Inventaire national des matières et déchets radioactifs

LE POINT SUR 2015





ANDRA

Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE

ÉDITORIAL



FRANÇOIS-MICHEL GONNOT

PRÉSIDENT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'ANDRA



PIERRE-MARIE ABADIE

DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'ANDRA

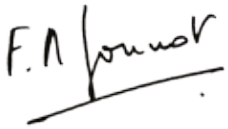
Dès le début des années 1990, l'Etat français a créé l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) et l'a chargée de trouver et de concevoir des solutions de gestion sûres pour gérer l'ensemble des déchets radioactifs français afin de protéger les générations présentes et futures.
Pour cela, l'Andra est notamment chargée de recenser annuellement l'ensemble des matières et des déchets radioactifs présents sur le territoire afin de disposer d'une vision aussi complète et exhaustive que possible de leur nature, de leur quantité et de leur localisation. Au titre de cette mission d'intérêt général confiée par la loi du 28 juin 2006, l'Andra met à jour et publie ces informations tous les trois ans sous la forme de l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs*.

Véritable outil de référence dans la gestion des déchets radioactifs cet inventaire permet de garantir une gestion maîtrisée des déchets français produits et à venir. Dans un souci de transparence, l'Andra a institué un comité de pilotage pluraliste pour suivre la préparation de l'*Inventaire national*. Présidé par le directeur général de l'Andra, ce comité de pilotage comprend des représentants des acteurs institutionnels (Ministères, Autorité de sûreté nucléaire, Haut comité à la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire...), des producteurs de déchets, des représentants de la société civile et des associations de protection de l'environnement.

L'édition 2015 de l'*Inventaire national* présente les déchets radioactifs existants en France au 31 décembre 2013, ainsi que des prévisions sur les quantités de déchets attendues d'ici 2020, 2030 et à la fin de vie des installations. Un exercice prospectif est également réalisé suivant deux scénarios contrastés sur le devenir des installations nucléaires et sur la politique énergétique de la France à long terme. Il présente également les matières radioactives entreposées dans la perspective d'une valorisation.

L'Andra a souhaité, pour l'édition 2015 de l'*Inventaire national*, rendre les données accessibles au plus grand nombre. Un site internet dédié www.inventaire.andra.fr a été lancé. Ce nouveau site a vocation à être mis à jour chaque année et préfigure la future mise en œuvre d'une politique de données ouvertes (Open data) autour des données de l'*Inventaire national*.

Nous vous souhaitons une bonne lecture de cette cinquième édition.





François-Michel Gonnot — Pierre-Marie Abadie

L'INVENTAIRE 2015 C'EST AUSSI...

Ce document constitue la version grand public de l'*Inventaire national*.
L'*Inventaire national* est également constitué de documents techniques présentant l'ensemble des informations sur les matières et les déchets radioactifs présents en France à fin 2013 :

Les **essentiels**

Présentation des chiffres globaux de l'*Inventaire national* 2015 pour alimenter le PNGMDR (Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs) mis à jour tous les 3 ans.

Le rapport **de synthèse**

Présentation détaillée de l'ensemble des matières et déchets radioactifs français existants et futurs sur le territoire français.

Le catalogue **des familles**

Présentation de l'ensemble des déchets radioactifs regroupés par famille ; une famille regroupe des déchets présentant des caractéristiques semblables.

L'inventaire **géographique**

Localisation des déchets radioactifs sur le territoire français.



Retrouvez l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* en ligne sur :
WWW.INVENTAIRE.ANDRA.FR

SOMMAIRE

CHAPITRE 1

QU'APPELLE-T-ON MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS ? | 7

Introduction | 8
Déchets de très faible activité (TFA) | 10
Déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) | 11
Déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) | 12
Déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) | 13
Déchets de haute activité (HA) | 14
Déchets liés au radium | 15
Matières valorisables | 16

CHAPITRE 2

QUELS SONT LES VOLUMES EXISTANTS ET PRÉVUS ? | 19

Déchets radioactifs déjà produits | 20
Quantités prévisionnelles des stocks de déchets radioactifs | 21
Déchets de démantèlement | 22
Inventaire prospectif des déchets radioactifs | 24
Matières radioactives déjà produites et prévisions de stocks | 25

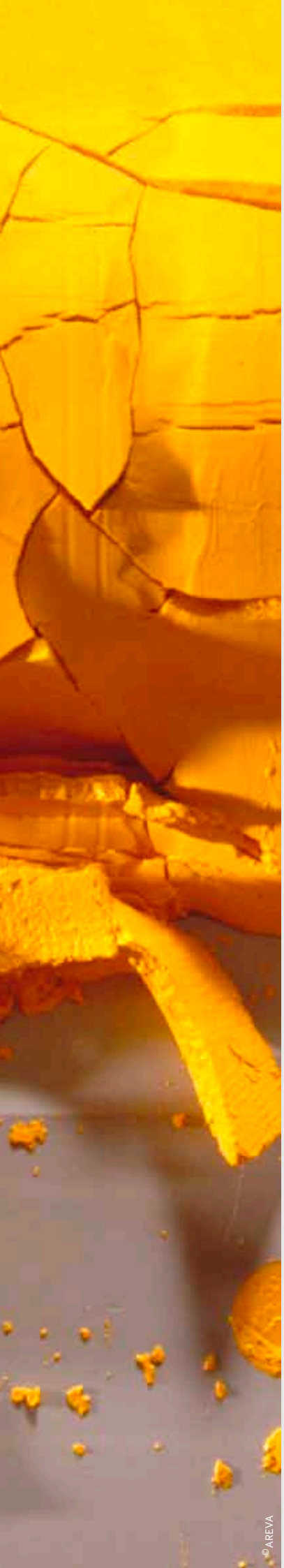
CHAPITRE 3

QUE FAIT-ON DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS ? | 27

Modes de gestion actuels des matières et déchets radioactifs produits par le secteur électronucléaire | 28
Principaux centres producteurs de déchets radioactifs | 29
Traitement et conditionnement des colis | 30
Transport | 31
Stockage des déchets radioactifs TFA et FMA-VC | 32
Projets de stockage pour les déchets HA, MA-VL et FA-VL | 34
Modes de gestion historiques | 36

GLOSSAIRE & ABRÉVIATIONS | 37





CHAPITRE 1

QU'APPELLE-T-ON MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS ?

Introduction | 8

Déchets de très faible activité (TFA) | 10

Déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) | 11

Déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) | 12

Déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) | 13

Déchets de haute activité (HA) | 14

Déchets liés au radium | 15

Matières valorisables | 16

1. INTRODUCTION

De nombreux secteurs économiques utilisent les propriétés de la radioactivité, qu'elle soit d'origine naturelle ou artificielle. Ces utilisations de la radioactivité produisent des déchets ou des matières dont certains sont radioactifs. La grande majorité d'entre eux ressemble à des déchets classiques : outils, vêtements, plastiques, ferrailles, gravats... Cependant, leur radioactivité présente un risque pour la santé. Ils doivent donc faire l'objet d'une prise en charge particulière.

LA RADIOACTIVITÉ EST UTILISÉE PRINCIPALEMENT DANS CINQ SECTEURS ÉCONOMIQUES



Le secteur **électronucléaire**

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



Le secteur **recherche**

qui comprend la recherche dans le domaine du nucléaire civil, les laboratoires de recherche médicale, de physique nucléaire et des particules, d'agronomie, de chimie, de biologie...



Le secteur **défense**

qui concerne principalement les activités liées aux armées et à la force de dissuasion, dont la propulsion nucléaire de certains navires ou sous-marins, ainsi que les activités de recherche associées.



Le secteur **industriel non électronucléaire**

qui comprend notamment l'extraction de terres rares, la fabrication de sources scellées mais aussi diverses applications comme le contrôle de soudure, la stérilisation de matériel médical, la stérilisation et la conservation de produits alimentaires...



Le secteur **médical**

qui comprend les activités diagnostiques et thérapeutiques (scintigraphie, radiothérapie...).

DES DÉCHETS TRÈS VARIÉS

Les déchets radioactifs sont des substances pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée. Ils contiennent tous un mélange de radionucléides (césium, uranium, iode, cobalt, radium, tritium...). La nature de ces radionucléides détermine le niveau et la durée de vie radioactive des déchets.

Pour faciliter leur gestion, les déchets radioactifs sont classés selon divers critères, notamment :

- leur niveau de radioactivité, exprimé en becquerel (Bq) par gramme ; également appelé activité. Le niveau de radioactivité des déchets peut être très faible, faible, moyen ou haut ;

- leur durée de vie, déterminée par la période radioactive propre à chaque radionucléide qu'ils contiennent ; par simplification, on appelle déchets à vie courte, les déchets dont la radioactivité provient principalement de radionucléides à vie courte (période ≤ 31 ans), et déchets à vie longue, ceux qui contiennent une quantité importante de radionucléides à vie longue (au-delà de 31 ans et sur des périodes pouvant atteindre des centaines de milliers d'années).

Il existe 5 catégories de déchets radioactifs :
- les déchets de très faible activité (TFA),
- les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC),
- les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL),
- les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL),
- les déchets de haute activité (HA).

DES DÉCHETS À VIE TRÈS COURTE

Certains déchets, principalement issus de la radioactivité utilisée à des fins de diagnostiques ou thérapeutiques dans le milieu hospitalier, contiennent des radionucléides à vie très courte. Leur période radioactive est inférieure à 100 jours. De ce fait, ils sont entreposés sur les lieux de production le temps nécessaire à la disparition de la radioactivité (de quelques jours à quelques mois). Ils sont ensuite évacués dans des filières de gestion de déchets classiques.



Mesure de la radioactivité d'un morceau de minerai d'uranium

MATIÈRES OU DÉCHETS ?

À la différence des déchets radioactifs, les matières radioactives sont des substances pour lesquelles une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, parfois après traitement.

La plupart des matières est générée par le cycle du combustible nucléaire (*voir page 28*). Il s'agit pour l'essentiel d'uranium (naturel, enrichi ou appauvri), de combustibles (neufs, en cours d'utilisation ou usés), d'uranium et de plutonium séparés par traitement des combustibles usés et de matières valorisables issues d'autres industries que l'industrie électronucléaire (principalement des matières contenant du thorium).

Seuls les déchets radioactifs sont destinés à être stockés par l'Andra. Cependant, les matières radioactives sont répertoriées dans l'*Inventaire national* car elles pourraient, faute de réutilisation, relever à terme de la catégorie des déchets.

DÉFINITION : RADIOACTIVITÉ

Phénomène naturel découvert par l'Homme à la fin du 19e siècle, la radioactivité provient de certains atomes instables, appelés radionucléides, qui se désintègrent en émettant des rayonnements.

La radioactivité d'un élément diminue naturellement avec le temps, plus ou moins rapidement en fonction de la nature des radionucléides. On appelle période radioactive, la durée nécessaire pour que la quantité de radionucléides soit divisée par deux : 8 jours pour l'iode 131, 13 ans pour le tritium, 31 ans pour le césium 137, 1 600 ans pour le radium 226 ou encore 5 700 ans pour le carbone 14... Par exemple, si l'on considère un échantillon de 1 gramme de césium 137, il ne restera que 0,5 gramme au bout de 31 ans. Cet échantillon sera donc deux fois moins radioactif.

2. DÉCHETS DE TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ (TFA)

Les déchets de très faible activité proviennent essentiellement du fonctionnement et du démantèlement des installations nucléaires, mais aussi d'industries classiques utilisant des matériaux naturellement radioactifs (chimie, métallurgie, production d'énergie...). Certains déchets TFA sont issus de l'assainissement et de la réhabilitation d'anciens sites pollués par la radioactivité. Ils se présentent généralement sous la forme de déchets inertes (béton, gravats, terres...) ou de déchets métalliques.

Dans les prochaines années, une grande partie des déchets TFA proviendra du démantèlement des centrales nucléaires actuellement en fonctionnement ou des usines du cycle du combustible nucléaire et des centres de recherche.

Fin 2013, environ **250 000 m³** de déchets TFA sont déjà stockés.

VOLUMES ET PRÉVISIONS DES DÉCHETS TFA

2013	2020	2030
440 000	650 000	1 100 000

m³ équivalent conditionné

QU'EN FAIT-ON ?

Depuis 2003, les déchets TFA sont stockés au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires), exploité par l'Andra dans le département de l'Aube. Il s'agit du premier centre de stockage au monde a avoir été créé pour ce type de déchets. Entre 20 000 et 30 000 m³ y sont stockés chaque année *(voir page 33)*.

Préalablement à leur stockage, les déchets TFA sont conditionnés en fonction de leur nature, soit dans des « big-bags », ce qui facilite leur manutention, soit dans des casiers métalliques.

Certains de ces déchets peuvent faire l'objet d'un traitement spécifique :
- compactage pour les déchets plastiques et métalliques, afin d'en réduire le volume ;
- solidification puis stabilisation pour les déchets liquides (eaux polluées, boues...).

Fin 2013, les déchets TFA représentent 440 000 m³ soit :

- 30 % du volume total des déchets radioactifs français déjà produits* ;
- moins de 0.000 004 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français ;
- leur niveau de radioactivité est en général inférieur à 100 becquerels par gramme. Ils contiennent des radionucléides à vie courte ou longue.

** Déchets produits destinés à être pris en charge par l'Andra.*



Stockage de déchets métalliques TFA dans une alvéole du Cires

UNE EXCEPTION FRANÇAISE ET ESPAGNOLE

Du fait du très faible niveau de radioactivité de ces déchets, la plupart des pays les considère comme des déchets « conventionnels. » La France, suivie par l'Espagne, a décidé de les prendre en charge dans un centre dédié.

3. DÉCHETS DE FAIBLE ET MOYENNE ACTIVITÉ À VIE COURTE (FMA-VC)

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte sont principalement des déchets liés à la maintenance (vêtements, outils, gants, filtres…) et au fonctionnement (traitements d'effluents liquides ou filtration des effluents gazeux) des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible et des centres de recherche.

Ces déchets proviennent également de laboratoires de recherche, d'hôpitaux, d'universités…, ou d'opérations d'assainissement et de démantèlement.

Fin 2013, environ **810 000 m³** de déchets FMA-VC sont déjà stockés sur le Centre de stockage de la Manche (CSM) et le Centre de stockage de l'Aube (CSA).

VOLUMES ET PRÉVISIONS DES DÉCHETS FMA-VC

2013	2020	2030
880 000	1 000 000	1 200 000

m³ équivalent conditionné

QU'EN FAIT-ON ?

Après avoir été stockés au Centre de stockage de la Manche, aujourd'hui fermé et surveillé par l'Andra, les déchets FMA-VC sont accueillis depuis 1992 au Centre de stockage de l'Aube (CSA) situé dans le département de l'Aube. Ce site, exploité par l'Andra, accueille environ 10 000 m³ de déchets chaque année.

Préalablement à leur stockage, les déchets de faible activité font pour la plupart l'objet d'un traitement par compactage visant à réduire leur volume. Ils sont ensuite conditionnés dans des conteneurs métalliques ou béton.
Un colis de déchets FMA-VC est composé de 15 à 20 % de déchets radioactifs et de 80 à 85 % d'enrobage.

UNE FILIÈRE OPÉRATIONNELLE DEPUIS 40 ANS

Les déchets FMA-VC représentent plus de 60 % des déchets radioactifs produits aujourd'hui en France (hors déchets ayant fait l'objet de modes de gestion historiques). Ils sont les premiers à avoir bénéficié d'un centre de stockage dédié, géré par l'Andra, le Centre de stockage de la Manche (CSM), ouvert il y a plus de 40 ans.



Stockage de colis de déchets FMA dans une alvéole du CSA

Fin 2013, les déchets FMA-VC représentent 880 000 m³ soit :

- **60 %** du volume total des déchets radioactifs français déjà produits* ;
- **0.02 %** de la radioactivité totale des déchets radioactifs français ;
- leur niveau de radioactivité se situe en général entre quelques **100** aines de becquerels et **1** million de becquerels par gramme. Les déchets FMA-VC contiennent surtout des radionucléides à vie courte (tels que le cobalt 60 ou le césium 137) et peuvent contenir des radionucléides à vie longue en quantité limitée.

** Déchets produits destinés à être pris en charge par l'Andra.*

4. DÉCHETS DE FAIBLE ACTIVITÉ À VIE LONGUE (FA-VL)

Les déchets FA-VL regroupent principalement trois types de déchets :

- Les déchets de graphite proviennent de l'exploitation et du démantèlement des premières centrales nucléaires (réacteurs UNGG : uranium naturel graphite gaz) et de certains réacteurs expérimentaux aujourd'hui arrêtés. Ce type de déchets présente un niveau de radioactivité se situant entre 10 000 et 100 000 becquerels par gramme. L'activité des déchets de graphite est principalement due au nickel 63, au tritium et au cobalt 60.

- Les déchets radifères proviennent en majorité d'activités industrielles non nucléaires comme certains travaux de recherche et de traitement de minéraux contenant des terres rares. D'autres déchets radifères peuvent également provenir de l'assainissement de sites historiquement pollués au radium, dont l'Andra assure la mise en sécurité au titre de sa mission d'intérêt général. Le niveau de radioactivité de ces déchets est en général compris entre quelques dizaines et quelques milliers de becquerels par gramme.

- d'autres types de déchets FA-VL, notamment des sources scellées usagées (paratonnerres, détecteurs d'incendie...), certains fûts de boues bitumées anciens, ou des objets radioactifs anciens que l'on trouve chez les particuliers (montres au radium, aiguilles au radium...).

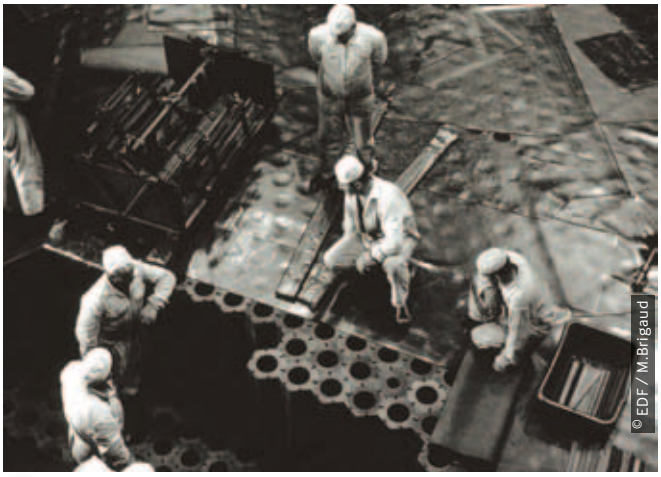
VOLUMES ET PRÉVISIONS DES DÉCHETS FA-VL

2013	2020	2030
91 000	92 000	120 000

m^3 équivalent conditionné

QU'EN FAIT-ON ?

Les déchets FA-VL sont actuellement entreposés sur leur lieu de production ou au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube (Cires) (pour certains déchets non électronucléaires) en attente d'une solution de gestion. L'Andra a la charge de mener les recherches et les études afin de permettre la mise au point de solutions de stockage pour ce type de déchets *(voir page 34)*.



Empilement de briques de graphite lors de la construction de la centrale de Chinon

Fin 2013, les déchets FA-VL représentent 91 000 m^3 soit :

- 6 % du volume total des déchets radioactifs français déjà produits* ;
- 0.01 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français.

** Déchets produits destinés à être pris en charge par l'Andra.*

5. DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE (MA-VL)

Les centrales nucléaires fonctionnent grâce à des combustibles composés, pour la plupart, d'uranium. Après quelques années au coeur des réacteurs, ces combustibles deviennent moins performants. Ils sont alors traités à l'usine AREVA NC de La Hague (Manche).
Les structures métalliques entourant ces combustibles sont cisaillées en petits tronçons afin de les séparer des matières et des résidus qu'elles contiennent. Ces débris métalliques (coques et embouts) constituent une part importante des déchets MA-VL.
Les déchets MA-VL peuvent également provenir des procédés de traitement des combustibles usés. Il peut aussi s'agir de composants (hors combustible) ayant séjourné dans les réacteurs nucléaires ou de déchets issus d'opérations de maintenance et de démantèlement d'installations nucléaires, d'ateliers, de laboratoires...

VOLUMES ET PRÉVISIONS DES DÉCHETS MA-VL

2013	2020	2030
44 000	48 000	53 000

m^3 équivalent conditionné

Fin 2013, les déchets MA-VL représentent 44 000 m^3 soit :

- 3 % du volume total des déchets radioactifs sur le territoire français déjà produits ;
- 2 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français ;
- les déchets MA-VL contiennent des quantités importantes de radionucléides à vie longue. Leur niveau de radioactivité se situe en général entre 1 million et 1 milliard de becquerels par gramme.

QU'EN FAIT-ON ?

Afin de réduire leur volume, une part importante des déchets MA-VL est compactée sous forme de galettes qui sont ensuite introduites dans des colis en béton ou en métal. D'autres modes de conditionnement peuvent être réalisés en fonction de la nature de ces déchets : cimentation, bitumage, vitrification...

Le niveau de radioactivité élevé et la durée de vie des déchets MA-VL rend nécessaire le stockage en profondeur. L'Andra est chargée de mener les études et recherches pour concevoir le centre de stockage réversible à 500 m de profondeur destiné à accueillir ces déchets : le projet Cigéo. En attendant la création de Cigéo, les déchets sont entreposés, le plus souvent sur les sites où les colis sont produits.



Débris métalliques issus des sructures entourant les combustibles usés (coques)

6. DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ (HA)

Les déchets HA proviennent pour l'essentiel du traitement des combustibles utilisés dans les centrales nucléaires. Lors de ce traitement, les combustibles usés sont dissous dans une solution chimique afin de séparer l'uranium et le plutonium des résidus non réutilisables. Ces résidus, hautement radioactifs, constituent les déchets de haute activité. Ils représentent environ 4 % du combustible usé.
Ils sont composés de produits de fission (comme le césium 134 et 137 ou le strontium 90), de produits d'activation (comme le cobalt 60) et d' actinides mineurs (comme le curium 244 ou l'américium 241).
Ils concentrent la majeure partie de la radioactivité provenant des déchets radioactifs produits en France.

VOLUMES ET PRÉVISIONS DES DÉCHETS HA

2013	2020	2030
3 200	4 100	5 500

m^3 équivalent conditionné

Fin 2013, les déchets HA représentent 3 200 m^3 soit :

- 0,2 % du volume total des déchets radioactifs français déjà produits* ;
- 98 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français ;
- leur niveau de radioactivité est de plusieurs milliards à plusieurs 10aines de milliards de becquerels par gramme. Ils contiennent différents radionucléides à vie courte ou à vie longue, dont certains ont des durées de vie très longues, comme le neptunium 237 (environ 2 millions d'années).

* *Déchets produits destinés à être pris en charge par l'Andra.*

QU'EN FAIT-ON ?

Après avoir été séparés de l'uranium et du plutonium, les déchets HA sont incorporés dans une matrice de verre, dont la capacité de confinement est particulièrement élevée et durable. Le mélange est ensuite coulé dans un fût en inox. Un colis contient environ 400 kg de verre pour environ 70 kg de déchets.

Le niveau de radioactivité et la durée de vie des déchets HA rend nécessaire leur stockage en profondeur. L'Andra est chargée de mener les études et recherches pour concevoir le centre de stockage reversible, à 500 m de profondeur destiné à accueillir ces déchets : le projet Cigéo. En attendant la création de Cigéo, les déchets sont entreposés, le plus souvent, sur les sites où les colis sont produits.

LES COMBUSTIBLES USÉS SONT-ILS DES DÉCHETS ?

Dans certains pays, les combustibles usés des centrales nucléaires sont considérés comme des déchets et sont stockés directement. En France, il a été décidé de les traiter pour récupérer les matières réutilisables contenues dans ces combustibles (matières) et de ne stocker que la faible part non réutilisable (déchets). Cependant, tous les combustibles usés sont répertoriés dans l'*Inventaire national* afin d'anticiper leur gestion si leur traitement n'était plus envisagé par la France. Des études sont également menées par l'Andra concernant leur éventuel stockage dans Cigéo (Centre industriel de stockage géologique).

7. DÉCHETS LIÉS AU RADIUM

À l'époque de la découverte de la radioactivité, les risques qu'elle présentait étaient encore méconnus. Un engouement très fort est né pour ce phénomène et, durant l'entre-deux guerres, a rapidement donné naissance à une « industrie du radium ». Le radium entrait alors dans la fabrication de nombreux objets du quotidien. Aujourd'hui, certains de ces objets peuvent se retrouver chez les particuliers, dans des collections ou parfois oubliés dans des greniers. L'Andra les collecte et en assure la gestion. Les anciens sites de fabrication de ces objets peuvent aussi présenter une pollution au radium. Leur recensement permet d'entreprendre des travaux d'assainissement.

LES SITES POLLUÉS PAR LA RADIOACTIVITÉ

Un site pollué par la radioactivité est un site sur lequel des substances radioactives ont été manipulées ou entreposées de manière incontrôlée, entraînant une dispersion de ces substances et présentant un risque potentiel pour la santé et l'environnement en fonction de l'usage qui est fait de ce site.
La plupart des sites pollués en France sont liés à des activités du passé : extraction du radium pour la médecine ou la parapharmacie, fabrication et application de peintures pour la vision nocturne, exploitation de minerais...
Après-guerre, la mémoire de certains de ces sites a été perdue et certains d'entre eux ont été réaménagés pour d'autres activités ou en logements.
Quelques sites pollués sont liés à des activités plus récentes. Ils sont restés à l'état de friche et mis en sécurité.
L'État a mis en place une démarche permettant d'identifier ces sites pour les réhabiliter. Lorsque le responsable d'un site est défaillant, la réhabilitation est assurée par l'Andra. Le financement est assuré par une subvention de l'État après avis de la Commission nationale des aides dans le domaine radioactif (CNAR) sur l'utilisation de cette subvention et sur la nécessité ou non de dépolluer le site.

Fin 2013,
70 sites pollués
sont recensés en France, la plupart étant réhabilités, en attente ou en cours de réhabilitation.

DES OBJETS RADIOACTIFS CHEZ LES PARTICULIERS

Après sa découverte, le radium a été utilisé pour fabriquer des objets de la vie quotidienne (rouges à lèvres, crèmes de soin, réveils luminescents, fontaines à eau), ainsi que du matériel médical et paramédical (aiguilles au radium...).

La plupart du temps, les propriétaires de ces objets (particuliers, collectionneurs...) ignorent le danger qu'ils présentent. L'Andra prend en charge gratuitement ces objets.

Chaque année, une centaine d'objets radioactifs est collectée par l'Andra.



Ancien atelier contaminé avant assainissement (Usine Orflam à Pargny-sur-Saulx)

8. MATIÈRES VALORISABLES

Les matières radioactives sont des substances pour lesquelles une utilisation est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement.
Les matières radioactives sont constituées pour l'essentiel d'uranium (naturel, enrichi ou appauvri), de combustibles (neufs, en cours d'utilisation ou usés), d'uranium et de plutonium séparés par traitement des combustibles usés et de matières valorisables issues d'autres industries que l'industrie électronucléaire (principalement des matières contenant du thorium).
Elles sont constituées essentiellement de minerais, de sable et de métaux à l'état brut ou ayant subi des transformations physico-chimiques pour les rendre utilisables ou sont issues du traitement des combustibles usés. Ces matières font l'objet d'un recensement dans l'*Inventaire national* car leur réutilisation pourrait produire des déchets radioactifs. Elles pourraient également, à terme, relever de la catégorie des déchets radioactifs si leur valorisation n'était plus envisagée.

À fin 2013, environ **5 000 tML* de combustibles** sont en cours d'utilisation dans les réacteurs électronucléaires

LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE MATIÈRES RADIOACTIVES SONT :

Uranium naturel **extrait de la mine**

L'uranium est un métal radioactif naturellement présent dans certaines roches sous forme de minerai. L'uranium naturel extrait des mines est traité et mis sous la forme d'un concentré solide d'uranium appelé *Yellow Cake*. Aujourd'hui, il ne subsiste aucune mine d'uranium ouverte en France et la totalité de l'uranium naturel utilisé provient de l'étranger.

Uranium **enrichi**

L'uranium enrichi est obtenu en augmentant la concentration en uranium 235 de l'uranium naturel. Il sert à la fabrication de combustibles pour les réacteurs nucléaires.

Uranium **appauvri**

L'uranium appauvri en uranium 235 est un résidu 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.

Uranium issu de combustibles usés **après traitement (URT)**

L'uranium de traitement, récupéré lors du traitement des combustibles usés peut servir à la fabrication de nouveaux combustibles.

Combustibles en cours d'utilisation dans les **centrales nucléaires** et dans les **réacteurs de recherche**

Il existe en permanence des stocks de combustibles en cours d'utilisation dans les centrales nucléaires et dans les réacteurs de recherche.

▶▶

** Tonne de métal lourd : Tonne d'uranium ou de plutonium contenu dans le combustible avant irradiation.*

Combustibles usés **en attente de traitement**

Les combustibles usés sont entreposés dans des piscines de refroidissement avant de subir un traitement permettant la récupération de l'uranium et du plutonium. Certains combustibles usés sont entreposés sans traitement dans l'attente d'une future valorisation.

Plutonium issu des **combustibles usés après traitement**

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 traitement des combustibles usés. Il est ensuite utilisé dans la fabrication de combustibles de type MOX.

Les matières liées au **traitement des terres rares**

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

- Leur traitement concentre un sous-produit, le **thorium**, métal radioactif entreposé dans l'attente d'une éventuelle utilisation.
- Le traitement de ces terres rares est également à l'origine d'effluents chimiques qui sont ensuite traités pour être neutralisés. On récupère alors des **matières en suspension (MES)**, composées à 25 % de résidus de terres rares qui seront réutilisées.

QU'EN FAIT-ON ?

Une partie des matières issues du traitement des combustibles usées est recyclée afin d'en récupérer l'uranium et le plutonium. Les matières sont entreposées dans des installations adaptées à leur caractéristique, dans l'attente de leur utilisation ou réutilisation.

ET SI CES MATIÈRES N'ÉTAIENT PAS RÉUTILISÉES ?

Les détenteurs de ces matières ont l'obligation d'étudier un mode de gestion dans l'hypothèse où elles ne pourraient pas être réutilisées et seraient alors considérées comme des déchets.

LES PROPRIÉTAIRES DES MATIÈRES

Les principaux propriétaires de matières nucléaires sont les suivants :

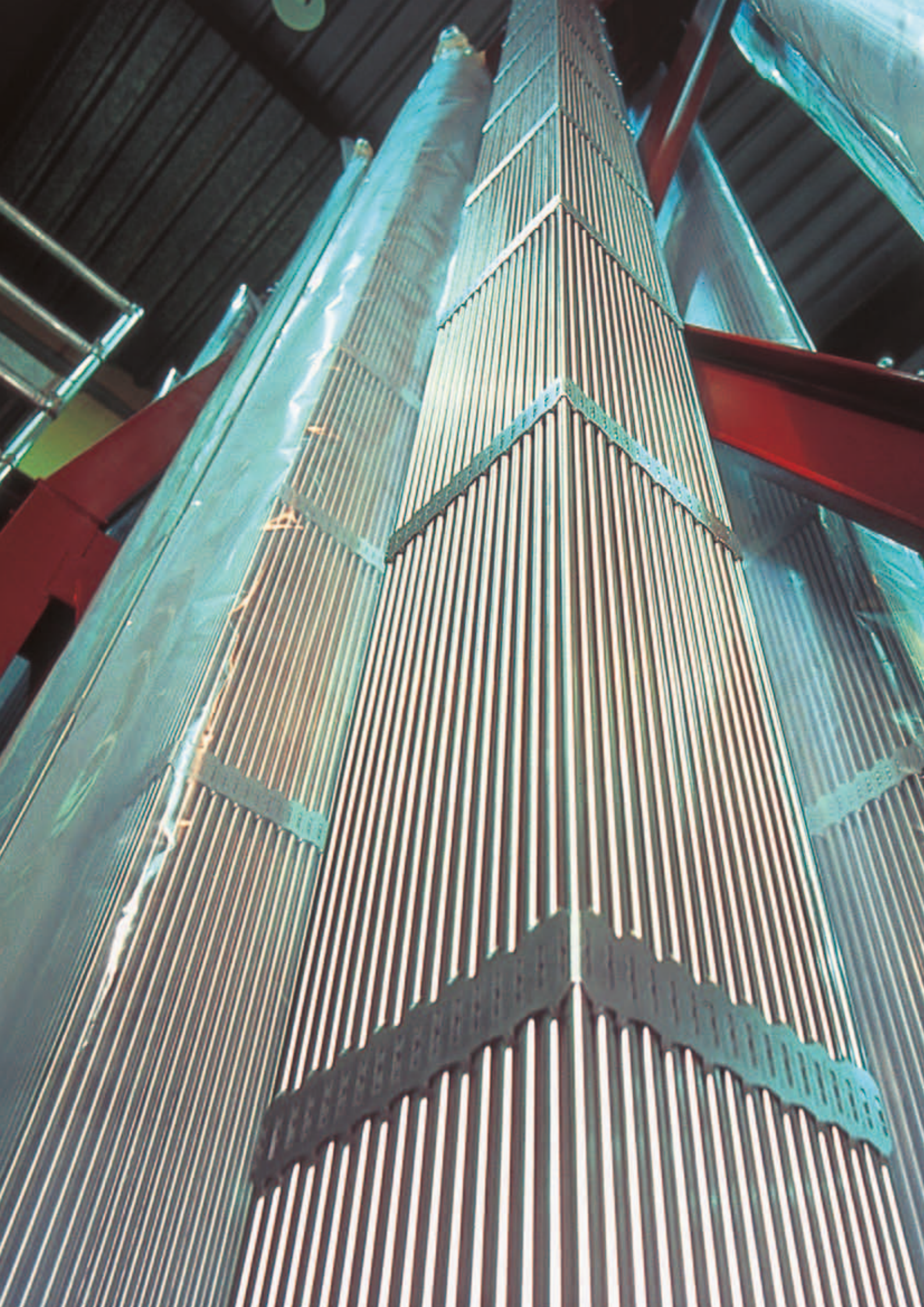
- AREVA intervient sur l'ensemble du cycle du combustible hormis l'utilisation des combustibles nucléaires. Ce cycle passe par l'extraction de l'uranium, sa concentration, sa conversion, son enrichissement, la fabrication de combustible puis le traitement du combustible usé ;
- le CEA utilise le combustible à des fins de recherche ;
- EDF utilise le combustible pour produire de l'électricité ;
- SOLVAY utilise des extraits des terres rares à partir de minerais contenant aussi du thorium ;
- la Défense nationale pour les activités liées à la force de dissuasion, à la propulsion nucléaire de certains navires ou sous-marins et la recherche associées.

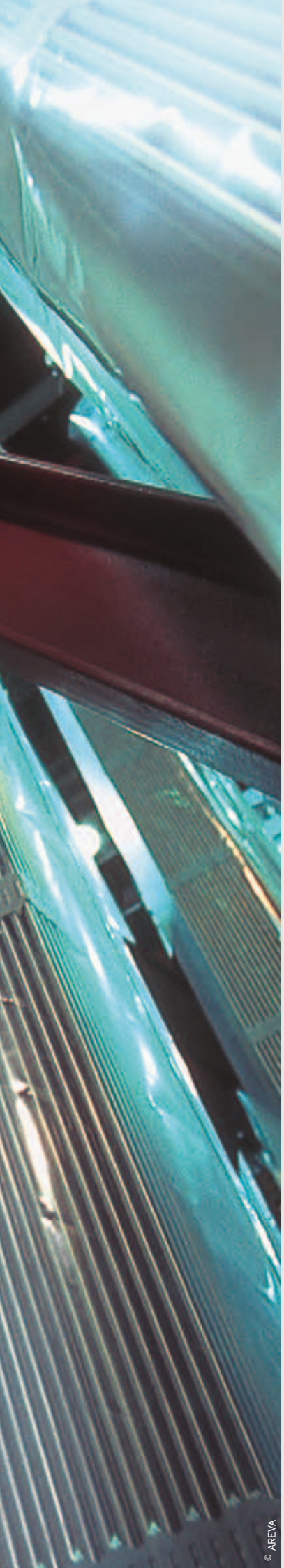
De manière marginale, le secteur médical détient des matières nucléaires (uranium appauvri) utilisées en tant que protection biologique.

Les matières radioactives se répartissent de la manière suivante :

Secteur économique	Quantité (en tML)*
Électronucléaire	360 000
Recherche	300
Industrie non électronucléaire	8 600
Médical	15
Défense	156 t

** Les quantités de matières radioactives ont été arrondies en tonne de métal lourd.*





© AREVA

CHAPITRE 2

QUELS SONT LES VOLUMES EXISTANTS ET PRÉVUS ?

Déchets radioactifs déjà produits | 20

Quantités prévisionnelles des stocks de déchets radioactifs | 21

Déchets de démantèlement | 22

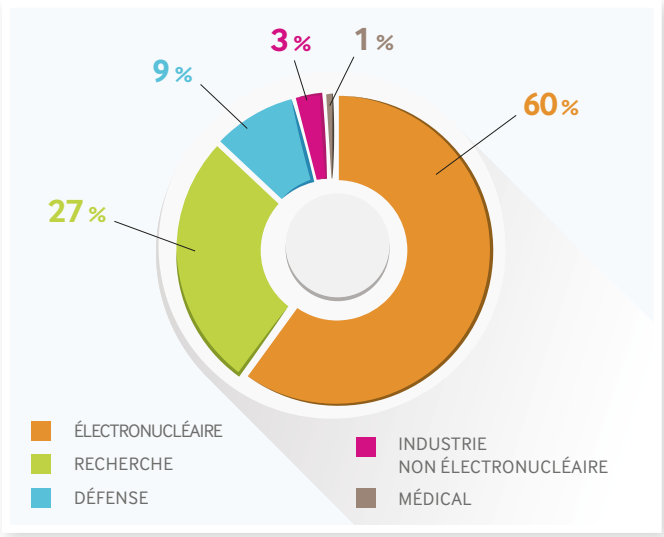
Inventaire prospectif des déchets radioactifs | 24

Matières radioactives déjà produites et prévisions de stocks | 25

1. DÉCHETS RADIOACTIFS DÉJÀ PRODUITS

À la fin de l'année 2013, il existait en France environ 1 460 000 m³ de déchets radioactifs. Les déchets ayant fait l'objet de modes de gestion historiques *(voir page 36)* ne sont pas comptabilisés dans les bilans présentés ici car ils ne sont pas destinés à être pris en charge par l'Andra.

RÉPARTITION DU VOLUME TOTAL DE DÉCHETS PAR SECTEUR ÉCONOMIQUE



VOLUMES DES DÉCHETS EXISTANTS À FIN 2013

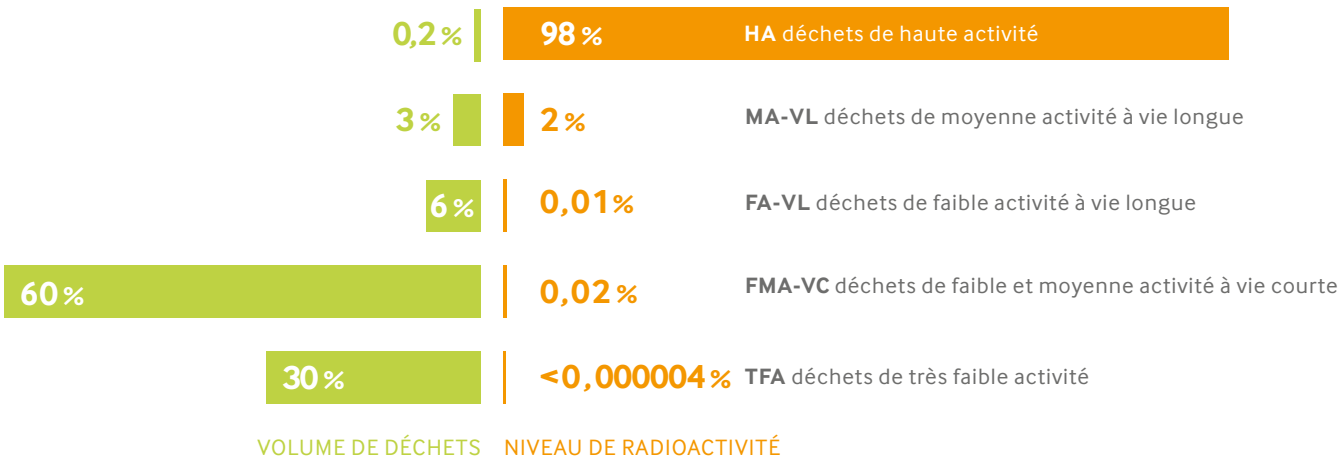
Ces volumes représentent les déchets conditionnés en colis dits « primaires » pouvant être gérés dans les centres de stockage. Un conditionnement complémentaire est parfois nécessaire avant prise en charge, comme dans le cas du stockage profond.

Catégorie	Volume à fin 2013
HA	3 200
MA-VL	44 000
FA-VL	91 000
FMA-VC	880 000
TFA	440 000
DSF*	3 800
Total	**~1 460 000**

m³ équivalent conditionné

** Les déchets sans filière représentent une faible partie (un peu moins de 0,3 %) du volume total des déchets radioactifs qui font actuellement l'objet d'études afin de déterminer la filière de gestion à laquelle ils appartiennent. Ils ne sont pas repris dans le graphique ci-dessous.*

RÉPARTITION DES VOLUMES ET DES NIVEAUX DE RADIOACTIVITÉ DES DÉCHETS EXISTANTS À FIN 2013



ÉVOLUTION DES VOLUMES

Les volumes de déchets radioactifs présentés dans l'édition 2015 (bilan à fin 2013) ont évolué par rapport à ceux présentés dans l'édition 2012 (bilan à fin 2010). Cette évolution est due à la production courante de déchets au cours des trois années séparant les deux éditions de l'*Inventaire national* et également à :

- des modifications des hypothèses de conditionnement envisagé pour certains déchets, se traduisant dans certains cas par une augmentation du volume des colis MA-VL et FA-VL (mais pas de la quantité de déchets radioactifs qu'ils contiennent) ;
- la prise en compte de boues provenant du lavage de certains conteneurs d'uranium utilisés sur le site nucléaire de Pierrelatte, qui entraine une augmentation du volume des déchets FA-VL ;
- une optimisation des traitements et des conditionnements de certains déchets radioactifs ;
- des compléments de caractérisation de certains déchets, ce qui a permis de les réorienter dans une catégorie plus adaptée.

Catégorie	Écart 2013/2010
HA	500
MA-VL	4 000
FA-VL	4 500
FMA-VC	52 000
TFA	77 000
DSF*	200
Total	**~140 000**

m^3 équivalent conditionné

** Les déchets sans filière représentent une faible partie (un peu moins de 0,3 %) du volume total des déchets radioactifs qui font actuellement l'objet d'études afin de déterminer la filière de gestion à laquelle ils appartiennent.*

2. QUANTITÉS PRÉVISIONNELLES DES STOCKS DE DÉCHETS RADIOACTIFS

La réglementation impose aux détenteurs de matières et déchets radioactifs de faire des prévisions de production à fin 2020 et 2030. Depuis 2014, les détenteurs de déchets doivent également fournir des prévisions à terminaison c'est- à-dire en prenant en compte la fin de l'exploitation de leurs installations jusqu'à leur démantèlement, en précisant les hypothèses de durée de fonctionnement et de scénarios de démantèlement qu'ils utilisent pour établir ces prévisions.

Pour le secteur électronucléaire, les hypothèses structurantes retenues sont * :

- **Une durée moyenne de fonctionnement de 50 ans de l'ensemble des réacteurs ;** cette hypothèse reflète les orientations stratégiques d'EDF vis-à-vis de l'allongement de la durée de fonctionnement du parc et ne préjuge ni des décisions prises par l'ASN en matière de sûreté ni des évolutions éventuelles de la politique énergétique française ;
- **Un début de démantèlement des réacteurs et la production de déchets FA-VL graphite prévu à l'horizon 2025.** À noter que le démantèlement des installations du parc dit de première génération est en cours avec la production de déchets à vie courte (FMA-VC et TFA) dont une partie est déjà évacuée vers les centres de stockage de l'Andra ;
- **Le traitement de la totalité des combustibles usés,** correspondant à la politique de gestion actuelle ; ceci suppose par convention un fonctionnement des usines actuelles de traitement du combustible d'une durée suffisante pour assurer ces opérations. Ceci suppose aussi la réutilisation des matières séparées dans le parc électronucléaire actuel ou dans un futur parc ;
- **Un flux de traitement des combustibles usés d'environ un millier de tonnes par an.**

** Les hypothèses structurantes du scénario sont retenues sur la base de la vision stratégique des producteurs en 2013. Ces hypothèses ne présagent pas d'évolutions qui interviendraient dans les années futures en réponse aux orientations stratégiques d'EDF ou aux évolutions réglementaires.*

PRÉVISION DES VOLUMES (m^3) DE DÉCHETS RADIOACTIFS À FIN 2020, À FIN 2030 ET À TERMINAISON SELON LES SCÉNARIOS DES INDUSTRIELS

CATÉGORIE	STOCKS À FIN 2013	PRÉVISIONS À FIN 2020	PRÉVISIONS À FIN 2030	PRÉVISIONS À TERMINAISON
HA	3 200	4 100	5 500	10 000
MA-VL	44 000	48 000	53 000	72 000
FA-VL	91 000	92 000	120 000	180 000
FMA-VC	880 000	1 000 000	1 200 000	1 900 000
TFA	440 000	650 000	1 100 000	2 200 000
TOTAL	~ 1 460 000	~ 1 800 000	~ 2 500 000	~ 4 300 000

3. DÉCHETS DE DÉMANTÈLEMENT

Comme l'industrie électronucléaire est une industrie relativement récente (née au début des années 1960), les principaux chantiers de démantèlement des installations nucléaires du cycle du combustible ainsi que les centrales nucléaires sont à venir, principalement après 2030.

Les déchets induits par les opérations de démantèlement sont de deux types : conventionnels ou radioactifs. Cette distinction résulte de la mise en place sur les installations nucléaires de base d'un découpage en zones, qui prend en compte l'histoire de l'installation et les opérations qui y ont été conduites :

- les déchets issus de zones à déchets conventionnels sont des déchets non radioactifs qui ne sont donc pas gérés par les filières spécifiquement nucléaires ;

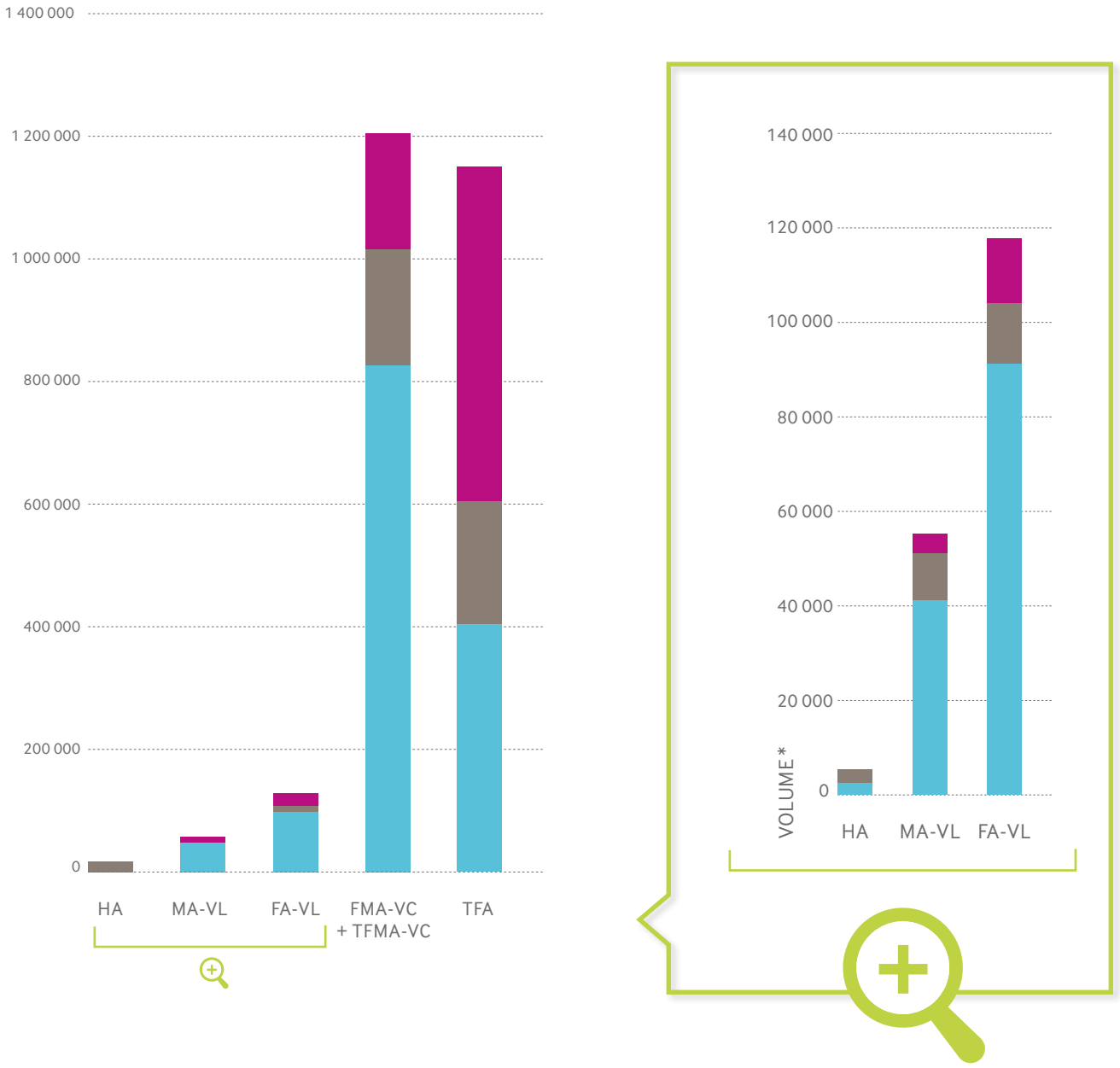
- les déchets issus des zones à production possible de déchets nucléaires sont tous considérés comme radioactifs même si aucune radioactivité n'y est détectée.

DÉCHETS DE DÉMANTÈLEMENT

Le démantèlement d'une centrale nucléaire produit en moyenne 80 % de déchets « conventionnels » notamment des gravats et des matériaux et 20 % de déchets radioactifs, dont une grande majorité de déchets TFA.

Le graphique ci-contre présente les quantités prévisionnelles de déchets à fin 2030 en fonction des catégories en distinguant les quantités de déchets issus du démantèlement.
La majorité des déchets radioactifs issus des opérations de démantèlement sont de catégorie TFA et dans une moindre mesure de catégorie FMA-VC. Dans certains cas particuliers et en fonction de la nature de l'installation, ils peuvent également relever de la catégorie MA-VL. Le démantèlement des réacteurs de première génération uranium naturel graphite gaz produira des déchets FA-VL.

PRÉVISIONS DES QUANTITÉS DE DÉCHETS À FIN 2030



LÉGENDES

- STOCK 2013
- PART FONCTIONNEMENT À FIN 2030
- PART DÉMANTÈLEMENT À FIN 2030

** (m^3 équivalent conditionné)*

4. **INVENTAIRE** PROSPECTIF DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Afin de tenir compte d'éventuels changements de politique énergétique impactant l'industrie nucléaire, l'*Inventaire national* présente également une évaluation prospective des déchets et matières qui seraient produits par l'ensemble des installations autorisées à fin 2013 jusqu'à leur fin de vie, démantèlement compris, selon deux sénarios énergétiques volontairement contrastés (poursuite de la production électronucléaire et non renouvellement de la production électronucléaire) ceci sans préjuger de la politique énergétique française qui serait retenue. Dans les deux cas, l'*Inventaire national* ne porte que sur les déchets produits par les installations ayant obtenu, fin 2013, leur décret d'autorisation de création (installations actuelles, EPR de Flamanville en cours de construction).

2 SCÉNARIOS

1 Poursuite de la production électronucléaire

Dans le scénario 1 - poursuite du parc électronucléaire et du traitement des combustibles usés, avec 50 ans de durée moyenne de fonctionnement de l'ensemble des réacteurs actuels, avec une capacité maximum de production d'électricité d'origine nucléaire de 63,2 GWe – la totalité des combustibles usés produits par le parc existant sont supposés recyclés dans de futurs réacteurs qui prendront le relais des installations actuelles.

2 Non renouvellement de la production électronucléaire

Le scénario 2 - non renouvellement de la production électronucléaire - suppose l'arrêt progressif de la production électronucléaire au fur et à mesure de l'arrivée en fin de vie des installations (sur la base d'une durée moyenne de fonctionnement de 40 ans). Dans ce scénario, on arrêterait le traitement des combustibles usés qui deviendraient alors des déchets devant être stockés dans les mêmes conditions que les déchets de haute activité. Cela concerne tous les types de combustibles usés (dont le MOX par exemple) aujourd'hui entreposés dans l'attente d'une valorisation future. Les quantités de combustibles usés qui seraient à prendre en compte représenteraient un volume de colis de stockage de l'ordre de 89 000 m^3.

ESTIMATION DES DÉCHETS PRODUITS DANS LES DEUX SCÉNARIOS PROSPECTIFS ENVISAGÉS, À TERMINAISON

		SCÉNARIO 1	SCÉNARIO 2
HA	**Combustibles à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électrogènes**		~ 50 000 assemblages
	Combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électrogènes		~ 7 000 assemblages
	Déchets vitrifiés (m^3)	10 000	3 900
	MA-VL (m^3)	72 000	65 000
	FA-VL (m^3)	180 000	180 000
	FMA-VC (m^3)	1 900 000	1 800 000
	TFA (m^3)	2 200 000	2 100 000

La différence de volume des déchets HA et MA-VL constatée entre le scénario de poursuite et celui de non-renouvellement est due aux différences de stratégie industrielle de traitement de combustible usé et de durée de fonctionnement des installations considérées dans chacun des scénarios. L'augmentation des déchets FMA-VC et TFA s'explique uniquement par les différences de durée moyenne de fonctionnement des installations considérées dans chacun des scénarios.

PRÉCISION

Les combustibles usés ne sont pas aujourd'hui considérés comme déchets, et ne sont donc pas conditionnés pour une prise en charge en stockage. Le volume moyen d'un assemblage combustible étant de 0,19 m^3, ces assemblages représentent avant conditionnement un volume de 12 000 m^3. L'Andra a vérifié en 2012 la faisabilité du stockage des combustibles usés dans Cigéo. Les concepts de conteneurs utilisés pour leur stockage représenteraient un volume d'environ 89 000 m^3 (environ 8 fois plus que le volume non conditionné).

5. **MATIÈRES RADIOACTIVES** DÉJÀ PRODUITES ET PRÉVISIONS DE STOCKS

Les stocks de matières radioactives à fin 2013 ainsi que les prévisions de production de matières à fin 2020 et fin 2030 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les prévisions pour 2020 et 2030 sont indicatives car elles dépendent du choix de gestion que chaque industriel fera en fonction des conditions économiques du moment. Pour les matières associées au cycle du combustible nucléaire, les scénarios de production pour 2020 et 2030 sont les mêmes que ceux qui ont été utilisés pour les déchets.



Entreposage de combustibles usés en piscine de refroidissement

MATIÈRES RADIOACTIVES À FIN 2013, FIN 2020 ET FIN 2030 (EN tML)*

Catégories	Stocks à fin 2013	Prévisions à fin 2020	Prévisions à fin 2030
Uranium naturel sous toutes ses formes	319 000	356 000	436 000
Uranium issu du traitement des combustibles usés	27 000	34 000	44 000
Combustibles à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électrogènes (UOX, URE)	17 000	17 000	17 300
Combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électrogènes (MOX, SuperPhénix, Phénix)	2 400	3 400	4 600
Combustibles des réacteurs de recherche	75	75	77
Plutonium	52	33	39
Thorium	8 500	8 500	8 400
Matières en suspension	5	3	0
Autres matières	72	72	72

** tonne de métal lourd*


0107338



CHAPITRE 3

QUE FAIT-ON DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS ?

Modes de gestion actuels des matières et déchets radioactifs produits par le secteur électronucléaire | 28

Principaux centres producteurs de déchets radioactifs | 29

Traitement et conditionnement des colis | 30

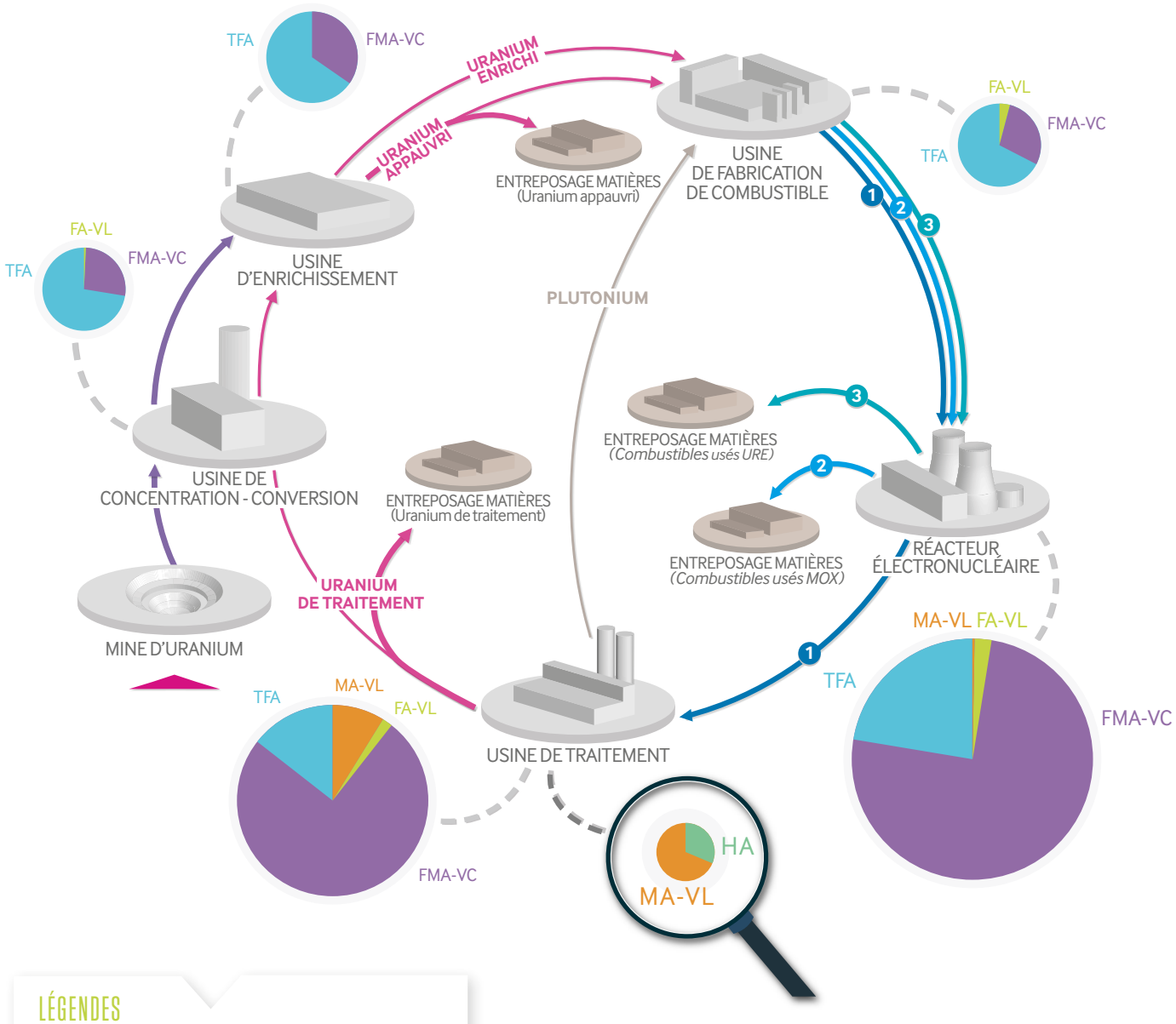
Transport | 31

Stockage des déchets radioactifs TFA et FMA-VC | 32

Projets de stockage pour les déchets HA, MA-VL et FA-VL | 34

Modes de gestion historiques | 36

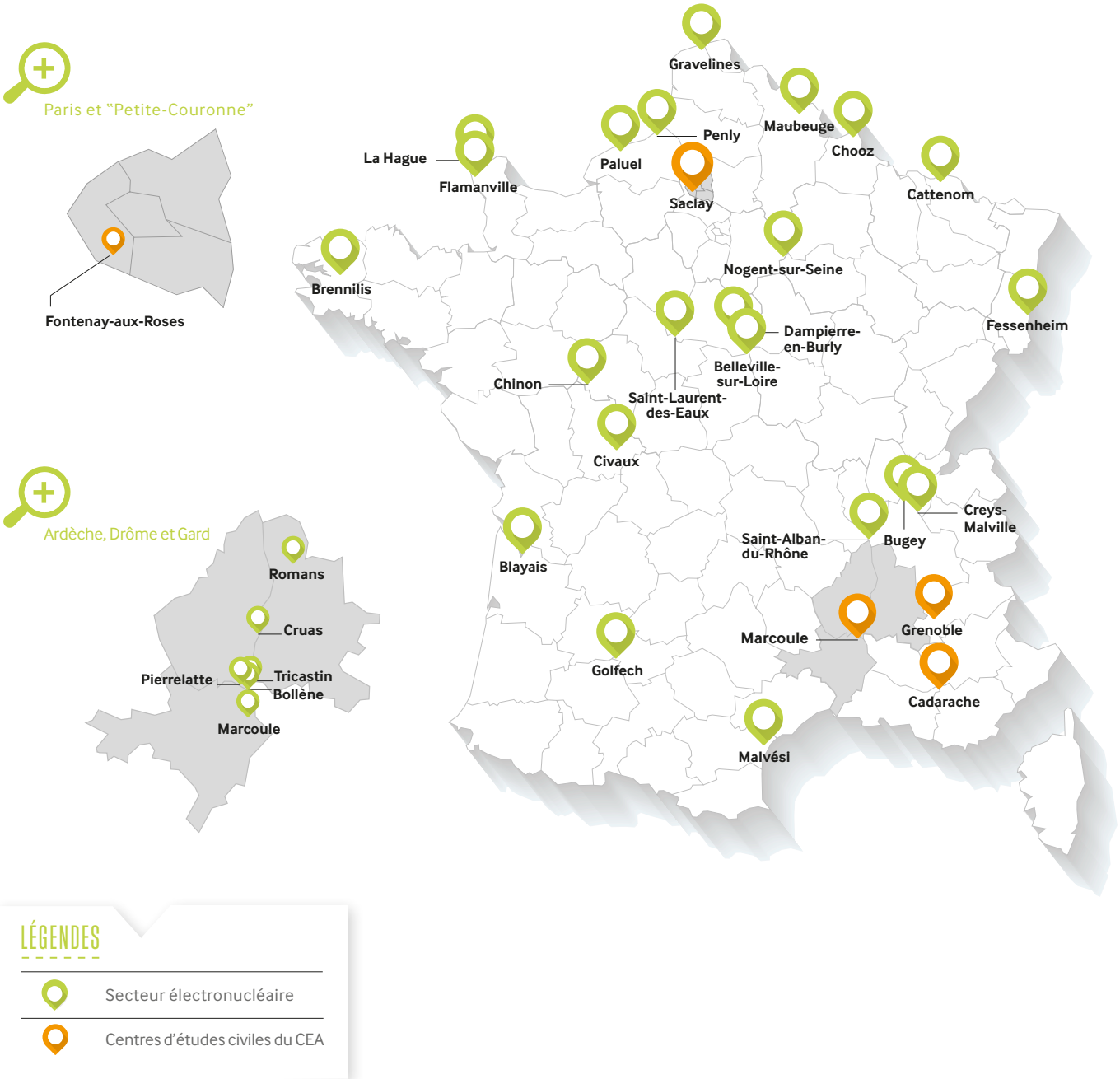
1. MODES DE GESTION ACTUELS DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS PRODUITS PAR LE SECTEUR ÉLECTRO-NUCLÉAIRE



LÉGENDES

1	Combustible à base d'oxyde d'uranium naturel enrichi (UOX)
2	Combustible à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX)
3	Combustible à base d'oxyde d'uranium de traitement réenrichi (URE)
- - -	Déchets de fonctionnement et de démantèlement
— — —	Déchets issus du traitement des combustibles usés

2. **PRINCIPAUX CENTRES** PRODUCTEURS DE DÉCHETS RADIOACTIFS



LÉGENDES

- Secteur électronucléaire
- Centres d'études civiles du CEA

3. TRAITEMENT ET CONDITIONNEMENT DES COLIS

Lorsqu'ils sont produits, les déchets radioactifs se trouvent sous une forme brute, gazeuse, liquide ou solide. Pour pouvoir gérer ces déchets, il est nécessaire de les conditionner, c'est-à-dire de fabriquer des « colis de déchets » permettant de les manutentionner et garantissant la non dispersion des radionucléides. En fonction de la nature physico-chimique des déchets, l'opération de conditionnement peut être précédée d'un traitement qui transforme le déchet initial en un déchet présentant des caractéristiques plus appropriées pour sa gestion à long terme en réduisant autant que possible son volume et sa nocivité.

Le choix du traitement, de la matrice et du conteneur est principalement lié aux caractéristiques, notamment radiologiques, des déchets bruts.

Par exemple, les déchets TFA sont simplement mis en big-bags ou en grands caissons, sans matrice de blocage.

Les déchets les plus radioactifs - solutions de produits de fission et d'actinides mineurs provenant du traitement des combustibles usés - sont conditionnés dans une matrice de verre.

Les déchets moyennement ou faiblement radioactifs doivent être piégés dans des matrices à base de ciment, de résines polymères ou de bitume.

Les déchets sont ensuite introduits dans un conteneur adapté pour former un colis de déchets.

Il existe huit principaux procédés de traitement et conditionnement :
- le compactage,
- l'incinération,
- la fusion,
- l'enrobage par des résines polymères,
- l'évaporation,
- la cimentation,
- la vitrification,
- le bitumage.



Stockage de colis de déchets FMA dans une alvéole du CSA

COLIS DE DÉCHETS

Un colis de déchets est donc généralement constitué de trois éléments :
- un déchet radioactif,
- un matériau d'immobilisation (verre, béton, résine, bitume,...),
- le conteneur, en métal ou béton.

4. TRANSPORT

Environ 800 000 transports de substances radioactives sont organisés chaque année en France. Les transports ont lieu très majoritairement par voie routière mais aussi par voies aérienne, ferroviaire et maritime. Les transports liés à l'industrie électronucléaire constituent une part limitée des transports de substances radioactives (15 %). En 2014, 3 200 transports de colis de déchets radioactifs ont été organisés vers les Centres industriels de l'Andra dans l'Aube.

La sûreté du transport repose sur trois grands principes. Le premier est de dimensionner la robustesse des emballages par rapport à la dangerosité du contenu radiologique. Les colis sont placés dans des conteneurs de transport soumis à différents tests d'homologation (tests de chute, de compression, d'aspersion, de perforation). Leur conception obéit à des règles strictes de sûreté fixées par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et dont l'application est contrôlée, en France, par l'Autorité de sûreté nucléaire.

Deuxième principe : la fiabilité des opérations de transport. La réglementation stipule que l'expéditeur est responsable de la sûreté du colis tout au long du transport. C'est lui qui caractérise la matière transportée, la conditionne dans un emballage conforme aux exigences réglementaires, assure l'étiquetage des colis, et complète les documents de transport. Il veille aussi au chargement et à l'arrimage des colis sur le véhicule. Le transporteur est responsable du bon déroulement du transport : sûreté des véhicules, formation des chauffeurs, signalisation, équipements de sûreté…

Enfin le troisième principe concerne la préparation aux situations d'urgence. Les responsables des transports doivent mettre en place une organisation et des moyens permettant de maîtriser les conséquences d'un éventuel accident. Un plan de secours spécifique est élaboré dans chaque département pour définir l'organisation des secours publics en cas d'accident. Ces plans font l'objet d'exercices réguliers, pilotés par les préfets.



Arrivée de conteneurs de colis de déchets FMA au terminal ferroviaire de Brienne-le-Château

LE TRANSPORT DE MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS

Le transport de matières et déchets radioactifs est soumis aux dispositions :
- de la classe 7 de l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR),
- du Règlement français du transport des matières dangereuses (RTMD).

La réglementation porte notamment sur :
- la robustesse des emballages,
- la fiabilité des convois,
- l'efficacité de l'intervention en cas d'accident.

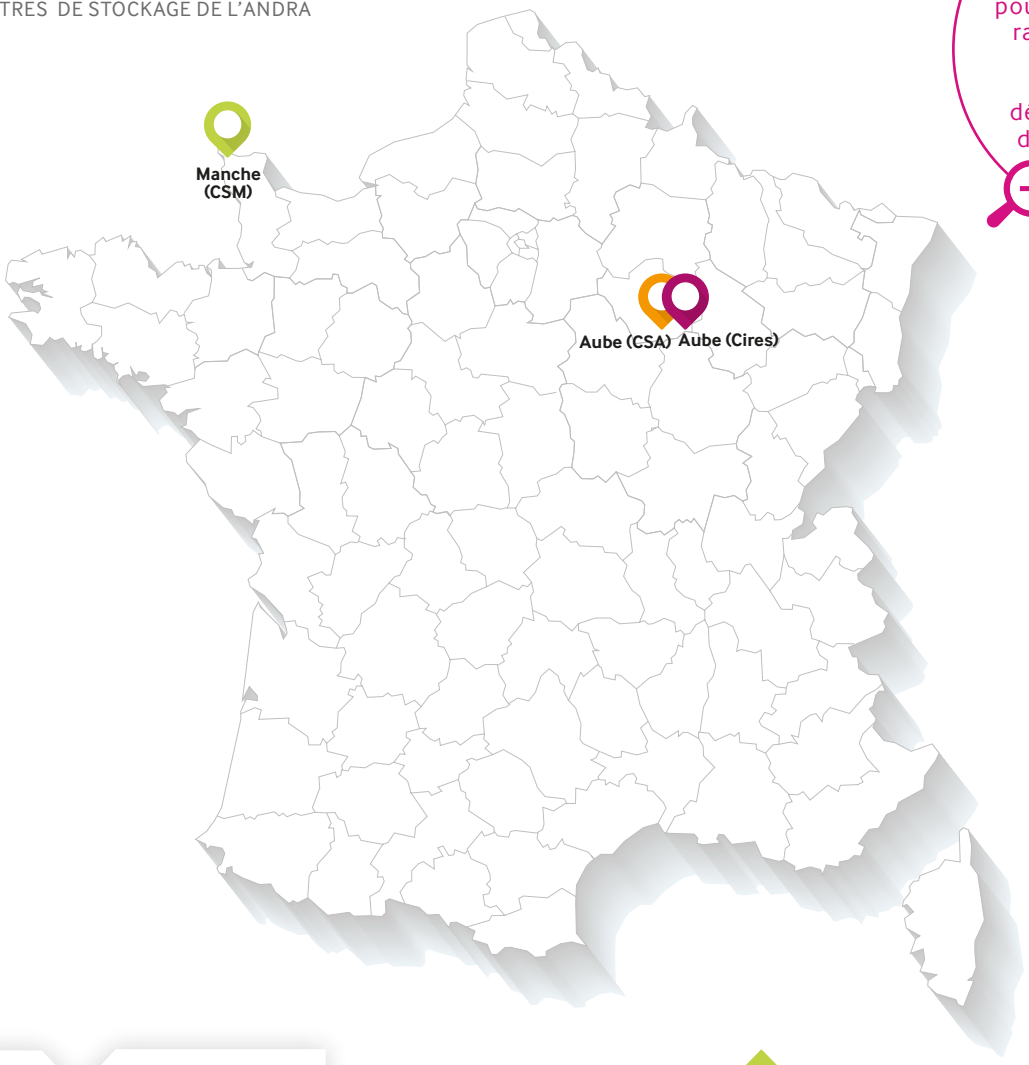
Domaines	Exemples de transport	Part des colis transportés (en nombre)
Industrie électronucléaire	Transport associé aux différentes étapes du cycle du combustible nucléaire (conversion, enrichissement, fabrication, utilisation, traitement, stockage).	15 %
Contrôles techniques et recherche	Transport d'appareils de détection de plomb (diagnostic immobilier) et de gammagraphes (radiographie industrielle) sur les lieux d'utilisation ; sources radioactives pour la recherche.	65 %
Médecine	Approvisionnement des hôpitaux en produits radiopharmaceutiques (par exemple pour le diagnostic médical) et en sources de radiothérapie. Beaucoup de ces produits ont une durée de vie très courte.	20 %

5. STOCKAGE DES DÉCHETS RADIOACTIFS TFA ET FMA-VC

Il existe, en France, trois centres de stockage de surface exploités et surveillés par l'Andra, permettant d'accueillir la grande majorité des déchets produits chaque année dans le pays : les déchets de très faible activité (TFA) et les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC).

En France, des centres de stockage existent pour **90 %** des déchets radioactifs produits chaque année. Pour les autres déchets, les centres de stockage sont à l'étude.

CENTRES DE STOCKAGE DE L'ANDRA



LÉGENDES

- Centre de stockage de la Manche (CSM)
- Centre de stockage de l'Aube (CSA)
- Centre industriel de regroupement d'entreposage et de stockage de l'Aube (Cires)

LES CENTRES EXISTANTS SERONT-ILS SUFFISANTS POUR ACCUEILLIR LES VOLUMES À VENIR ?

Non, mais avant d'envisager la création de nouveaux centres, les efforts seront poursuivis pour réduire à la source les volumes de déchets à stocker (recyclage, traitement, compactage,...). Les possibilités d'extension de capacité des centres existants pourront aussi être examinées.

1 Le Centre de stockage de la Manche

Le Centre de stockage de la Manche (CSM) a ouvert en 1969.
A l'issue de 25 ans d'exploitation, le bâtiment a été fermé et recouvert de plusieurs couches de matériaux protecteurs, destinés notamment à isoler le centre des intempéries.
Depuis la fermeture du site en 1994, l'Andra assure une surveillance régulière afin de suivre son évolution et d'en contrôler l'impact sur l'environnement. L'Andra effectue également les travaux nécessaires pour assurer la pérennité de la couverture du centre. Cette surveillance durera au moins 300 ans.



2 Le Centre de stockage de l'Aube (CSA) pour les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)

Bénéficiant de toute l'expertise acquise en un quart de siècle au Centre de stockage de la Manche, le Centre de stockage de l'Aube (CSA) accueille, depuis 1992, les déchets FMA-VC. Il s'étend sur 95 hectares, dont 30 hectares sont réservés au stockage. Les déchets sont conservés en surface dans des ouvrages en béton armé de 25 mètres de côté et de 8 mètres de hauteur. Une fois remplis, les ouvrages sont fermés par une dalle de béton dont l'étanchéité est assurée par un revêtement imperméable. En fin d'exploitation, une couverture, contenant notamment de l'argile, sera placée sur les ouvrages pour assurer le confinement des déchets à long terme. Le CSA sera surveillé pendant au moins 300 ans.



3 Le Centre industriel de regroupement d'entreposage et de stockage (Cires) dans l'Aube pour les déchets de très faible activité (TFA)

La France a décidé de considérer les déchets TFA comme des déchets radioactifs et a ouvert, en 2003, un centre de stockage dédié : le Cires. Implanté dans le département de l'Aube, ce centre s'étend sur 45 hectares, dont 28,5 sont réservés au stockage. Une fois conditionnés, les lots de déchets sont identifiés et placés dans des alvéoles de 176 mètres de long et 25 mètres de large, creusées à quelques mètres de profondeur dans une couche argileuse. Ces alvéoles sont ensuite fermées, puis recouvertes d'une couche protectrice composée notamment de sable, d'une membrane imperméable et d'argile. Depuis 2012, le Cires accueille deux nouvelles activités : le regroupement et l'entreposage de déchets non électronucléaires.



CENTRES SOUS SURVEILLANCE

Qu'ils soient fermés ou en exploitation, les centres font l'objet d'une **surveillance régulière**, visant à vérifier que leur impact sur l'environnement et les populations proches reste largement inférieur à celui de la radioactivité naturelle.

Au 31 décembre 2013, 73 % du volume de déchets radioactifs produits, hors déchets ayant fait l'objet de modes de gestion historiques produits, sont définitivement stockés. Les autres sont provisoirement entreposés :

- en attendant d'être stockés dans les centres existants ;
- en attendant la création d'un centre de stockage adapté.

6. PROJETS DE STOCKAGE POUR LES DÉCHETS HA, MA-VL ET FA-VL

Parmi les déchets radioactifs produits en France, moins de 10 % ont un niveau de radioactivité ou une durée de vie qui ne permet pas leur stockage en surface. Il s'agit des déchets HA, MA-VL et FA-VL. Des études sont actuellement effectuées par l'Andra (projet Cigéo et projet FA-VL) afin de concevoir des centres de stockage susceptibles de les accueillir et de les isoler pour de très longues périodes de temps. De tels centres doivent être implantés à plusieurs dizaines de mètres de profondeur, voire centaines de mètres, dans des couches de roche qui servent de barrière naturelle sur de très longues échelles de temps.

LE PROJET FA-VL

Dans le cadre de la loi du 28 juin 2006, l'État a demandé à l'Andra de mettre au point des solutions de stockage pour les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL). Une solution spécifique est nécessaire pour ces déchets qui ne peuvent être stockés en surface en raison de leur durée de vie mais dont le niveau de dangerosité ne justifie pas non plus un stockage en grande profondeur comme le projet Cigéo. Après une première démarche lancée en 2008-2009 qui n'a pu aboutir, l'Andra a remis en 2012 un rapport au Gouvernement proposant de nouvelles pistes de travail, sur la base des recommandations du HCTISN (Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire).

Sur cette base, le gouvernement a donné son feu vert et en 2013-2015, l'Andra a réalisé des investigations géologiques à proximité des Centres industriels de l'Andra dans l'Aube, en concertation avec la communauté de commune de Soulaines. L'Andra s'est également rapprochée des sites accueillant déjà une installation nucléaire et des territoires sur lesquels des communes étaient candidates en 2008.
En parallèle, les producteurs de déchets ont travaillé sur l'élaboration d'un inventaire radiologique plus précis de leurs déchets, et ont examiné des possibilités de tri/traitement de ces déchets. Mi-2015, l'Andra a remis au gouvernement un rapport qui présente le bilan des investigations géologiques, une description des déchets concernés, un point sur les enjeux de sûreté et le concept de stockage, et les études restant à mener pour préciser le projet.



Forage d'investigations géologiques pour la recherche d'un site de stockage pour les déchets FA-VL

LE PROJET CIGÉO

Après 15 ans de recherche, la loi du 28 juin 2006 a chargé l'Andra d'étudier la conception et l'implantation d'un centre de stockage réversible à 500 m de profondeur pour les déchets HA et MA-VL : c'est le projet Cigéo, étudié à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne.
Les études de conception industrielle de Cigéo ont débuté en 2012 avec une première phase d'esquisse, qui a permis de définir une architecture d'ensemble du projet industriel, présentée lors d'un débat public en 2013.

Le calendrier prévisionnel de Cigéo est le suivant :

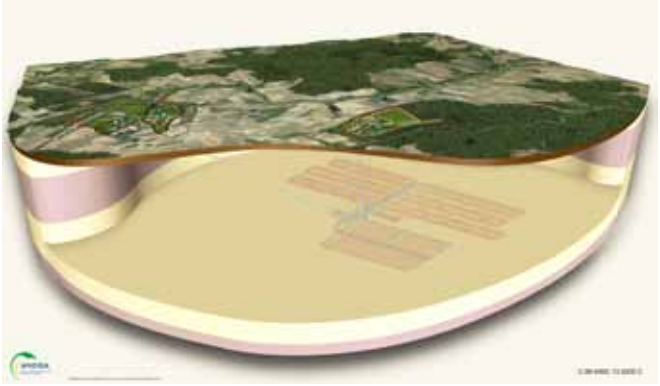
- 2015, remise à l'Etat d'une proposition de plan directeur pour l'exploitation de Cigéo et à l'Autorité de sûreté nucléaire d'un dossier d'options de sûreté et d'un dossier d'options techniques de récupérabilité pour préparer l'instruction de la demande d'autorisation de création de Cigéo ;

- 2017, fin des études d'avant projet définitif à dépôt de la demande d'autorisation de création par l'Andra.

Sous réserve de l'obtention des autorisations nécessaires :

- 2020, démarrage de la construction du stockage ;

- 2025, démarrage de l'installation par une phase industrielle pilote.



Projet de stockage Cigéo pour les déchets HA et MA-VL



L'ARGILE

En France, le stockage des déchets radioactifs HA et MA-VL est étudié dans des **roches argileuses** dont les propriétés particulières permettent de **retarder et de limiter**, sur de très longues périodes de temps, le **déplacement des radionucléides** contenus dans les déchets.

Aujourd'hui, **60 %** des déchets MA-VL et **30 %** des déchets HA destinés à Cigéo sont déjà produits

OÙ SONT-ILS ?

Dans l'attente de centres de stockage adaptés à la dangerosité et à la durée de vie des déchets radioactifs, ceux-ci sont entreposés sur le lieu de production.

7. MODES DE GESTION HISTORIQUES

Certains déchets radioactifs ont fait l'objet de modes de gestion aujourd'hui abandonnés, et ne seront pas pris en charge dans les centres de stockage de l'Andra. De ce fait, ils n'apparaissent pas dans les bilans présentant les volumes de déchets, bien qu'ils soient identifiés dans l'*Inventaire national.*

L'IMMERSION

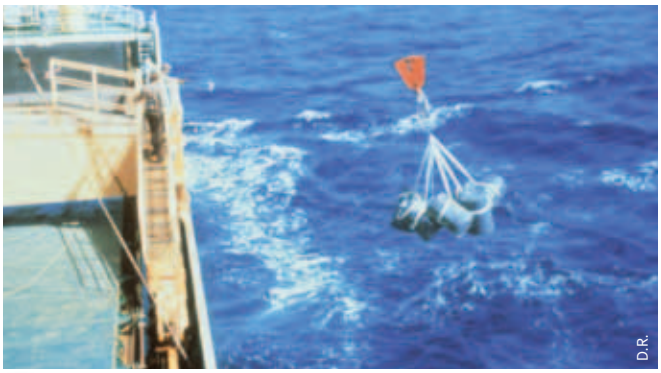
L'immersion de déchets radioactifs a été pratiquée par de nombreux pays à partir de la fin des années 1940 et durant une trentaine d'années. Des immersions ont d'abord été réalisées à faible profondeur, généralement dans les eaux territoriales des pays qui les pratiquaient. Puis, sous la coordination d'instances internationales, des immersions ont été effectuées à grande profondeur dans les eaux internationales.

Les déchets radioactifs se présentaient sous plusieurs formes :

- des déchets liquides, directement évacués en mer ou mis en conteneurs ;

- des déchets solides, non conditionnés ou, pour la plupart, emballés dans des fûts métalliques après incorporation dans du béton ou du bitume.

En 1967 et 1969, la France a participé à deux campagnes d'immersion dans l'Atlantique impliquant un total de 14 200 tonnes de déchets radioactifs. Dans le cadre des essais nucléaires menés dans l'océan Pacifique, 3 200 tonnes de déchets ont également été immergées entre 1967 et 1982. Cette pratique a été abandonnée par la France en 1982.



Campagne d'immersion de déchets radioactifs

L'évacuation en mer, basée sur l'hypothèse d'une forte dilution des déchets dans l'océan, était considérée auparavant comme la plus appropriée des filières de gestion. Cette pratique a été abandonnée par la France en 1982.

LE STOCKAGE DES RÉSIDUS DE TRAITEMENT DE MINERAIS D'URANIUM SUR LES ANCIENS SITES MINIERS

Entre 1948 et 2001, l'exploration et l'exploitation minière de l'uranium ont été réalisées sur 250 sites en France.

Les activités de traitement du minerai pour récupérer l'uranium ont généré des résidus radioactifs (blocs, sables, boues). Ces résidus constituent des déchets radioactifs à vie longue d'un niveau de radioactivité comparable à celui des déchets TFA.

À la fin de l'exploitation minière de l'uranium en France, ces résidus, estimés à 50 millions de tonnes, ont été stockés au sein de vingt anciens sites miniers. Leur surveillance est assurée par AREVA, sous contrôle des autorités compétentes.

Par ailleurs, les usines de traitement de minerais ont toutes cessé leurs activités et ont été démantelées.

LES AUTRES SITUATIONS « HISTORIQUES »

On recense en France, plus d'une cinquantaine de stockage dits historiques ne relevant pas de la responsabilité de l'Andra :

- Stockage de déchets à radioactivité naturelle élevée. Les déchets stockés sont générés par la transformation de matières premières contenant naturellement des radionucléides, mais qui ne sont pas utilisées pour leurs propriétés radioactives : déchets provenant d'engrais, de résidus de la production d'alumine et de cendres de charbons issus des centrales thermiques ;

- Stockages *in situ* : stockages à proximité d'installations nucléaires ou d'usines : il s'agit le plus souvent de buttes, de remblais ou de lagunes ;

- Des centres de stockage de déchets conventionnels, appelés maintenant installations de stockage de déchets (ISD), ont reçu par le passé, régulièrement ou occasionnellement, des déchets comportant de faibles quantités de radioactivité avoisinant quelques becquerels par gramme.

GLOSSAIRE
& ABRÉVIATIONS



	TERMES	DÉFINITIONS
B	BECQUEREL (BQ)	Unité de mesure du niveau de radioactivité. Un becquerel correspond à une désintégration d'atome par seconde.
C	CIGÉO	Centre industriel de stockage géologique.
	CIRES	Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage exploité par l'Andra dans l'Aube, pour les déchets de très faible activité (TFA).
	CSA	Centre de stockage de l'Aube pour les déchets FMA-VC exploité par l'Andra dans l'Aube, pour les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC).
	COLIS	Déchets radioactifs conditionnés et emballés.
	COMBUSTIBLES UOX	Combustibles composés d'oxyde d'uranium.
	COMBUSTIBLES MOX	Combustibles composés d'un mélange d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium.
	COMBUSTIBLES RNR	Combustibles des réacteurs à neutrons rapides Phénix et Super Phénix. Ces combustibles sont de type MOX.
	COMBUSTIBLES URE	Combustibles composés d'uranium de traitement.
	CONDITIONNEMENT	Opération qui consiste à immobiliser des déchets dans un contenant et le cas échéant grâce à un matériau de blocage.
D	DÉCHETS À VIE COURTE	Déchets radioactifs dont la radioactivité provient majoritairement de radionucléides à vie courte, c'est-à-dire dont la période radioactive est inférieure ou égale à 31 ans. Ils peuvent également contenir des radionucléides à vie longue mais en quantité limitée.
	DÉCHETS À VIE LONGUE	Déchets contenant une quantité importante de radionucléides à vie longue, c'est-à-dire dont la période radioactive est supérieure à 31 ans.
E	ENTREPOSAGE	Opération qui consiste à placer provisoirement des matières ou des déchets radioactifs dans une installation spécialement aménagée à cet effet, dans l'attente de les récupérer.
M	MES	Matières en suspension, résidus issus du traitement des terres rares contenant du thorium.
P	PÉRIODE RADIOACTIVE	Temps au bout duquel la moitié de la quantité d'un même radionucléide aura naturellement disparu par désintégration. Le niveau de radioactivité d'un échantillon d'un même atome est donc divisé par deux. Au bout de 10 périodes, le niveau de radioactivité est divisé par 1 000.
R	RADIONUCLÉIDES	Atomes radioactifs qui en se désintégrant émettent des rayonnements à l'origine du phénomène de la radioactivité.
S	SOURCE RADIOACTIVE	Appareil, substance radioactive ou installation pouvant émettre des rayonnements ionisants ou des substances radioactives.
	STOCKAGE	Opération consistant à placer des déchets radioactifs dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de manière potentiellement définitive.
T	TONNE DE MÉTAL LOURD (tML)	Tonne d'uranium ou de plutonium contenu dans le combustible avant irradiation.
	TRAITEMENT	Ensemble des opérations mécaniques, physiques ou chimiques ayant pour but de modifier les caractéristiques d'un déchet.

Retrouvez l'Inventaire national
des matières et déchets radioactifs en ligne sur :

www.inventaire.andra.fr



Le **site Web de référence**
pour **mieux connaître**
les déchets radioactifs
et **leur localisation**.

ANDRA

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex

www.andra.fr twitter.com/andra_france

©Andra – 561 – DICOD/15-0125 – ISSN : 2105-3065 – Juin 2015 – 5 000 exemplaires – Conception graphique et réalisation : CIMAYA – Impression avec des encres végétales par un imprimeur détenteur du label Imprim'Vert sur un papier partiellement recyclé – Gratuit – Ne peut être vendu