

LA RADIOACTIVITÉ

INTRODUCTION

La radioactivité est un phénomène naturel qui prend naissance au cœur de certains atomes instables, les radionucléides. Ces radionucléides présentent un surplus d'énergie qui les conduit à se désintégrer en un autre atome. En se désintégrant, les radionucléides émettent des rayonnements invisibles mais susceptibles d'avoir un effet nocif sur la santé : on parle de rayonnements ionisants.

Il existe plusieurs types de rayonnements ionisants de nature et d'intensité différentes :

- le rayonnement alpha, dont la portée dans l'air est de quelques centimètres seulement et qu'une feuille de papier peut arrêter ;
- le rayonnement bêta, dont la portée dans l'air est de quelques mètres et qu'une feuille d'aluminium peut arrêter ;
- le rayonnement gamma, bien plus pénétrant que les autres types de rayonnements. Il accompagne souvent un rayonnement alpha ou bêta. En fonction de son énergie, le rayonnement gamma peut parcourir plusieurs centaines de mètres dans l'air et une importante épaisseur de plomb ou de béton est nécessaire pour l'arrêter ;
- le rayonnement neutronique dont l'énergie est variable et qui peut être arrêté par des matériaux légers contenant notamment des atomes d'hydrogène.

1 ANNEXE

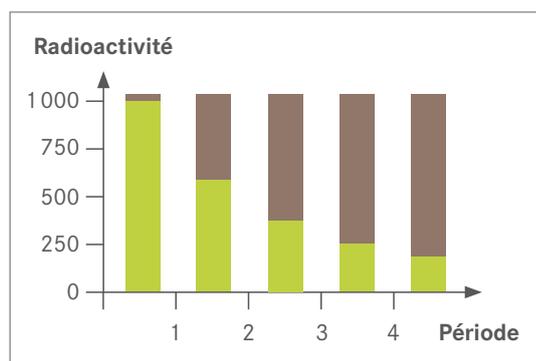
ANNEXE 1.1. LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE	page 95
ANNEXE 1.2. LA MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ ET DE SES EFFETS	page 96
ANNEXE 1.3. LES RISQUES LIÉS À LA RADIOACTIVITÉ	page 96
ANNEXE 1.4. LES UTILISATIONS DE LA RADIOACTIVITÉ	page 97

Annexe 1.1.

La décroissance radioactive

La radioactivité est un phénomène qui diminue spontanément avec le temps, selon le principe de la décroissance radioactive, au fur et à mesure que les atomes radioactifs se désintègrent pour devenir des atomes stables.

Chaque radionucléide se désintègre au bout d'une durée qui lui est propre. Celle-ci est définie par ce que l'on appelle la période radioactive. Elle correspond au 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 radionucléide est donc divisé par deux. Au bout de dix périodes, le niveau de radioactivité est divisé par 1 000.



Au bout de 10 périodes radioactives, seul un atome radioactif sur 1 000 subsiste.

» EXEMPLES DE PÉRIODES RADIOACTIVES DE CERTAINS RADIONUCLÉIDES

Radionucléide	Période	Émission
Iode 131	8 jours	Bêta
Tritium	12 ans	Bêta
Césium 137	30 ans	Bêta
Carbone 14	5 700 ans	Bêta
Plutonium 239	24 000 ans	Alpha
Chlore 36	300 000 ans	Bêta
Iode 129	16 millions d'années	Bêta
Uranium 235	700 millions d'années	Alpha
Uranium 238	4,5 milliards d'années	Alpha





Annexe 1.2.

La mesure de la radioactivité et de ses effets

La radioactivité se mesure, même en très faible quantité. Les appareils de détection mesurent couramment des activités un million de fois inférieures aux niveaux qui pourraient avoir des effets nocifs sur la santé.

Pour quantifier la radioactivité et ses effets sur les organismes vivants on utilise principalement deux unités :

- le becquerel (Bq), qui permet de mesurer le niveau de radioactivité (appelé activité) c'est-à-dire le nombre de désintégrations par seconde : 1 Bq = 1 désintégration par seconde. Cette unité de mesure est souvent trop petite pour exprimer les niveaux de radioactivité utilisés dans l'industrie par exemple. C'est pourquoi on emploie plutôt ses multiples pour exprimer la radioactivité de la matière :
 - 1 kilobecquerel (kBq) = 1 000 Bq ;
 - 1 mégabecquerel (MBq) = 1 million de Bq ;
 - 1 gigabecquerel (GBq) = 1 milliard de Bq ;
 - 1 térabecquerel (TBq) = 1 000 milliards de Bq.
- le sievert (Sv), qui permet d'évaluer les effets biologiques des rayonnements sur un organisme vivant exposé à la radioactivité. Ces effets varient notamment en fonction de la nature des rayons et des organes irradiés. L'unité la plus fréquemment employée est le millisievert (mSv), qui correspond à un millième de sievert. Par exemple, l'organisme reçoit 0,02 mSv lors d'une radiographie pulmonaire.



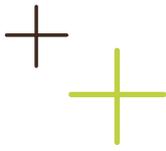
Annexe 1.3.

Les risques liés à la radioactivité

Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme varient en fonction des doses reçues et des modalités d'exposition. L'exposition à la radioactivité peut être externe, en cas d'irradiation (exposition aux rayonnements) ou de contamination par contact, ou interne, s'il s'agit d'une contamination par inhalation ou ingestion de radionucléides. Elle peut être chronique (par exemple avec la radioactivité naturelle) ou ponctuelle (un examen médical par exemple).

Les fortes expositions à la radioactivité produisent la destruction de cellules. Les dommages sont importants et leur gravité augmente avec la dose. À partir de 5 000 mSv (5 Sv), la dose est mortelle.

Pour des expositions faibles (inférieures à 100 mSv), les effets (cancers, effets génétiques) correspondent à des transformations de cellules plutôt qu'à leur destruction et peuvent apparaître des années après l'exposition qui en a été la cause. De plus, ils ne se produisent pas systématiquement et sont appelés pour cela « probabilistes ». À ce niveau de dose, c'est la probabilité d'apparition d'un cancer, non sa gravité, qui augmente avec la dose. Quand un cancer se manifeste, au bout de plusieurs années, il est impossible d'en déterminer la cause avec certitude. Aussi les conséquences d'une exposition à de faibles doses de radioactivité font encore l'objet de débats dans la communauté scientifique.



Aussi, par précaution, on considère qu'il existe un risque et qu'il est proportionnel à la dose reçue.

L'usage de la radioactivité dans différents secteurs a ainsi amené les autorités à proposer des normes légales d'exposition, tant pour la population que pour les salariés exposés. Pour les populations, la dose ajoutée par les

applications industrielles ne doit pas dépasser 1 mSv/an. C'est par exemple la dose reçue en effectuant trois radios du poumon, ou encore 16 allers-retours Paris-New York en avion. Pour les métiers utilisant la radioactivité (industrie nucléaire, radiologie, médecine...), la dose maximale légale est de 20 mSv/an en moyenne sur cinq années consécutives.

Annexe 1.4.

Les utilisations de la radioactivité

La radioactivité a été découverte par Henri Becquerel en 1896. Dans les années 1930, l'homme découvre comment recréer artificiellement ce phénomène. Depuis, les propriétés de la radioactivité sont utilisées dans de nombreux secteurs :

L'INDUSTRIE ÉLECTRONUCLÉAIRE

Centrales nucléaires et usines de fabrication et de traitement des combustibles utilisés pour faire fonctionner ces centrales (extraction et traitement du minerai d'uranium, fabrication des combustibles, traitement des combustibles une fois usés...).

LA DÉFENSE NATIONALE

Activités liées à la force de dissuasion, à la propulsion nucléaire de certains navires ou sous-marins et recherche associée.

LA RECHERCHE

Laboratoires de recherche dans différents domaines : nucléaire civil, physique des particules, agronomie, chimie, biologie, géologie, archéologie...

L'INDUSTRIE CLASSIQUE (non électronucléaire)

Extraction de terres rares, fabrication de sources radioactives ou autres applications diverses (contrôle des soudures, stérilisation du matériel médical, stérilisation et conservation de produits alimentaires...).

LE DOMAINE MÉDICAL

Recherche médicale, diagnostic et traitement.



LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS EN FRANCE

INTRODUCTION

Depuis près de 30 ans, la gestion des déchets radioactifs constitue un enjeu industriel et environnemental de premier ordre. Deux faits : la multiplication des applications liées à la radioactivité et l'augmentation du nombre de producteurs. L'État français a créé, dès le début des années 1990, une agence chargée de la gestion de l'ensemble de ces déchets : l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

Comme la plupart des pays confrontés à la problématique des déchets radioactifs, la France a fait le choix de les stocker dans des centres industriels spécialement conçus pour ce type de déchets afin de les isoler de l'homme et de l'environnement tant qu'ils présentent des risques.

Certains déchets bénéficient déjà de centres de stockage. Pour les autres, la conception de centres adaptés fait actuellement l'objet d'études.

2 ANNEXE

ANNEXE 2.1. LE CADRE LÉGAL	page 99
ANNEXE 2.2. LES GRANDS PRINCIPES DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS	page 99
ANNEXE 2.3. LES FILIÈRES DE STOCKAGE DES DÉCHETS RADIOACTIFS	page 99



Annexe 2.1.

Le cadre légal

La loi de programme du 28 juin 2006 définit le cadre de la politique nationale pour la gestion durable des matières et déchets radioactifs, son organisation et son financement, avec pour objectif la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

Certaines dispositions de la loi sont reprises dans le Code de l'environnement (articles L.542-1 à 14 et L.594-1 à 13).

La recherche et la mise en œuvre des moyens nécessaires à la mise en sécurité définitive des déchets radioactifs sont entreprises afin de prévenir ou de limiter les charges

qui seront supportées par les générations futures. Le stockage de déchets radioactifs en provenance de l'étranger est interdit. Un Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) dresse le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets radioactifs, recense les besoins et détermine les objectifs à atteindre pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif. Ce Plan national est public. Il est mis à jour tous les trois ans par le Gouvernement et transmis au Parlement. Le Plan national 2013-2015 a été transmis au Parlement fin 2012.

Annexe 2.2.

Les grands principes de la gestion des déchets radioactifs

Les déchets radioactifs sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée. La réduction de leur quantité et de leur nocivité est recherchée notamment par le traitement et le conditionnement. Les objectifs sont de réduire le volume des déchets produits, d'obtenir une forme physico-chimique la plus inerte possible vis-à-vis du stockage, en exploitation et à long terme, et de renforcer le confinement des déchets au sein des colis.

La dangerosité des déchets radioactifs diminue au fil du temps du fait de la décroissance naturelle de la radioactivité qu'ils contiennent. En fonction des déchets, cette décroissance peut prendre de quelques jours jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années. Le principe du stockage consiste à isoler les déchets afin que la radioactivité qui se retrouve au contact de l'homme ne présente pas de risque pour la santé.

Annexe 2.3.

Les filières de stockage des déchets radioactifs

Plusieurs solutions de stockage sont opérationnelles ou en projet pour prendre en charge l'ensemble des déchets radioactifs français. Ces filières de stockage sont adaptées au niveau de radioactivité et à la durée de vie des déchets radioactifs à prendre en charge. La cohérence

du dispositif de gestion des déchets radioactifs doit être recherchée, de même que son optimisation technique et économique. Les centres de stockage, peu nombreux et aux capacités limitées, doivent être gérés comme des ressources rares.



LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

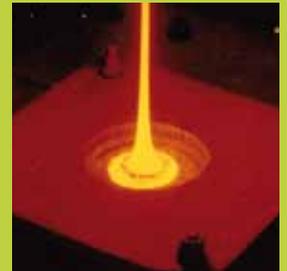
1

CONDITIONNEMENT

Après avoir été triés selon leurs caractéristiques, les déchets sont traités (compactage, incinération, solidification, etc.) puis conditionnés par le producteur dans des colis conçus pour empêcher la dispersion de la radioactivité qu'ils contiennent.



Colis de déchets TFA compactés.



Vitrification de déchets HA.

2

ENTREPOSAGE

Avant d'être stockés, ou en attendant la création d'un centre adapté, les déchets sont provisoirement entreposés dans des bâtiments dédiés, le plus souvent sur les sites où ils sont produits.



Entreposage de déchets HA.



Entreposage de déchets MA-VL.

3

STOCKAGE

Après avoir vérifié leur conformité, les colis de déchets sont stockés par l'Andra dans des centres adaptés à leur dangerosité et à l'évolution de cette dangerosité dans le temps.

Le rôle de ces centres est d'isoler les déchets radioactifs aussi longtemps qu'ils présentent un risque pour l'homme et l'environnement.

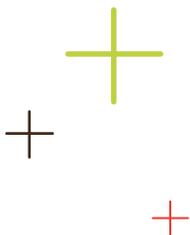
Le stockage industriel repose sur une succession de barrières, artificielles ou naturelles, garantissant l'isolement des substances contenues dans les déchets : les colis, les ouvrages de stockage et le milieu géologique qui constitue une barrière naturelle efficace sur de très longues périodes.



Stockage de déchets de très faible activité.



Stockage de déchets de faible et moyenne activité.



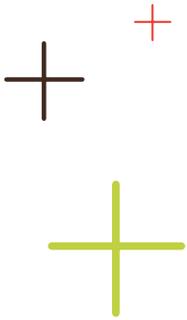
LES STOCKAGES DE SURFACE

Il existe déjà en France trois centres de stockage de surface, exploités et surveillés par l'Andra dans le département de la Manche et de l'Aube. Ils permettent de stocker plus de 90 % du volume des déchets radioactifs produits chaque année : ceux ayant une très faible activité (TFA) ou une durée de vie courte (FMA-VC). Il est à noter que certains déchets radioactifs ont également fait par le passé l'objet d'autres modes de gestion (immersion, stockage sur les anciens sites miniers, stockages « historiques » sous la forme de buttes, remblais ou lagunes à proximité d'installations nucléaires ou d'usines).

Premier centre français de stockage de déchets radioactifs, le Centre de stockage de la Manche (CSM) a été ouvert en 1969. À l'issue de 25 ans d'exploitation, le Centre a permis le stockage de 527 225 m³ de déchets. Il a été fermé et recouvert de plusieurs couches de matériaux destinés à protéger les ouvrages, notamment contre les eaux de pluie. Depuis sa fermeture, le Centre fait l'objet d'une surveillance régulière de la part de l'Andra, pour vérifier son évolution et contrôler son impact sur l'environnement. L'Andra mène également les travaux nécessaires pour assurer la pérennité de la couverture du Centre. Cette surveillance s'effectuera pendant au moins 300 ans.



Vue aérienne du Centre de stockage de la Manche.



Bénéficiant de toute l'expertise acquise au Centre de stockage de la Manche, le Centre de stockage de l'Andra, dans l'Aube, accueille depuis 1992 les déchets FMA-VC produits en France. Il s'étend sur 95 hectares dont 30 sont réservés au stockage. Les déchets sont stockés en surface dans des ouvrages en béton armé. Une fois remplis, les ouvrages sont fermés par une dalle de béton dont l'étanchéité est assurée par un revêtement imperméable.

À la fin de l'exploitation, une couverture, composée notamment d'argile, sera placée sur les ouvrages pour assurer le confinement des déchets à long terme.

Le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage a été mis en service par l'Andra en 2003, à proximité du Centre de stockage pour les déchets FMA. Le Centre s'étend sur 45 hectares dont 28,5 hectares réservés au stockage. Une fois conditionnés, les lots de déchets sont identifiés et stockés en surface dans des alvéoles creusées à quelques mètres de profondeur dans une couche argileuse. Une fois remplies, ces alvéoles sont fermées puis recouvertes d'une couverture composée notamment d'une membrane imperméable et d'argile.



Vue aérienne du Centre de stockage de l'Aube (CSA).



Stockage d'un colis dans une alvéole du CSA.



Vue aérienne du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires).



Stockage de colis TFA dans une alvéole du Cires.

LE STOCKAGE À FAIBLE PROFONDEUR À L'ÉTUDE

L'Andra étudie plusieurs options pour le stockage à faible profondeur des déchets de faible activité à vie longue.

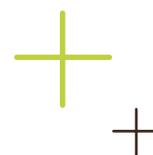
La recherche de site pour l'implantation d'un centre de stockage FAVL a été lancée à l'échelle nationale par l'Andra avec l'accord du Gouvernement en juin 2008. L'Andra a transmis fin 2008 au Gouvernement un rapport d'analyse au plan géologique, environnemental et socio-économique de la quarantaine de communes qui ont marqué leur intérêt pour le projet.

Suite au retrait des deux communes retenues en 2009 pour réaliser des investigations, l'État a demandé à l'Andra de rouvrir les différentes options de gestion des déchets de graphite et radifères, en étudiant notamment les possibilités de gestion séparée de ces deux types de déchets.

Le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire a constitué un groupe de travail afin de faire un retour d'expérience du processus de recherche d'un site pour les déchets FAVL. L'Andra a remis un rapport au Gouvernement fin 2012 avec des propositions pour la poursuite de la démarche, en s'appuyant notamment sur les recommandations du Haut Comité publiées fin 2011.

LE PROJET DE STOCKAGE RÉVERSIBLE EN COUCHE GÉOLOGIQUE PROFONDE CIGÉO

Projet de stockage profond décrit dans le présent dossier.





AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

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

 **N° Vert 0 805 107 907**

PREMIER APPEL LOCAL

www.andra.fr