déchets radioactifs, leurs principes de gestion, leurs stocks sur le territoire français au 31 décembre 2016, ainsi que les inventaires prospectifs.

Il est complété par la publication d'un rapport de synthèse comprenant de nouveaux dossiers thématiques sur les déchets du secteur médical, les sites pollués par la radioactivité ainsi qu'une refonte du dossier thématique sur les sources scellées, et par la mise à jour de l'inventaire géographique et du catalogue des familles sur le site web. Ce site web sera également enrichi de nouvelles fonctionnalités pour vous permettre de toujours mieux accéder aux données relatives aux matières et déchets radioactifs.

Je vous souhaite une bonne lecture.



PIERRE-MARIE ABADIE
Directeur Général de l'Andra

01	LES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS ET LEURS MODES DE GESTION	4
	Les secteurs utilisant la radioactivité	4
	Les matières radioactives et leurs modes de gestion	5
	Les déchets radioactifs et leurs modes de gestion	7
02	LES STOCKS DE MATIÈRES RADIOACTIVES À FIN 2016	12
	Les matières recensées	12
	Les stocks de matières radioactives	13
03	LES STOCKS DE DÉCHETS RADIOACTIFS À FIN 2016	14
	Les déchets déjà stockés ou destinés à être pris en charge par l'Andra	14
	Les déchets à vie très courte	16
	Le cas spécifique des déchets de Malvésí	16
04	LES INVENTAIRES PROSPECTIFS	18
	Présentation des scénarios	20
	Synthèse des scénarios	24
	Enseignement de la comparaison des différents scénarios	25
	Estimation des quantités de matières et déchets à des dates intermédiaires	26

Les données chiffrées du document ont été arrondies. Elles correspondent à la situation au 31 décembre 2016, et sont établies sur la base des déclarations des détenteurs de matières et déchets radioactifs.

Les données sont détaillées dans le rapport de synthèse de l'édition 2018 de l'Inventaire national.

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, les matières et déchets radioactifs font l'objet d'une gestion particulière.

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.



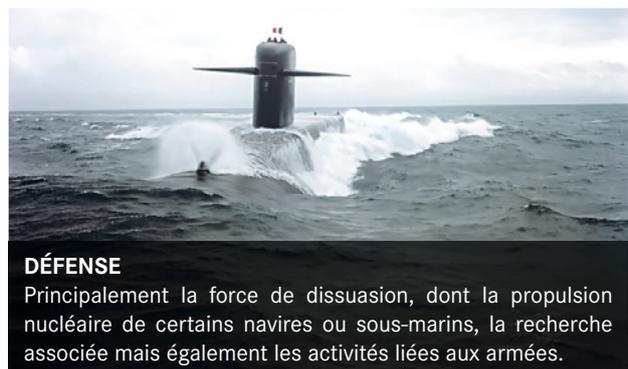
Une substance radioactive est une substance qui contient des radionucléides, naturels ou artificiels, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle de radioprotection.

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



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 : ces matières sont recyclées car valorisables.

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 (ex Areva) 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.

CLASSIFICATION DES DÉCHETS RADIOACTIFS ET FILIÈRES DE GESTION ASSOCIÉES

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

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 (VTC) 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 (VC) dont la radioactivité provient principalement de radionucléides qui ont une période inférieure ou égale à 31 ans ;
 - les déchets dits à vie longue (VL) qui contiennent une quantité importante de radionucléides dont la période est supérieure à 31 ans.

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 projet¹**

Ils sont principalement issus du retraitement du combustible usé² (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 projet¹**

Il s'agit majoritairement de déchets de structures métalliques entourant les combustibles (coques et embouts) issus du retraitement du combustible usé² 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 et des résidus de traitement de conversion de l'uranium issus de l'usine d'Orano (ex Areva) située à Malvési (voir page 16), des déchets d'exploitation de l'usine de retraitement de La Hague.

¹ Projet Cigéo.

² 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 existant¹

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 déterminant²

 stockage en surface existant³

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 de radioactivité.  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.

¹ Centres de stockage de l'Aube (CSA) et de la Manche (CSM).

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

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

LES MODES DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Afin d'isoler les déchets pendant le temps nécessaire à la décroissance de leur radioactivité jusqu'à un seuil ne présentant pas de risque pour la santé humaine et 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 :

- les stockages de 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 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, destiné à 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 les ouvrages de stockage 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, intégreront la filière de gestion adéquate.

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.

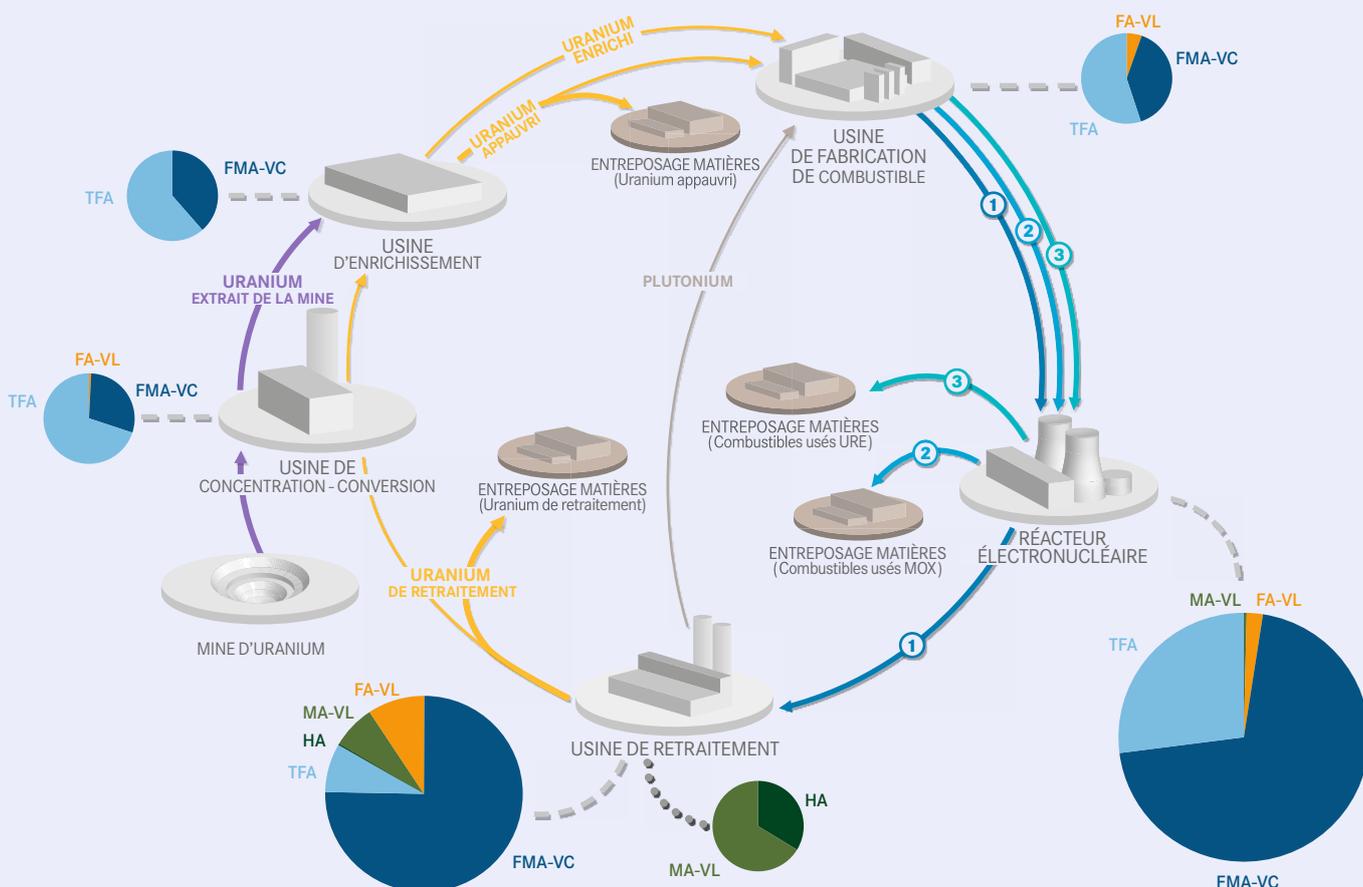
L'exploitation d'une installation comprend son fonctionnement et son démantèlement.

Les déchets produits par le fonctionnement des installations sont en majorité des déchets TFA et FMA-VC. Ils sont 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 centre de 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) pourrait 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.



- 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 2016
- Déchets résiduels après retraitement des combustibles usés - Stocks à fin 2016

2

LES STOCKS DE MATIÈRES RADIOACTIVES À FIN 2016

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. 1333-47 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.



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 2016 et les écarts avec la précédente édition de l'Inventaire national.

► 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 2016	Écart 2016-2013
Uranium naturel	Uranium naturel extrait de la mine, sous toutes ses formes physico-chimiques	29 900	+ 3 810
	Uranium naturel enrichi, sous toutes ses formes physico-chimiques	3 860	+ 1 090
	Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques	310 000	+ 23 500
Uranium issu du retraitement des combustibles usés	Uranium enrichi issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques	-	-
	Uranium issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques ¹	29 600	+ 2 690
Combustible à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires (UNE, URE)	Combustibles avant utilisation	448	+ 3
	Combustibles en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	4 500	- 55
	Combustibles usés, en attente de retraitement	12 000	- 392
	Rebuts de combustibles uranium non irradiés en attente de retraitement	-	-
Combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires (MOX, RNR)	Combustibles avant utilisation ou en cours de fabrication	38	0
	Combustibles en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	430	+ 16
	Combustibles usés, en attente de retraitement	1 960	+ 297
	Rebuts de combustibles non irradiés en attente de retraitement ²	267	+ 33
Combustibles des réacteurs de recherche	Combustibles avant utilisation	-	- 0,2
	Combustibles en cours d'utilisation	0,8	+ 0,6
	Autres combustibles usés civils	59	- 16
Plutonium séparé non irradié, sous toutes ses formes physico-chimiques		54	+ 2
Thorium, sous la forme de nitrates et d'hydroxydes		8 570	+ 45
Matières en suspension (sous-produits du traitement des minerais de terres rares)		5	0
Autres matières ³		70	- 2
Combustibles usés de la défense nationale		177	+ 21

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

Dans le cadre 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 aux 3 années d'exploitation du parc électronucléaire, ainsi qu'à :

- l'évolution du périmètre pris en compte pour les déclarations des combustibles des réacteurs de recherche ;
- la prise en compte à partir de la déclaration de 2016 de la décroissance radioactive du plutonium du deuxième cœur de Superphénix pour la catégorie « Autres matières ».

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.

3

LES STOCKS DE DÉCHETS RADIOACTIFS À FIN 2016

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.



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.



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 (m³) DE DÉCHETS DÉJÀ STOCKÉS OU DESTINÉS À ÊTRE PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA

Catégorie	À fin 2016	Écart 2016-2013
HA	3 650	+ 440
MA-VL	45 000	+ 1 260
FA-VL	90 500	- 570
FMA-VC	917 000	+ 39 600
TFA	482 000	+ 46 200
DSF	1 800	- 1 970
Total	~ 1 540 000	~ + 85 000

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

Les écarts constatés entre les quantités de déchets existants à fin 2013 et celles à fin 2016 s'expliquent par :

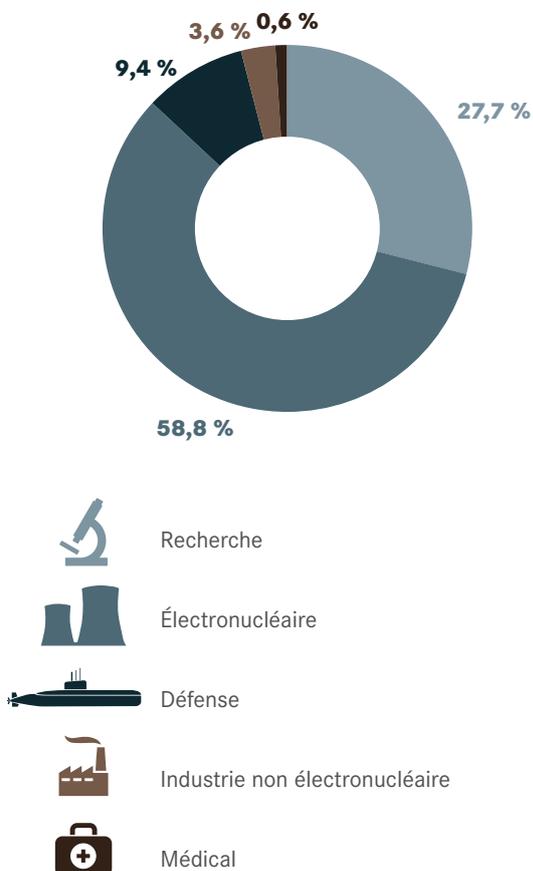
- la production courante de déchets ;
- la prise en compte d'un nouveau scénario de conditionnement pour les déchets FA-VL d'Orano (ex Areva) à La Hague, en cohérence avec les études déchets transmises à l'ASN. Cette évolution ne correspond toutefois pas à une diminution de la quantité de déchets radioactifs ;
- suite à la préconisation du groupe de travail sur les déchets sans filière de ne plus déclarer les déchets amiantés dans la catégorie DSF, les déchets amiantés sont déclarés dorénavant en grande partie dans la catégorie TFA ;
- l'identification d'une filière de gestion pour une partie des déchets sans filière, orientés vers les catégories TFA et FMA-VC.

► BILAN DES VOLUMES (m³) DE DÉCHETS PRÉSENTS SUR LES SITES DES PRODUCTEURS/DÉTENTEURS ET STOCKÉS DANS LES CENTRES DE L'ANDRA À FIN 2016

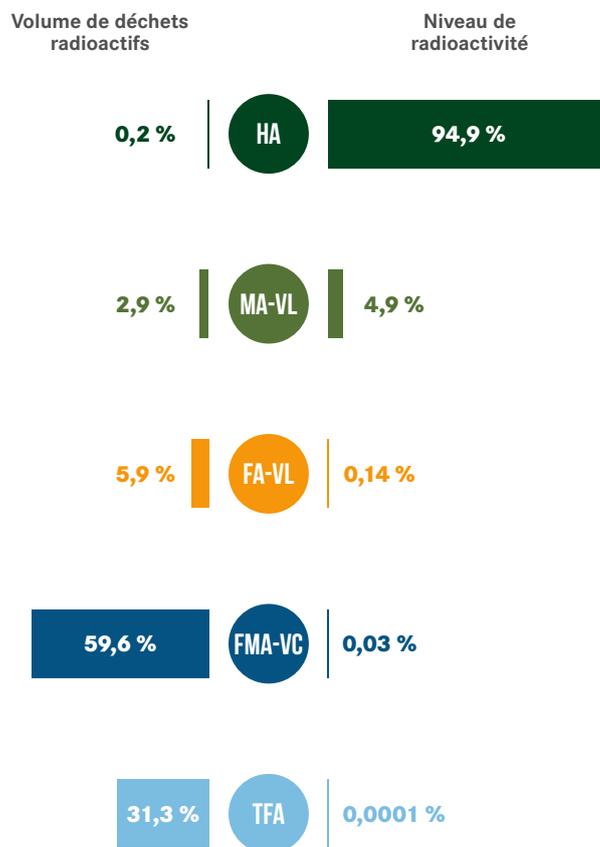
Catégories de déchets radioactifs	Total	Sur sites producteurs/détenteurs	Stockés dans les centres de l'Andra	Capacité des stockages existants
HA	3 650	3 650	0 ¹	0 ¹
MA-VL	45 000	45 000	0 ¹	0 ¹
FA-VL	90 500	90 500	0 ¹	0 ¹
FMA-VC	917 000	74 100	843 000	1 530 000
TFA	482 000	154 000	328 000	650 000
DSF	1 800	1 800	-	-

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

► 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 2016



► RÉPARTITION DU VOLUME ET DES NIVEAUX DE RADIOACTIVITÉ DES STOCKS DE DÉCHETS À FIN 2016



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 (m³) DE DÉCHETS À VIE TRÈS COURTE GÉRÉS EN DÉCROISSANCE

	À fin 2016	Écart 2016/2013
VTC	1 950	- 200

La quantité de déchets à vie très courte est quasiment stable par rapport à 2013. Ces volumes ne sont pas comptabilisés dans les bilans.

LE CAS SPÉCIFIQUE DES DÉCHETS DE MALVÉSI

Les résidus de traitement de conversion de l'uranium (RTCU) de l'usine d'Orano (ex Areva) 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 2019, ne seront plus considérés comme assimilables aux RTCU historiques et devront, après traitement et conditionnement, être intégrés aux filières de gestion TFA et FA-VL.

► BILAN ET PRÉVISIONS DES VOLUMES DE RÉSIDUS DE TRAITEMENT DE CONVERSION DE L'URANIUM ENTREPOSÉS SUR LE SITE DE MALVÉSI (m³)

	À fin 2016	À fin 2030	À fin 2040
Bassins de décantation	70 400	0	0
RTCU historiques	282 000	310 000	310 000
RTCU FA-VL	0	24 000	40 000
Effluents nitrés	374 000	200 000	110 000

Ces volumes ne sont pas comptabilisés dans les bilans et les prévisions.

Les évolutions des quantités s'expliquent par :

- une vidange des boues des bassins de décantation et une recatégorisation de ces boues après traitement en RTCU historiques et RTCU FA-VL ;
- la production de RTCU FA-VL ;
- le traitement thermique à partir de 2020 des effluents nitrés entraînant une réduction de leur volume et la production de déchets TFA (non pris en compte ici mais pris en compte dans les prévisions de déchets TFA).

LES DÉCHETS 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).



L'usine de Solvay a produit des résidus provenant du traitement de matériaux naturels très légèrement radioactifs. Ils ont été utilisés comme remblai sur le port de La Pallice à La Rochelle.

- **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.

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.

4

LES INVENTAIRES PROSPECTIFS

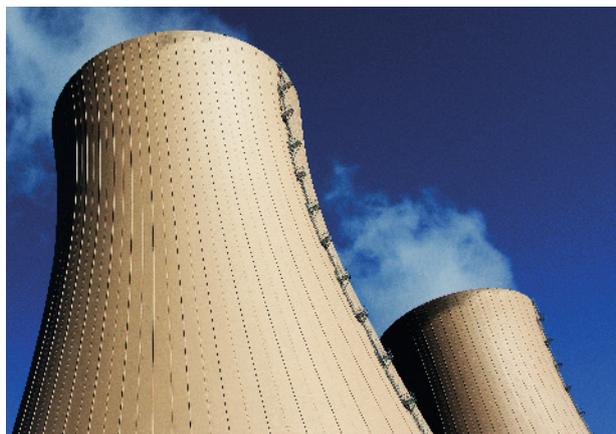
L'objectif des inventaires prospectifs est de donner une estimation des quantités de matières et de déchets radioactifs à différentes échéances de temps selon plusieurs scénarios. Ils visent à présenter les impacts sur les quantités de matières et de déchets radioactifs de différentes stratégies ou évolutions 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.

Aujourd'hui 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 comptabilisés¹.

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.

¹ Les estimations de quantités de matières et déchets qui seraient produits par un nouveau parc électronucléaire font actuellement 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 actuellement 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 aujourd'hui 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 1 650 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 dont le projet français de démonstrateur industriel, nommé ASTRID, est en phase d'avant-projet. 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.

RETRAITEMENT 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 (ex Areva) 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 consiste 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 (m³)

Déchets radioactifs à terminaison, en m ³	
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 (m³)

Déchets radioactifs à terminaison, en m ³	
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 ³		
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 ¹	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 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 ³		
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 ¹	17
	Uranium naturel enrichi, sous toutes ses formes physico-chimiques ¹	7
	Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques ²	400 000
Uranium issu du retraitement des combustibles usés	Uranium issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques ²	34 000
Combustible à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires (UNE, URE)	Combustibles usés	25 000
Combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires (MOX, RNR)	Combustibles usés	3 300
	Rebuts de combustibles non irradiés	290
Combustibles des réacteurs de recherche	Autres combustibles usés civils	54
	Plutonium séparé non irradié, sous toutes ses formes physico-chimiques ¹	2
	Autres matières	70

A 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.

1 Ces matières sont éventuellement valorisables, dans le parc actuel, avant son arrêt.

2 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 ¹	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 ³	10 000 m ³	9 400 m ³	4 200 m ³
MA-VL	72 000 m ³	72 000 m ³	70 000 m ³	61 000 m ³	
FA-VL	Déchets ^{2,3}	190 000 m ³	190 000 m ³	190 000 m ³	190 000 m ³
	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 ³	1 900 000 m ³	2 000 000 m ³	1 800 000 m ³	
TFA ⁴	2 300 000 m ³	2 200 000 m ³	2 300 000 m ³	2 100 000 m ³	

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 seront produits à partir de 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 Malvézi.

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, 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.

FA-VL

- la quantité de déchets à terminaison est indépendante des scénarios ;
- 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 ;
- 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. Une augmentation de la durée de fonctionnement entraîne une augmentation de la quantité de déchets de fonctionnement produits.

ESTIMATION DES QUANTITÉS DE MATIÈRES ET DÉCHETS À DES DATES INTERMÉDIAIRES

La réglementation impose aux détenteurs d'estimer les quantités de matières et déchets radioactifs à des dates spécifiques. Pour les deux premiers scénarios de renouvellement, ces estimations sont réalisées aux dates suivantes : fin 2030 et fin 2040 pour le scénario SR1 ; fin 2020 et fin 2030 pour le scénario SR2.

ESTIMATION DES QUANTITÉS DE DÉCHETS FRANÇAIS À DES DATES INTERMÉDIAIRES POUR LES SCÉNARIOS SR1 ET SR2 (m³)

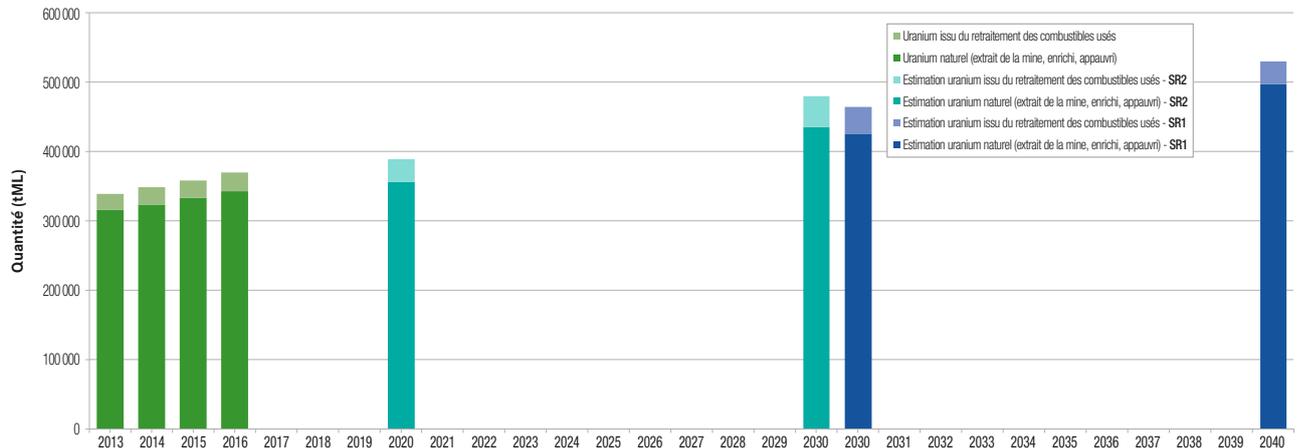


Les évolutions dans le temps s'expliquent par :

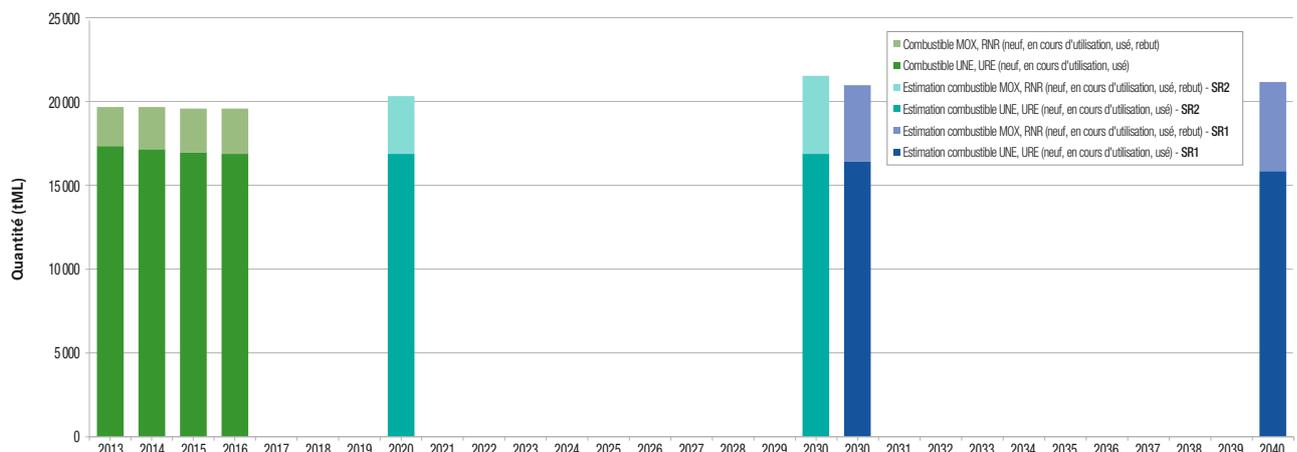
- la production courante de déchets HA, MA-VL, FMA-VC et TFA selon des hypothèses de durée de fonctionnement différentes ;
- pour les déchets MA-VL, la réévaluation des prévisions de déchets dans le scénario SR1 en raison de la prise en compte du retour d'expérience et de nouveaux objectifs industriels ;
- un décalage du démantèlement des caissons réacteurs UNGG pour le scénario SR1 et donc une production de déchets FA-VL graphite retardée ;
- un décalage de la production des déchets TFA.

► ESTIMATION DES QUANTITÉS DE MATIÈRES FRANÇAISES À DES DATES INTERMÉDIAIRES POUR LES SCÉNARIOS SR1 ET SR2

Uranium naturel (extrait de la mine, enrichi, appauvri) et uranium issu du retraitement des combustibles usés (URT)



Combustible à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires (UNE, URE) et à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires (MOX, RNR) neufs, en cours d'utilisation et usés, rebuts¹



Les évolutions dans le temps sont expliquées ci-après :

- l'augmentation de la quantité d'uranium naturel est principalement due à la production d'uranium appauvri issu de l'enrichissement de l'uranium naturel, mais ne présage pas de la valorisation effective de l'uranium appauvri sur cette période ;
- pour le scénario SR1, la diminution de la quantité d'uranium issu du retraitement des combustibles usés (URT) est due à son recyclage dans les combustibles à base d'oxyde d'uranium (URE) ;
- la stabilité de la quantité de combustibles à base d'oxyde d'uranium (UNE, URE) des réacteurs électronucléaires est liée au retraitement des URE ;
- l'augmentation de la quantité de combustibles mixtes à base d'oxyde d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires est due à l'augmentation du stock de combustibles MOX en attente d'une valorisation ultérieure.

¹ Le deuxième cœur de Superphénix, n'est pas pris en compte ici.



Où sont-ils ?

Combien
y en aura-t-il
demain ?

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

Toutes les données sur les matières
et déchets radioactifs sont sur
inventaire.andra.fr