

Aval du cycle Gestion des déchets radioactifs

Introduction

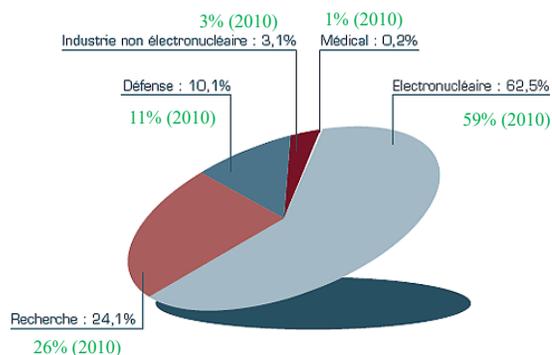
Les **déchets radioactifs** proviennent pour l'essentiel

- des centrales de production d'électricité,
- des usines de traitement des combustibles usés
- des autres installations nucléaires civiles et militaires qui se sont développées au cours des dernières décennies.

Ainsi les principaux producteurs de déchets radioactifs sont : EDF, AREVA et le CEA.

On compte également plus de 1 000 petits producteurs qui contribuent aussi, à un degré moindre, à la production de déchets radioactifs : laboratoires de recherche, hôpitaux, industries...

Répartition des volumes des déchets par secteur économique à fin 2004 en France



VIII-1 L'aval du cycle du combustible

Le terme déchets nucléaires est souvent employé pour désigner les déchets radioactifs engendrés par la mise en œuvre de l'énergie de fission nucléaire pour la production d'énergie ou d'armes nucléaires.

Cette définition renvoie à deux idées, celle de nocivité qui nécessite un contrôle, et celle d'absence d'usage.

Selon la définition de l'Agence Internationale de l'énergie atomique (AIEA), est considéré comme déchet nucléaire ou radioactif « toute matière pour laquelle aucune utilisation n'est prévue et qui contient des radionucléides en concentration supérieure aux valeurs que les autorités compétentes considèrent comme admissible dans des matériaux propres à une utilisation sans contrôle »

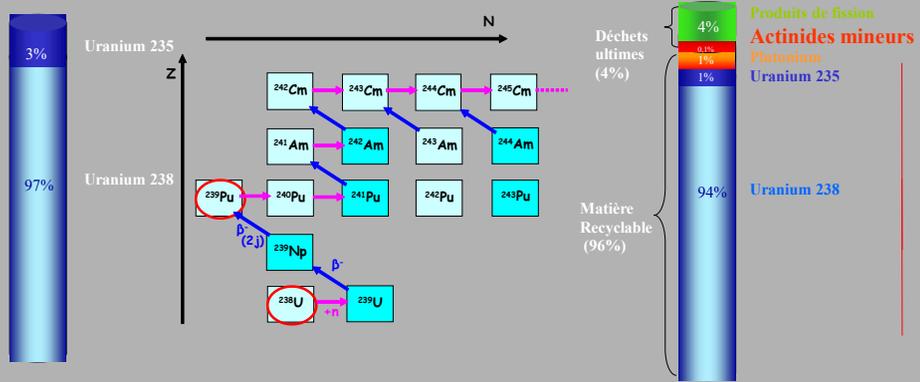
Deux catégories de corps radioactifs, formés lors de l'irradiation, sont présents dans les combustibles usés au déchargement :

I- Les **résidus de la fission** de l'Uranium, les produits de fissions (PF)

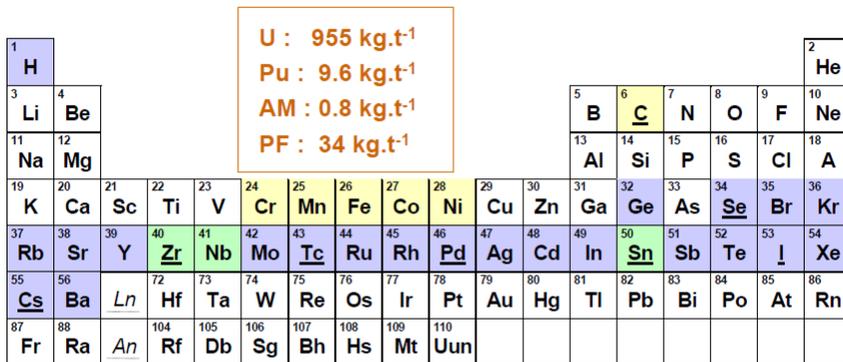
II- Les **noyaux lourds** formés par capture successive de neutrons à partir des isotopes ^{239}Pu et ^{238}U . On distingue deux catégories

- les actinides **majeurs** : Uranium et Plutonium
- les actinides **mineurs** : Neptunium(Np), Américium (Am) et Curium(Cm).

• Les déchets radioactifs issus des centrales actuelles



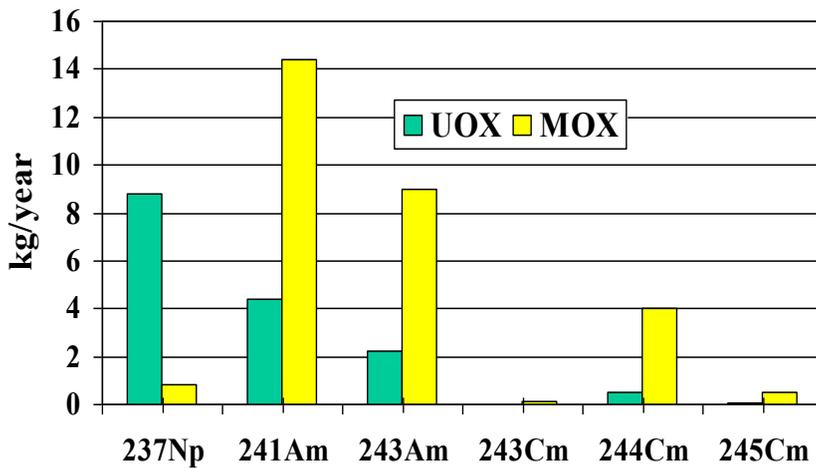
Le Combustible Irradié (33 GWj/t, refroidi 3 ans)



LANTHANIDES	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
ACTINIDES	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

- URANIUM ET ÉLÉMENTS TRANSURANIENS
- PRODUITS D'ACTIVATION
- PRODUITS DE FISSION
- PRODUITS DE FISSION et D'ACTIVATION

Actinides mineurs dans le combustible utilisé d'un REP (900 MWe) après 4 ans



Volumes de déchets produits en France depuis le début du programme nucléaire.

Source ANDRA

Catégorie de déchets	Volume	Pourcentage du volume total	Pourcentage de la radioactivité
TFA	108 219 m ³	11,1 %	~ 0
FMA-VC	778 322 m ³	79,6 %	0,07 %
FA-VL	44 559 m ³	4,5 %	0,01 %
MA-VL	45 359 m ³	4,6 %	3,87 %
HA-VL	1 639 m³	0,2 %	96,05 %

T: Très F: Faible M: Moyenne H: Haute A: Activité V: Vie C: Courte L: Longue

Pourcentage des déchets en volume et en activité. On constate que 96 % de la radioactivité est contenue dans moins de 1 % des déchets.

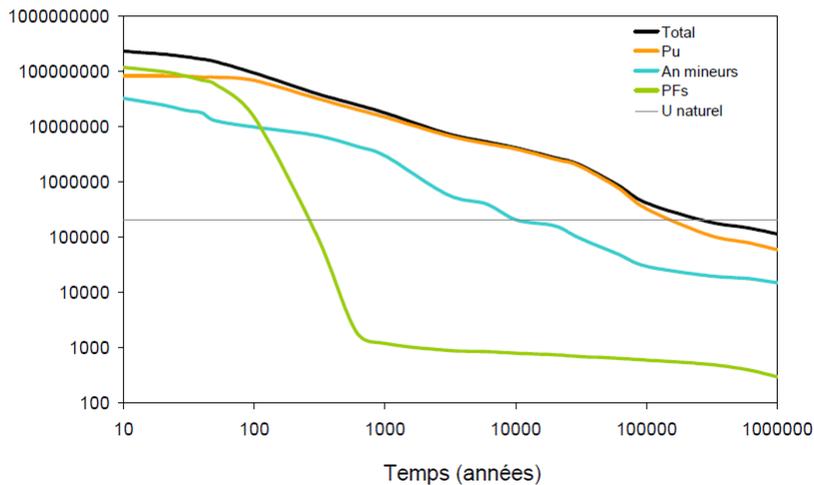
Grande radio-toxicité

$3 \cdot 10^{-7}$ sv/Bq (législation 1msv /an)
 1 g (²⁴³Am) = $7,4 \cdot 10^9$ Bq
 1 g (²⁴²Cm) = $1,2 \cdot 10^{14}$ Bq

Radioactivité à long terme

²⁴¹Am → 432 ans ²⁴³Am → 7380 ans
²³⁷Np → $2 \cdot 10^6$ ans ²⁴⁴Cm → 18 ans

Les principaux contributeurs à la radiotoxicité



VIII-2 Comment sont classés les déchets radioactifs ?

Les déchets radioactifs sont variés. Leurs caractéristiques diffèrent d'un déchet à l'autre : nature physique et chimique, niveau et type de radioactivité, durée de vie...

En France, la classification des déchets radioactifs repose sur deux paramètres :

1. Le niveau de radioactivité

Il s'exprime généralement en Becquerels (Bq) par gramme ou par kilogramme. Egalement appelé activité, le niveau de radioactivité correspond à la quantité de rayonnements émis par les éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets. On distingue 4 niveaux d'activités différentes :

- ✓ Haute Activité (HA)
- ✓ Moyenne Activité (MA)
- ✓ Faible Activité (FA)
- ✓ Très Faible Activité (TFA).

2. La période radioactive

On distingue les déchets dont les principaux radionucléides ont une période courte (inférieure ou égale à 31 ans) et ceux de période longue (supérieure à 31 ans). On considère généralement pour les premiers que la radioactivité est très fortement atténuée au bout de 10 périodes, soit près de 300 ans.

On notera aussi le cas particulier des radionucléides utilisés pour les besoins de diagnostic en médecine, de durée de vie "très courte", c'est-à-dire dont la période est inférieure à 100 jours. Au bout d'un temps réduit, leur radioactivité atteint des niveaux très faibles.

VIII-3 Comment sont gérés les déchets radioactifs ?

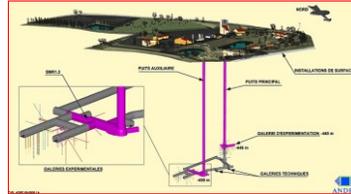
La loi Bataille de 1991 (reconduite en 2006) a décrété en France un moratoire de 15 ans.

3 axes sont explorés

1- Séparation & Transmutation



2- Stockage Géologique profond



3- Conditionnement & Entreposage

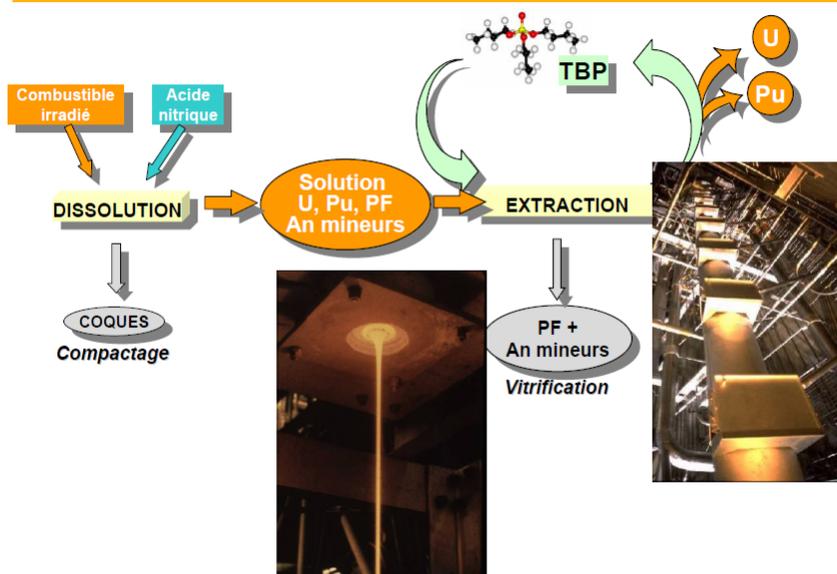


L'effort de recherche a été confirmé par la loi votée en juin 2006

Gestion des déchets radioactifs (aujourd'hui)

Types de déchets radioactifs	Conditionnement	Solution
HA-VL (haute activité à vie longue)	Matrice de verre dans conteneur en inox	<u>Entreposage</u> à La Hague
MA-VL (moyenne activité à vie longue)	Matrices de ciment, ou bitume – conteneurs	<u>Entreposage</u> à La Hague
FA-VL (faible activité à vie longue)	Cuves ou hangars	<ul style="list-style-type: none"> • Entreposage dans les centrales nucléaires à l'arrêt • Entreposage industriel
FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte)	Fûts, conteneurs	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Stockage définitif</u> en surface au Centre de la Manche (fermé) et au Centre de Soulaines (Aube)
TFA (très faible activité)	Emballages fermés, big bags	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Stockage définitif</u> au Centre de Morvilliers (Aube)

Le retraitement : procédé PUREX



VIII-4 Classification des déchets radioactifs français en fonction de leur mode de gestion

Très Faible Activité (TFA)		Déchets TFA Stockés en surface au centre de stockage de l'AUBE	
Faible Activité (FA)	Déchets VTC Gérés sur place par décroissance radioactive Ils sont ensuite gérés Comme des déchets classiques	Déchets FMA-VC Stockés en surface Au centre de stockage FMA De l'Aube qui a succédé au Centre de stockage de la Manche (fermé et sous surveillance)	Déchets FA-VL Centre de stockage à faible profondeur (entre 15 et 200 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2019
Moyenne Activité (MA)			Déchets MA-VL Centre de stockage Profond (à 500 m) à l'étude. Mise en service prévue en 2025
Haute Activité (HA)		Déchets HA Centre de stockage profond (à 500m) à l'étude. Mise en service prévue en 2025.	
Vie Très Courte (VTC) Période radioactive < 100 jours		Vie Courte (VC) Période radioactive ≤ 31 ans	Vie Longue (VL) Période radioactive > 31 ans

VIII-4-1 Déchets de très faible activité (TFA) (1-100 Bq/g)

Les déchets TFA proviennent essentiellement du démantèlement des installations nucléaires ou d'industries classiques utilisant des matériaux naturellement radioactifs. Ils se présentent généralement sous forme de déchets inertes (béton, gravats, terres).



Ces déchets sont stockés au Centre de stockage TFA de l'Andra (CIREs), premier centre de stockage au monde pour ce type de déchets. Situé dans le département de l'Aube, il est conçu pour accueillir 650.000 m³ de déchets.

Une fois conditionnés, les lots de déchets sont identifiés et disposés en couches horizontales successives (une dizaine en moyenne) dans des alvéoles creusées à quelques mètres de profondeur dans une roche argileuse. Lorsque l'alvéole est remplie, celle-ci est définitivement fermée, puis recouverte d'une couche d'argile compactée pour lui redonner son imperméabilité d'origine. Afin d'optimiser les ressources de stockage et de réduire les volumes à stocker, les producteurs de déchets doivent s'employer à optimiser le traitement et le conditionnement de leurs déchets.

Les déchets TFA existant à fin 2007

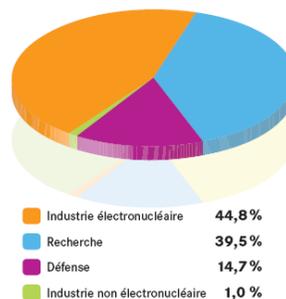
27% (fin 2010)

20,1 % du volume total des déchets radioactifs français

0,000 003 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français

Au 31 décembre 2007, il existe 231.688 m³ de déchets TFA. L'Inventaire national prévoit un stock de 629.217 m³ de déchets TFA en 2020 et 869.311 m³ en 2030.

360 000 m³ (fin 2010)



VIII-4-2 Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL)

Les déchets de faible activité à vie longue sont principalement des déchets dits "radifères", qui doivent leur nom au radium qu'ils contiennent et des déchets dits "de graphite" qui contiennent du graphite, minéral correspondant à une variété très pure de carbone.

Les déchets radifères proviennent du traitement de différents minéraux utilisés, par exemple, dans la métallurgie fine.

Les déchets de graphite sont produits lors du démantèlement des réacteurs nucléaires de première génération (uranium naturel graphite gaz), aujourd'hui arrêtés.

D'autres déchets FA-VL existent tels que d'anciens objets radioactifs (fontaines au radium...), certaines sources scellées usagées (paratonnerres, détecteurs d'incendie...) ou encore certains déchets bitumés. Pour l'essentiel de ces déchets, leur production s'est arrêtée ou doit s'arrêter.

Les déchets FA-VL contiennent essentiellement des radionucléides à vie longue.

Le stockage de ce type de déchets est actuellement à l'étude.

Dans l'attente de la création d'un centre de stockage adapté, les déchets FA-VL déjà produits sont entreposés sur leurs sites de production ou sur des sites ayant accueilli des activités utilisant historiquement la radioactivité.

Traitement et conditionnement

- Le conditionnement des déchets FA-VL fait l'objet d'études depuis plusieurs années et évolue progressivement.
- Au stade actuel, on considère que les déchets de graphite doivent être placés dans un panier métallique, introduit dans un conteneur en béton.
- Du ciment serait ensuite injecté dans le conteneur rempli et le tout fermé par un couvercle en béton. Certains déchets radifères sont, quant à eux, déjà conditionnés dans des fûts métalliques.
- Pour faciliter la manutention de ces colis, il peut être envisagé de les regrouper dans des conteneurs métalliques.
- Les autres déchets radifères aujourd'hui en vrac dans les entrepôts seraient conditionnés directement dans des conteneurs métalliques.



Mode de gestion

Dans le cadre de l'article 4 de la loi de programme du 28 juin 2006, l'Andra étudie un concept de centre de stockage à faible profondeur, entre 15 et 200 m, pour ces déchets. Les études sont menées en vue de la mise en service du centre à l'horizon 2019, sous réserve de son autorisation par le Gouvernement (décision en 2015)

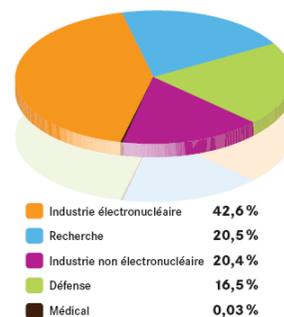


Centre d'entreposage des déchets FA-VL

Les déchets FA-VL existant à fin 2007

7,2 % du volume total des déchets radioactifs français
< 0,009 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français

Au 31 décembre 2007, il existe 82.536 m³ de déchets FA-VL.
L'Inventaire national prévoit un stock de 114.592 m³ de déchets FA-VL en 2020 et de 151.876 m³ en 2030.



VIII-4-3 Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)

Les déchets FMA-VC sont essentiellement des déchets liés à la maintenance (vêtements, outils, filtres...) et au fonctionnement des installations nucléaires (traitements d'effluents liquides ou filtration des effluents gazeux). Ils peuvent également provenir d'opérations d'assainissement et de démantèlement de telles installations.

Les déchets FMA-VC contiennent des radionucléides à vie courte, de période radioactive ≤ 31 ans (ex : cobalt 60, césium 137).

Dans ces déchets, les radionucléides à vie longue sont limités réglementairement (par le décret de création du centre de stockage).

Depuis 1992, ils sont stockés en surface dans les installations du Centre de stockage des déchets de faible et moyenne activité de l'Aube (CSFMA), qui a pris le relais du Centre de stockage de la Manche (CSM), fermé en 1994.

Au CSFMA, les déchets sont stockés dans des alvéoles, ouvrages en béton armé de 25 mètres de côté et de 8 mètres de hauteur. Une fois remplies, ces alvéoles sont fermées par une dalle de béton dont l'étanchéité est assurée par un revêtement imperméable. Enfin, une couverture argileuse définitive de plusieurs mètres d'épaisseur sera placée sur les alvéoles pour assurer le confinement des déchets à long terme. Certains déchets FMA-VC ne peuvent être acceptés en l'état au CSFMA et sont entreposés chez les producteurs. Il s'agit en particulier de déchets fortement tritiés.



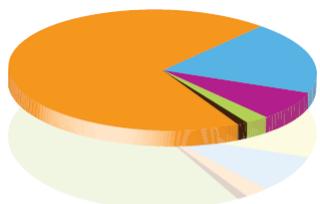
Les déchets FMA-VC existant à fin 2007

68,8 % du volume total des déchets radioactifs français
< 0,03 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français

830 000 m³ (fin 2010)

Au 31 décembre 2007, il existe 792.695 m³ de déchets FMA-VC.

L'Inventaire national prévoit un stock de 1 000 000 m³ de déchets FMA-VC en 2020 et 1 200 000 m³ en 2030.



Industrie électronucléaire	69,4 %
Recherche	19,1 %
Défense	8,1 %
Industrie non électronucléaire	2,4 %
Médical	1 %

VIII-4-4 Les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL)

Ils proviennent majoritairement des structures qui entourent le combustible usé (coques et embouts) ou des résidus liés au fonctionnement des installations nucléaires (déchets issus du traitement des effluents, des équipements...). Ils se caractérisent par une présence significative de radionucléides à vie longue (ex : nickel 63).



Dans le cadre de l'article 3 de la loi de programme du 28 juin 2006, l'Andra étudie, comme pour les déchets HA, un concept de stockage à environ 500 mètres de profondeur pour ces déchets.

Les études doivent être menées en vue de la mise en service du centre de stockage (CIGéo) à l'horizon 2025 en Meuse/Haute-Marne, sous réserve de son autorisation par le Gouvernement, après un débat public.

Dans l'attente de la mise en service du centre de stockage profond, les colis MA-VL sont entreposés sur leurs sites de production, pour l'essentiel sur les sites de :

La Hague (AREVA), de Marcoule (CEA) et de Cadarache (CEA).



Afin de réduire leur volume, une part importante des déchets MA-VL solides est compactée sous forme de galettes qui sont ensuite introduites dans des colis en béton ou en métal. Pour faciliter les opérations de manutention, de transport, d'entreposage et de stockage, ces colis de déchets sont regroupés par lots de quatre dans des conteneurs de stockage en béton.



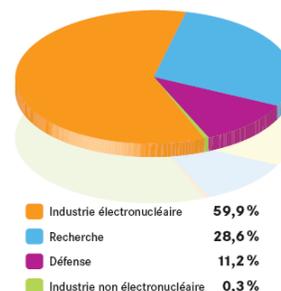
Colis métallique contenant plusieurs galettes de déchets MA-VL

Conteneur de stockage MA-VL

Les déchets MA-VL existant à fin 2007

3,6 % du volume total des déchets radioactifs français
4,98 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français

Au 31 décembre 2007, il existe 41.757 m³ de déchets MA-VL.
L'Inventaire national prévoit un stock de 45.000 m³ de déchets MA-VL en 2020 et de 49.000 m³ en 2030.



VIII-4-5 Les déchets de haute activité (HA)

Provenant pour l'essentiel de l'industrie électronucléaire, ils correspondent aux éléments radioactifs non valorisables issus du retraitement des combustibles usés. Ces déchets sont mélangés à une matrice de verre coulée dans un conteneur en inox. En raison de leur radioactivité élevée, certains de ces déchets dégagent de la chaleur.

Ils contiennent :

- des produits de fission (ex : césium 134 et 137, strontium 90)
- des actinides mineurs (ex : curium 244 et américium 241).

Dans le cadre de l'article 3 de la loi de programme du 28 juin 2006, l'Andra étudie, comme pour les déchets MA-VL, un concept de stockage à environ 500 mètres de profondeur pour ces déchets (site CIGéo).

Les études sont menées en vue de la mise en service du centre de stockage à l'horizon 2025, en Meuse/Haute-Marne, sous réserve de son autorisation par le Gouvernement, après un débat public.

Dans l'attente de la mise en service du centre de stockage profond, les déchets HA sont entreposés sur leurs sites de production :

à La Hague (AREVA), à Marcoule (CEA) et à Cadarache (CEA).



Les déchets HA existant à fin 2007

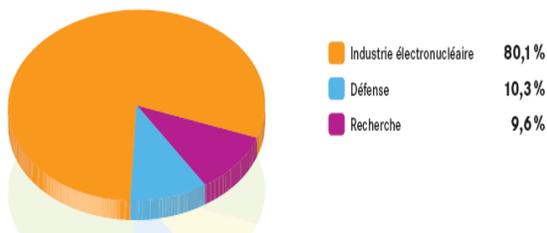
0,2 % du volume total des déchets radioactifs français

96 % de la radioactivité totale des déchets radioactifs français

2700 m³ (fin 2010)

Au 31 décembre 2007, il existe 2.293 m³ de déchets HA dont 74 m³ de combustibles usés issus de la recherche et de la Défense nationale.

L'Inventaire national prévoit un stock de 3.679 m³ de déchets HA en 2020 et 5.060 m³ en 2030.



Répartition en volume des déchets HA par secteur économique à fin 2007



Dans le futur ...

Nouvelle loi de juin 2006

Loi de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs

(loi n° 2006-739 publiée au Journal Officiel du 29 juin 2006)

Le stockage géologique est retenu comme solution de référence pour la gestion des déchets à vie longue

Un calendrier :

- 2015 : demande de création d'un site de stockage géologique
- 2020 : mise en exploitation d'un prototype pour la transmutation
- 2025 : mise en exploitation du site de stockage

Prise en compte des autres catégories de déchets :

- 2013 : mise en service de solutions pour les déchets FA-VL
(graphites et radifères)

VIII-5 Organismes concernés par la gestion et le devenir des déchets radioactifs

Institutions françaises :

Matignon (www.premier-ministre.gouv.fr)

Ministère de l'écologie et du développement durable (www.environnement.gouv.fr)

Ministère de l'industrie (www.industrie.gouv.fr)

Ministère délégué à l'enseignement supérieur et à la recherche (www.recherche.gouv.fr)

Ministère de la défense (www.defense.gouv.fr)

Ministère de la santé et des solidarités (www.sante.gouv.fr)

Commissariat général du Plan (www.plan.gouv.fr)

Assemblée Nationale (www.assemblee-nat.fr)

Sénat (www.senat.fr)

Le Journal Officiel (<http://djo.journal-officiel.gouv.fr>)

Inserm (www.inserm.fr): institut national de la santé et de la recherche médicale

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (<http://www.senat.fr/opecest>)

Institution de la Recherche française

ANDRA : Agence National pour la gestion des Déchets RAdioactifs

CEA : commissariat à l'énergie atomique

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

Industriels :

AREVA (création 2001 par fusion du CEA-FRAMATOME-COGEMA)

- ◊ AREVA NP (Nuclear Power) conçoit et fabrique les réacteurs des centrales nucléaires, les réacteurs de recherche, les systèmes de contrôle-commande, et fournit le combustible nucléaire ainsi que les services de maintenance et de modernisation des centrales. (34% Siemens et 66% groupe AREVA)
- ◊ AREVA NC (Nuclear Cycle) maîtrise l'ensemble des activités depuis l'extraction de l'uranium, sa conversion et son enrichissement jusqu'au traitement et au recyclage du combustible usé. (Filiale à 100 % du groupe AREVA)
- ◊ AREVA T&D (Transmission et Distribution d'électricité) propose des solutions pour l'acheminement de l'électricité. Fabrication des sous-stations haute et moyenne tension et déploiement de solutions permettant la gestion des réseaux électriques à travers le monde.

EDF : Electricité de France

Surveillance :

ASN (www.asn.gouv.fr) : Autorité de Sûreté Nucléaire

Autorité administrative indépendante créée par la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (dite "loi TSN"), est chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France.

CSSIN (www.asn.gouv.fr/cssin): conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires

Organisme consultatif qui peut émettre des avis sur toutes les questions touchant à la sûreté nucléaire, à la radioprotection et sur l'information de la population dans ces domaines. Il est composé de personnes compétentes en matière scientifique, technique, économique, sociale, d'information ou de communication, de représentants de l'Assemblée Nationale et du Sénat, d'organisations syndicales, d'associations de protection de l'environnement, d'administrations ou des exploitants nucléaires.

DGSNR (www.asn.gouv.fr): Direction Générale de Sécurité Nucléaire et de Radioprotection

La DGSNR reprend les activités :

- de la Direction de Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN),
- du bureau des rayonnements de la Direction Générale de la Santé (DGS),
- d'une partie de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI)
- de la Commission Interministérielle des RadioEléments Artificiels (CIREA).

La DGSNR a trois ministères de tutelle, Industrie, Environnement et Santé.

Elle élabore, propose et met en oeuvre la politique du Gouvernement en matière de sûreté nucléaire, à l'exclusion de ce qui concerne les installations et activités nucléaires intéressant la défense et en matière de radioprotection.

IRSN (www.irsn.org) : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

L'IRSN est l'expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques.

Création

L'IRSN a été créé par l'article 5 de la loi n° 2001-398 du 9 mai 2001

Statut

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe :
Ministère l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer
Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
Ministère de la Défense
Ministère de la Santé et des Sports

VIII-6 Les solutions de gestion des déchets radioactifs

Schéma générale de la gestion des déchets au quotidien

Agréer
Transformer
Transporter
Entreposer
Contrôler
Stocker
Surveiller
Se souvenir
Concevoir

Agréer

Pour garantir la sûreté de ses centres de stockage, l'ANDRA a mis en place des procédures d'agrément des colis de déchets. Objectif : s'assurer que l'ensemble des colis livrés aux centres de stockage par les producteurs présentent les qualités et caractéristiques requises par l'Agence pour garantir la protection de l'Homme et de l'environnement pendant l'exploitation comme à long terme.

- Le colis, première barrière de confinement - Agrément : des spécifications et contrôles stricts

Les processus d'agrément reposent sur un ensemble de spécifications techniques que doit respecter chaque producteur de déchets. Regroupées dans un cahier des charges, les spécifications portent sur :
la caractérisation et le contenu radioactif des déchets,
les emballages utilisables,
les masses maximales acceptables par colis,
les différents types de colis,
leur résistance aux chocs et aux incendies,
etc.

Transformer

Les déchets radioactifs sont généralement triés à la source par les producteurs. La plupart sont ensuite transformés afin de réduire leur volume ou de confiner leurs émissions radioactives.

Transformation chez le producteur

Les transformations réalisées dans les installations sont liées à la nature physique des déchets et à leur niveau de radioactivité. Il peut s'agir par exemple :

- D'un pré-compactage pour limiter le volume des déchets.
- De rendre solide des déchets liquides.
- D'immobiliser certains déchets solides dans une matrice qui est généralement constituée de liant hydraulique mais parfois de résines polymère.

Transformation sur les centres de stockage

Au CSTFA :

30 % des déchets reçus font l'objet de traitements spécifiques avant d'être stockés.

Au CSFMA :

Afin d'optimiser le stockage des colis, le CSFMA dispose d'un atelier de conditionnement qui permet de :

- Compacter certains colis métalliques (fûts de 200L). Les galettes obtenues sont alors placées dans des fûts de 450 litres et immobilisées dans ce fût par l'ajout de mortier.
- Injecter du mortier dans des caissons métalliques de 5 ou 10 m³ à l'intérieur desquels les producteurs ont placé des déchets volumineux (outillages, tuyauteries...)

Transporter

Le transport des colis de déchets radioactifs du producteur aux sites de stockage de l'Andra est une étape importante.

Veiller à l'application de la réglementation

La sûreté et la sécurité de ces transports est notamment liée à l'application de l'ADR

(Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route)

L'itinéraire des colis

Les producteurs de déchets radioactifs organisent et choisissent eux-mêmes le mode de transport (route ou chemin de fer), ainsi que l'entreprise de transport sous leur responsabilité.

Planifier les expéditions

Afin d'assurer une gestion industrielle du stockage qui soit rationnelle dans le respect des règles de sûreté, l'Andra maîtrise le rythme de livraison des colis de déchets sur ses centres de stockage. C'est pourquoi aucun transport ne peut s'effectuer sans son accord. En liaison avec les producteurs et les transporteurs, elle définit des plannings de livraison par route et voie ferrée. Toutes les données concernant le chargement lui sont transmises au préalable.

Contrôles administratif et radiologiques

Un contrôle administratif est réalisé à l'arrivée, avant même le déchargement des colis.

Il s'agit de vérifier sur le document d'accompagnement du chargement des informations précises : nombre et numéros des colis expédiés, origine répertoriée, caractéristiques...

A leur arrivée au centre, des contrôles radiologiques sont effectués sur les véhicules et sur les colis.

Des contrôles radiologiques sont à nouveau réalisés lorsque le véhicule quitte le centre.

Ces contrôles très précis permettent de vérifier le respect de la réglementation en vigueur et la conformité des colis avec la déclaration des producteurs.

Entreposer

L'entreposage des déchets radioactifs est l'opération qui consiste à les placer temporairement dans une installation aménagée à cet effet pour permettre une mise en attente, un regroupement, un suivi ou une observation.

A la différence d'un centre de stockage, les lieux d'entreposages de déchets radioactifs ne sont pas conçus pour assurer des fonctions de sûreté à très long terme mais pour une durée déterminée (en particulier, ils nécessitent un entretien et des interventions humaines). Au terme de la période d'entreposage, les déchets sont donc obligatoirement retirés de l'installation. En revanche, les installations d'entreposages présentent des garanties de sûreté proportionnées aux types de déchets qu'elles accueillent. Elles sont conçues pour résister aux agressions externes (séismes, conditions climatiques, activités humaines) et disposent d'autres garanties opérationnelles (protection des colis, suivi et observation des colis, de l'environnement et des installations elles-mêmes...).

Entreposage des déchets gérés par décroissance radioactive

Les déchets contaminés par des radionucléides de période radioactive inférieure à 100 jours sont gérés par décroissance radioactive.

Entreposage des déchets dans l'attente d'une solution de stockage

En attendant l'ouverture du centre de stockage pour les déchets FA-VL en prévu 2019 et et du centre HA-MAVL prévu en 2025.

Entreposage des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue

Les déchets HA-MAVL proviennent pour l'essentiel de l'industrie électronucléaire. Ils sont actuellement entreposés à l'usine de retraitement de l'Hague et sur le site de Marcoule. Ils seront entreposés puis stockés dans le futur centre de stockage en profondeur de déchets (HA-MAVL). L'entreposage de ces déchets répond à plusieurs fonctions :

Une **décroissance thermique des colis** de déchets HA ou MA-VL. Ces colis émettent une chaleur trop importante pour être stockés en profondeur dès qu'ils sont produits. Un délai d'attente de 60 ans minimum, pouvant aller jusqu'à une centaine d'années est requis avant leur stockage.

Contrôler

Les colis de déchets jouent un rôle fondamental. Les contrôles qu'ils subissent régulièrement ont pour objectif de vérifier le respect des exigences de l'Andra et les déclarations des producteurs relatives au contenu de ces colis.

Surveiller la fabrication des colis chez les producteurs .

Les contrôles non destructifs consistent en une cartographie du débit de dose, un examen visuel avec relevé des défauts

Les contrôles destructifs consistent à découper ou carotter des colis directement stockables.

Tester régulièrement la résistance des colis

Surveiller

Le centre de stockage de la Manche (CSM) et le centre de stockage de déchets de faible et moyenne activité (CSFMA) sont des installations nucléaires de base (INB). Le centre de stockage de déchets de très faible activité (CSTFA), le laboratoire souterrain (LS) et l'Espace technologique sont des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Etablir un état initial de référence avant la construction

Une surveillance pendant la phase d'exploitation

Le suivi environnemental après fermeture du centre

Stocker

L'Andra exploite deux centres de stockages en surface dans l'Aube pour les déchets de TFA et FMA à vie courte, en surveille un troisième dans la Manche qui a reçu son dernier colis de déchet FMA en 1994. Elle projette la construction de deux nouvelles installations pour les déchets FA-VL (stockage à faible profondeur) et HA-MAVL (stockage en profondeur) à horizon 2019 et 2025.

Capacités en m3 et flux en m3/an des centres de stockage de déchets radioactifs de l'Andra, actuels et en projet, en France

Filière	Capacité	Volume actuellement stocké	Flux annuel de déchets stockés	Capacité disponible
TFA	650.000	100.000 stocké au CSTFA	25.000	550.000 soit une vingtaine d'années au rythme actuel
FMA	530.000	527.225 stockés au CSM (plein depuis 1994)	0	0
FMA-VC	1.000.000	218.000 stockés au CSFMA	Au début ce centre recevait 25 000m3/an. Depuis les progrès réalisés (réduction à la source, traitement, compactage...) ont permis de réduire les flux à 12.000 m3/an	782.000 soit une cinquantaine d'années au rythme actuel
FAVL	De 135.000 à 235.000 (selon le périmètre de déchet qui reste à préciser d'ici 2010 avec les producteurs)	0	0	Ce centre sera rempli en 20 à 30 ans à partir de 2019
MA-HAVL	6000 m3 de déchets HA et 82.000 m3 de déchets MA	0	0	100 ans d'activité à partir de 2025 dont 40 à 60 de refroidissement des déchets HA avant stockage

Se souvenir

Une installation de stockage de déchets radioactifs est conçue pour être sûre pendant une période dépendant de la durée de vie des déchets qui y sont stockés (de plusieurs dizaines d'année à plusieurs millénaires).

Une gestion à long terme responsable implique de transmettre la connaissance générale sur les déchets radioactifs présents sur notre territoire.

Une mémoire pour chacun des centres de stockage en vue de la transmettre aux générations futures pour :

Les informer sur l'existence et le contenu du site, notamment vis-à-vis du risque d'intrusion humaine,

Préserver cette mémoire malgré d'éventuelles ruptures sociétales futures (conséquences d'une guerre, ...),

Concevoir

Afin que la France dispose de solutions de stockage sûres et pérennes pour la gestion de tous les déchets radioactifs qu'elle produit, le dispositif de stockage actuel sera complété par l'ouverture de deux nouveaux centres pour les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) et de haute activité et moyenne activité à vie longue (HA-MAVL). Après leur mise en exploitation prévue respectivement en 2019 et 2025, tous les déchets radioactifs français auront une filière de gestion adaptée.

Principales échéances du projet FA-VL

2010-2011 : Proposition au Gouvernement par l'Andra d'un site d'implantation

2013 : Poursuite des études sur le site retenu et préparation de la demande d'autorisation de création du stockage (DAC)

2015 : Si autorisation, construction du stockage

2019 : Mise en service industriel

Principales échéances du projet HA-MAVL

2013 : Choix du site par le Gouvernement après débat public

2015 : Instruction de la demande d'autorisation de création du stockage (DAC) et vote d'une loi sur les conditions de la réversibilité du stockage

2017 : Si autorisation, construction du stockage

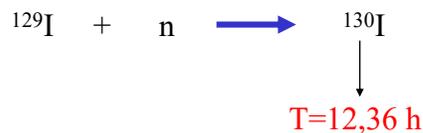
2025 : Mise en service industriel

Certains déchets devront être traités et d'autres entreposés pour décroissance avant leur mise en stockage définitif (déchets de haute activité, déchets tritiés...).

Option Transmutation

Transmutation

Ex: ^{129}I ($T=1,57 \cdot 10^7 \text{ a}$)

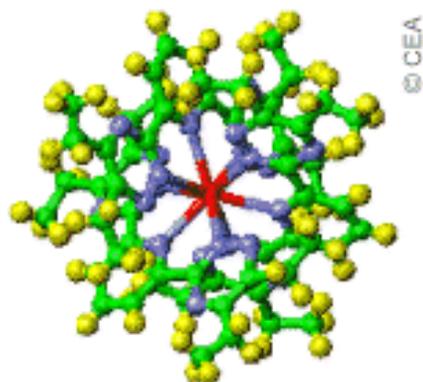


Incinération des actinides mineurs



Faire fissioner
par des neutrons

Traitement chimique de séparation



Créer de nouvelles molécules extractantes, l'un des défis de la gestion des déchets nucléaires.

Fin