

ATELIER *LES DECHETS*

1^{er} semestre - Année 2013-2014



Les déchets radioactifs

ESTEUILLE Lucie, ROZWADOWSKI Elodie

Les Déchets radioactifs



ROZWADOWSKI Elodie
ESTEOULLE Lucie



Les centrales nucléaires sont à l'origine de 74 % de la production d'électricité française mais l'énergie nucléaire à un prix : les déchets radioactifs. En effet, ceux-ci ne sont pas sans danger pour l'homme et son environnement. Selon la nature et l'intensité du rayonnement qu'ils émettent, ils peuvent engendrer différentes pathologies dont des cancers. Pour se protéger de ces risques, les déchets doivent être isolés de l'homme et de l'environnement.

Ces déchets proviennent pour l'essentiel des centrales nucléaires, des usines de traitement des combustibles usés et 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.

En France, environ 2 kg de déchets radioactifs sont produits par an et par habitant (les déchets industriels représentant 2.500 kg par an et par habitant et les déchets ménagers 360 kg par an et par habitant). Selon le Réseau Sortir du Nucléaire (RSN), il faudrait multiplier cinquante à cent fois cette quantité pour obtenir l'ordre de grandeur réel. Cependant, cet écart s'explique par le fait que le RSN considère une autre définition du déchet radioactif, notamment des matières qui ne sont pas classées comme déchet au regard de la loi française telles matières valorisables, combustible usé (plutonium et uranium), uranium appauvri et résidus miniers.

Ainsi, après avoir donné une définition des déchets nucléaires nous verrons comment ces déchets sont stockés. Pour finir, nous discuterons d'une stratégie de gestion de ces déchets à l'échelle nationale et des controverses qui ont lieu autour de cette stratégie de stockage.

I. Les déchets radioactifs

1) Définition de déchet radioactif

Selon la définition de l'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique), est considéré comme déchet radioactif « toute matière pour laquelle aucune utilisation n'est prévue, et qui contient des radionucléides en concentrations supérieures aux valeurs que les autorités compétentes considèrent comme admissibles dans des matériaux propres à une utilisation sans contrôle » (cf tableau 1).

A l'échelle de la France, cette définition est valable puisque l'on attribue la notion de déchet radioactif à toute matière radioactive qui ne peut être réutilisée ou retraitée c'est à dire les déchets ultimes.

De ce fait, des substances radioactives déjà utilisées telles que l'uranium pouvant être réutilisable dans l'industrie future ne sont pas perçues comme des déchets mais peuvent au contraire être considérées comme des matières valorisables.

Par ailleurs, si un déchet nécessite la mise en place d'un dispositif de contrôle de radioprotection (ensemble des mesures prises pour palier aux effets néfastes des rayonnements radioactifs). Une substance dont la radioactivité est suffisamment faible ou diluée peut échapper à la catégorie de « déchet radioactif ». Ainsi, d'une manière générale, les

rejets d'effluents radioactifs liquides ou gazeux (tritium, carbone 14...) ne sont pas considérés comme des déchets radioactifs si leur activité ne dépasse pas les limites autorisées (variables selon les états et les époques), et est considérée comme suffisamment faible pour qu'aucune mesure de radioprotection ne soit nécessaire.

2) Classification des 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 :

♦ 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) et très faible activité (TFA). Les déchets sont ainsi classés selon la quantité de rayonnement radioactif qu'ils émettent :

HA	10⁶ MBq/g
MA	1 MBq/g
FA	0,1 MBq/g

Tableau 1 : classification des déchets radioactifs en fonction de la quantité minimal de rayons émis

La classification des déchets radioactifs est également qualitative :

Les déchets à haute activité proviennent en majorité du traitement des combustibles utilisés dans les centrales nucléaires (résidus non réutilisables séparés de l'uranium et du plutonium par traitement chimique.

Les débris métalliques (gainés, coques et embouts) qui ont été en contact avec les combustibles constituent une part importante des déchets de moyenne activité à vie longue.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte sont liés à la maintenance (vêtements, outils, gants, filtres...) et au fonctionnement des installations nucléaires (traitements d'effluents liquides ou gazeux). Ils sont aussi issus de laboratoires de recherche, d'hôpitaux, d'universités.

Les déchets contenant principalement du radium et du graphite sont classés comme déchet de faible activité à vie longue.

Enfin, les déchets à très faible activité proviennent de l'assainissement et de la réhabilitation d'anciens sites pollués par la radioactivité, présent généralement sous la forme de déchets inertes (béton, gravats, terres) ou de déchets métalliques. Par ailleurs, le démantèlement des centrales nucléaires actuellement en fonctionnement sera à l'origine d'une grande partie des déchets TFA dans les années à venir.

♦ La période radioactive

Elle s'exprime en années, jours, minutes ou secondes. Egalement appelé demi-vie, elle quantifie le temps au bout duquel l'activité initiale d'un radionucléide est divisée par deux.

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.

Deux critères de classification sont présentés ici mais il en existe d'autres faisant intervenir la dangerosité chimique et la nature physico-chimique des déchets.

Une fois la classification des déchets établie il s'agit de réaliser un stockage tenant en compte les critères préalablement abordés.

II. Un stockage réfléchi

Dans l'industrie nucléaire, entreposage et stockage ont des significations bien différentes : un déchet nucléaire peut être soit entreposé provisoirement, soit stocké définitivement.

Le stockage des déchets radioactifs est une opération assez délicate qui demande beaucoup de précision au niveau du suivi des radioéléments. Le principe de stockage consiste à accompagner le déchet dans toutes les étapes de sa vie : production, conditionnement, stockage, surveillance, jusqu'à ce que la radioactivité qu'il contient soit comparable à la radioactivité naturelle (0,0001 Bq/g pour l'eau douce).

Il existe aujourd'hui plusieurs types de stockage différents selon la radioactivité des déchets. C'est le rôle de l'ANDRA (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs), pour garantir la préservation de l'environnement et de la santé des populations, de déterminer pour chaque type de déchet un type de gestion adapté et sûr.

1) Les différents stockages

Comme pour les autres déchets, on cherche pour les déchets radioactifs d'abord à réduire leur volume c'est pourquoi, ils sont compactés, incinérés ou découpés puis "conditionnés" pour constituer des "colis" transportables et prêts à être entreposés ou stockés.

Un colis de déchets se compose en général de trois éléments :

- Les déchets eux-mêmes,
- Le matériau (matrice) de confinement, ou enrobage, qui stabilise et rend les déchets inertes,
- Le conteneur ou emballage (fût, caisson métallique ou béton).

a) Stockage en mer

Au cours des années 1950, une partie des déchets provenant des centrales nucléaires européennes et américaines ont été jetés à partir de navires dans l'Atlantique et entre les îles anglo-normandes et le cap de la Hague.

En effet, durant une première phase du développement de l'usage de l'énergie nucléaire, a prévalu l'idée que la dispersion large dans l'environnement d'une partie des déchets radioactifs de faible activité pouvait être une solution pour le long terme.

Parmi les conteneurs déversés, certains devaient rester étanches environ 500 ans (alors que les déchets sont actifs des milliers d'années), ce qui correspond au délai nécessaire pour ramener leur activité à une valeur telle que leur dispersion dans la mer ne pose pas de problème. Mais un problème est intervenu et une partie d'entre eux se sont fissurés ou ouverts 30 ans après leur immersion.

Suite à cela, le 12 mai 1993, le gouvernement anglais a voté l'interdiction définitive du déversement en mer de déchets radioactifs. Depuis, les déchets sont gérés dans la majorité des cas en centres de stockage.

b) Le stockage de surface

Le stockage de surface convient aux déchets de très faible activité ainsi qu'aux déchets de faible et moyenne activité à vie courte. En effet, les TFA, ont un niveau de radioactivité proche de la radioactivité naturelle au bout d'un temps très court et les déchets FMA-VC contiennent des substances radioactives qui ne présentent plus de risque au bout de quelques centaines d'années.

Ce type de stockage a pour but d'isoler les déchets de l'environnement jusqu'à la quasi-disparition de leur radioactivité. Pour cela, on les enferme dans des fûts en béton, jusqu'à 15% de leur capacité totale et on complète avec du béton. Ces fûts sont à leur tour, empilés les uns sur les autres, les espaces sont comblés avec du mortier ou des graviers.

Il est essentiel que les colis qui contiennent les déchets soient à l'abri de l'eau, c'est pourquoi ils sont stockés dans ce que l'on appelle une case de stockage, qui a une fonction essentielle de confinement, à laquelle s'ajoutent diverses couches de gravier et d'isolants. Ce dispositif de confinement prend également en compte les risques naturels difficiles à prévoir (séismes, glissements de terrain, intempéries).

c) Stockage en couche géologique profonde

Une des solutions actuelles pour le devenir des déchets radioactifs HAVL consiste à les stocker à grande profondeur (entre 300 et 500 m) dans des galeries creusées dans une couche géologique stable, dense et le plus possible étanche (l'argile est la solution la plus envisagée en France).

Cette méthode de stockage géologique a pour principal but de retarder le relâchement et la migration des radioéléments sur une échelle de temps compatible avec leur période de décroissance. Il repose sur une conception multi-barrières dont le niveau le plus élevé est la formation géologique en elle-même. Les autres barrières mises en place sont le colis de déchets, le colis de stockage ainsi que d'éventuels dispositifs de confinement telle une barrière ouvragée en bentonite.

Le stockage géologique est actuellement l'option la plus étudiée dans le monde.

2) Sûreté des stockages : le concept multi-barrières

Les calculs de sûreté d'un stockage font appel à des notions probabilistes. Comme pour tout risque, deux paramètres sont déterminés pour évaluer les conséquences probables d'un événement (intrusion humaine, venue d'eau plus importante que prévue, séisme, glaciation, etc.) :

- la probabilité d'occurrence de l'événement en question ;
- la gravité des conséquences de l'occurrence d'un tel événement.

L'objectif de la gestion à long terme des déchets radioactifs est de protéger l'homme et son environnement contre toute émission ou dissémination d'éléments radioactifs. Les stockages, adaptés à chaque type de déchets, doivent isoler les matières radioactives de l'environnement pendant le temps nécessaire à la décroissance de la radioactivité qu'ils contiennent.

La sûreté du stockage repose sur 3 composantes rigoureusement étudiées :

- les colis qui contiennent les déchets : composés de 15 % de déchets proprement dits et de 85 % d'enrobage (béton, mortier, résine, bitume) qui stabilise et rend les déchets inertes
- les ouvrages de stockage dans lesquels sont placés les colis : ont pour fonction principale d'isoler les colis de l'environnement, et surtout de l'eau,
- la géologie du site qui constitue une barrière naturelle en cas de dispersion accidentelle d'éléments radioactifs vers la nappe souterraine

Malgré ces précautions, des dangers persistent : les caractéristiques naturelles sont difficilement contrôlables ce qui alimente les débats sur le choix du lieu de stockage. Au regard de la probabilité d'incidents non négligeable les décisions sont prises à l'échelle nationale.

III. Stratégie nationale de la France et futurs projets

1) Stratégie nationale

En France, la gestion ultime des déchets radioactifs est assurée par l'Andra (Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs), qui exploite plusieurs centres de stockage. Il s'agit d'un établissement public, sous tutelle des ministères en charge de l'énergie, de la recherche et de l'environnement. L'Andra aussi pour mission de mener des recherches sur la gestion des déchets ne disposant pas déjà d'une filière de gestion définitive. La gestion des déchets radioactifs fait l'objet d'un encadrement spécifique : évaluation des recherches, inventaire public des matières et déchets radioactifs, comité pluraliste de suivi, etc. La politique française de gestion des matières et déchets radioactifs donne lieu à la publication régulière d'un plan national de gestion. Notons aussi le principe de l'interdiction du stockage en France de déchets radioactifs en provenance de l'étranger.

Le Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (PNGMDR), remis à jour tous les trois ans, permet de gérer l'intégration et la cohérence de la gestion de l'ensemble des déchets radioactifs ; il est publié par le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Il dresse un bilan de la politique de gestion des matières et des déchets radioactifs, évalue les besoins nouveaux et détermine les objectifs à atteindre à l'avenir. Il prévoit des dispositions pour la période postérieure à la fermeture des installations de stockage, une description du dispositif de sécurisation du financement des charges nucléaires à long terme, et des indicateurs permettant d'évaluer l'avancement de la mise en œuvre du Plan.

Ce plan fait partie du dispositif français de gestion des déchets radioactifs avec l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). Quelle que soit la nature, la radioactivité ou l'origine de ces substances, le plan devrait permettre une gestion intégrée, durable et transparente.

Les principales demandes du PNGMDR 2013-2015 sont les suivantes :

- **Développer de nouveaux modes de gestion à long terme** notamment par la poursuite d'études et recherches sur les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue ainsi que sur les déchets de faible activité à vie longue ;
- **Améliorer les modes de gestion existants** en particulier par la mise en place d'outils permettant de suivre les capacités volumiques et radiologiques des centres de stockages ainsi qu'en anticipant les besoins de nouvelles capacités.
- **Prendre en compte les événements marquants survenus pendant la période 2010-2012** en intégrant dans le plan la présentation de la gestion des déchets issus de situations accidentelles.

2) Les projets : Cigéo

Depuis que la faisabilité du stockage profond pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue a été validée en 2005, l'ANDRA est en charge de concevoir et d'implanter un centre de stockage pour ce type de déchet. Ce centre sera nommé Cigéo (Centre industriel de stockage géologique).

Cigéo devra permettre de confiner de manière durable les substances que contiennent les déchets HA et MA-VL. L'ANDRA prévoit d'implanter ce site à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne. Le stockage, ayant pour but de confiner efficacement la radioactivité, est fondé sur une couche argileuse homogène, continue et imperméable permettant de retarder et de limiter la dispersion de ces substances. Ces propriétés ont été mises en évidence grâce à des reconnaissances géologiques et aux études des scientifiques conduites notamment dans le Laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne, un réseau de galeries souterraines localisé sous le territoire de la commune de Bure.

L'une des conditions (imposée par la loi du 28 juin 2006) à remplir pour que le stockage ait lieu est qu'il soit réversible pendant au moins 100. La réversibilité du processus doit permettre aux générations futures de modifier la décision prise antérieurement et d'améliorer le processus de stockage. Il s'agit par exemple de pouvoir retirer les colis stockés et de les entreposer différemment si un autre mode de gestion était envisagé.

Si le projet abouti (attendu en 2025, si l'autorisation de mise en service du centre de stockage est délivrée par le Gouvernement, sur avis de l'Autorité de sûreté nucléaire), plusieurs centaines de personnes travailleront pour construire continuellement de nouvelles alvéoles de stockage et gérer les colis de déchets.

D'une manière générale, le choix de la localisation d'un centre de déchets est toujours source de polémique. A titre d'exemple, le projet Cigéo, sur le point d'affecter les sous-sols de la commune de Bure, a réveillé de nombreux débats opposants les grands organismes nationaux tels que l'Anda à divers organismes locaux.

3) Bure : une décision controversée

En juin 2013, le débat public porté par l'Andra autour du projet d'enfouissement Cigéo des déchets radioactifs a été sujet à de nombreuses controverses concernant notamment le financement, la réversibilité du processus et les incertitudes sur la capacité à garantir l'imperméabilité du site sur une durée de 100 000 ans. En effet, de nombreuses organisations appellent à boycotter le débat public Cigéo/Bure, en particulier de nombreux groupes locaux dont Bure Zone Libre, la Fédération nationale des Amis de la Terre et le Réseau Sortir du Nucléaire.

a) L'existence de failles

Existe-t-il ou non des failles ou toutes autres anomalies géologiques ? Les avis sont tranchés avec d'une part un déni catégorique venant de l'Andra, et d'autre part, différents géologues qui relèvent la possible présence d'une faille à la limite de la zone d'enfouissement. La CNE (Commission nationale d'évaluation relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs) soulève quant à elle la question de l'incertitude sur d'autres aléas géologiques, comme des effondrements, qui pourraient intervenir dans un futur plus ou moins proche.

b) La stabilité et l'étanchéité de la couche d'argile

Il s'agit maintenant de savoir si la couche d'argile est stable et étanche. Dans les sous-sols de la région de Bure, la présence d'une couche d'argilite dont les propriétés pourraient correspondre à ce qui est recherché dans le cadre du stockage des déchets nucléaires a fait pencher la balance pour cette partie du Bassin Parisien. Après avoir effectué une dizaine de forages sur la zone d'étude, l'ANDRA a conclu que l'argile serait stable, imperméable et sans circulation d'eau pour le prochain million d'années. Cependant, des géologues relèvent la possibilité de fissuration de l'argile ainsi que la présence de microfailles, remettant en cause son imperméabilité. Il est important de noter que l'abondance des précipitations sur le plateau de Bure peut engendrer le risque de contamination de la circulation naturelle de l'eau par les radionucléides.

c) Le potentiel géothermique de la région

Il reste aussi une interrogation quant au potentiel géothermique de la région. En effet, celui-ci pourrait être laissé par l'implantation d'un centre de stockage et donc la proximité de déchets nucléaires. À ce propos, le CLIS de Bure (Comité Local d'Information et de Suivi du Laboratoire souterrain de recherche sur la gestion des déchets radioactifs) est directement intervenu auprès de l'Andra, afin de l'inciter à entreprendre des forages supplémentaires afin d'infirmer ou de confirmer ces dires, l'Andra niant toute possibilité d'utiliser la géothermie sous le site du laboratoire de Bure. Les associations telles que Stop Bure dénoncent l'enfouissement des déchets et ne manquent pas de rappeler ces possibilités énergétiques. Aux yeux de la loi, si un potentiel géothermique est déterminé à Bure, il sera impossible d'y enfouir les déchets nucléaires : l'enjeu est majeur.

d) Coût économique

En plus de ces questions purement techniques, le débat se concentre sur le coût économique à supporter pour une région rurale à l'économie en déclin. En ce sens, certains élus se sont constitués en association pour faire entendre leur voix. Selon l'EODRA (Élus de Lorraine et Champagne-Ardenne opposés à l'enfouissement des déchets radioactifs et favorables à un développement durable) cette implantation marque la mort du peu de tourisme existant dans les deux départements. De plus, l'image de l'agriculture locale pourrait également en pâtir alors même que cette ressource est un atout pour l'économie de la région. Mais l'implantation du laboratoire de Bure s'est accompagnée de versement de subventions,

rendant difficile pour les départements la remise en cause du laboratoire qui leur assure une partie de leurs ressources. Par ailleurs, selon l'administrateur général du CEA, l'implantation d'un site devrait créer, pour son fonctionnement, 70 emplois directs. De ce point de vue, la controverse oppose les organismes publics nationaux aux locaux qu'ils soient élus ou issus du milieu associatif.

Conclusion

Les déchets radioactifs étant très nocifs pour l'homme et l'environnement, des mesures de stockage sont prises à l'échelle nationale pour limiter les risques. Pour cela, les déchets sont classés en fonction de leur niveau de radioactivité et de leur période radioactive. Différents types de stockage adaptés à la classification des déchets sont alors mis en place tels que le stockage en surface ou le stockage en couche profonde.

Nous avons également pu voir que, pour permettre un confinement durable des déchets très radioactifs, l'Andra propose la mise en place d'un nouveau centre de stockage : cigéo. Sur le point d'affecter les sous-sols de la commune de Bure, ce projet a réveillé de nombreux débats opposants les grands organismes nationaux tels que l'Andra à divers organismes locaux. Malgré toutes les questions qu'il soulève, Le stockage souterrain apparait tout de même aujourd'hui comme la meilleure technique pour le stockage à l'échelle nationale des déchets hautement radioactifs.

Bibliographie

a) Livre

Les déchets nucléaires : les connaître, nous en protéger, Armand Faussat, 1997, Stock

b) Sites internet

www.developpement-durable.gouv.fr

- rubriques Énergies, Air et Climat - Énergies – Nucléaire
- rubrique Salle de lecture, pour consulter toutes les publications du ministère

www.andra.fr

www.asn.fr

www.dechets-radioactifs.com

www.clis-bure.com

c) Articles

Synthèse du Plan national de gestion des déchets nucléaires 2013-2015, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, SG/DICOM/DIE/M. Watine, 2013

La gestion des déchets nucléaires, O. Méplan, A. Nuttin, Institut National Polytechnique Grenoble, 2006

Normes de sûreté de l'AIEA pour la protection des personnes et de l'environnement, Agence internationale de l'énergie atomique (AIAE), Vienne, 2011

d) Vidéos

www.arte.tv/fr

- Déchets nucléaires : les solutions de stockage
- Océans poubelles