

Gestion des déchets nucléaires haute activité : analyse de la stratégie française

Perold Marc, L1 Science pour l'Ingénieur, Marc.Perold@e-ujf-grenoble.fr

Giraud Romain, L3 Physique, Romain.Giraud1@e-ujf-grenoble.fr

Abstract

Today radioactive waste in France, go from in majority of cases installations to produce electricity. There are different type of waste (low radioactivity until high radioactivity). In 1991, a law on nuclear energy was created aim to manage the search on the waste management and to fix objectives to hit the target. Since twenty years, great advances have been made, notably on the very radioactive waste, with a project to put them in the earth in 500 meters deep of clay and new laws. This stocking is based on the "multibarriers" to fight against radiations. But this provokes a lot of questions.

Mots clefs: déchet, stockage, multi-barrières, réversible.

1. INTRODUCTION

Nous avons mené des recherches sur la gestion des déchets nucléaires en France. Le problème posé est de savoir si actuellement en France, les déchets radioactifs sont gérés de manière satisfaisante sur deux points en particulier, à savoir l'environnement et la sécurité. Nos recherches sont centrées sur les déchets de haute activité (à vie longue) ainsi que sur leur mode de stockage. Actuellement ces déchets fortement radioactifs sont stockés en « surface » (vitrifiés, dans des piscines de décroissance). Un projet est actuellement à l'étude pour l'avenir, il s'agit de stocker en profondeur sous terre dans des couches géologiques. Notre article est basé en particulier sur ce futur mode de stockage en France des déchets en couche géologique d'argile. Ce projet est à l'origine de nombreux débats, questionnements... Depuis 1991, une législation a été mise en place, avec des révisions des lois, des rapports annuels (transparences et avancées des recherches) et des débats (entre acteurs, gouvernement, organismes « contre »). Notre article comporte quatre parties. Tout d'abord une définition du « déchet nucléaire », ensuite dans une seconde partie, nous nous analysons la législation mise en place en France (avec son bilan). Dans une troisième partie, nous expliquons le principe de stockage des déchets en couche géologique d'argile, et pour finir nous avons listé les arguments, les opinions pour/contre ce projet d'enfouissement des déchets radioactifs.

2. ETUDES

1. Déchets nucléaires

Un déchet nucléaire est un déchet radioactif. Un déchet radioactif est une matière radioactive dont aucun usage n'est plus possible. La radioactivité des déchets, qui provient d'un déséquilibre au niveau du noyau, peut être de différents niveaux, ainsi on obtient différentes sortes de déchets radioactifs.

« Selon l'AIEA, le déchet radioactif est tout matériel qui contient une concentration de radionucléides supérieure à

celle considérée comme sûre par les autorités nationales, et pour lequel aucune utilisation n'est prévue. En raison de la grande variété des applications nucléaires, les montants, types et même la forme physique des déchets radioactifs varient considérablement: certains déchets peuvent rester radioactifs pendant des centaines ou des milliers d'années, tandis que d'autres peuvent nécessiter des stockages que pour une courte période de décroissance avant leur élimination classique »[1].

En France, selon la définition de la loi, un déchet radioactif est une matière radioactive ne pouvant être réutilisée ou retraitée (dans les conditions techniques et économiques du moment).

Nous nous intéresserons particulièrement **aux déchets de haute activité (HA) et déchets de moyenne activité et à vie longue (MAVL)**: ce sont principalement les déchets issus du cœur du réacteur, hautement radioactifs pendant des centaines de milliers, voire millions d'années.

2. Exemples

Un exemple de comparaison donné par l'AIEA: la production d'électricité d'une centrale nucléaire de type 1000 MW (e) (Mégawatt Electrique : correspond à la production de puissance électrique), qui peut subvenir aux besoins d'une ville de la taille d'Amsterdam, produit environ 300 m³ de déchets de niveau intermédiaire et faible ainsi que quelques 30 tonnes de déchets de haut niveau par an. Alors qu'une centrale à charbon MW 1000 (e) produit environ 300.000 tonnes de cendres par an, contenant entre autres des matières radioactives et métaux lourds qui se retrouvent dans les sites d'enfouissement et dans l'atmosphère.

Mais le réseau «Sortir du nucléaire»[2] fait également remarquer que: en France, le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) est un organisme public et l'État détient la majorité du fabricant de centrales AREVA. Ce sont donc les impôts qui financent les projets pharaoniques de l'industrie nucléaire. (Ex : le "surgénérateur" Superphénix, fermé en 1997 après 12 années de pannes diverses, à coûté 9.7 milliards d'euros).

3. Origines des déchets radioactifs

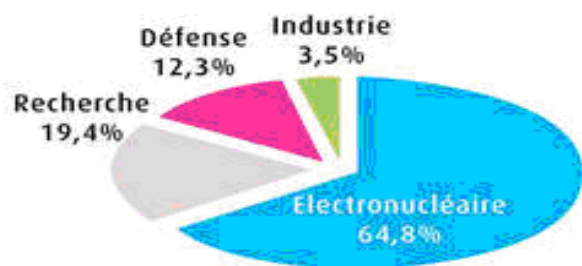


Figure 1: origines et répartitions des déchets nucléaires français [3].

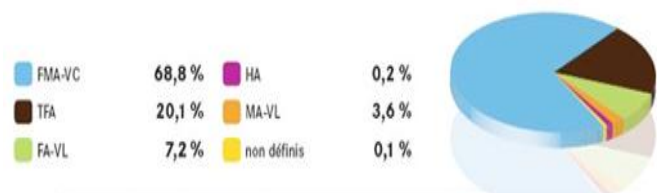


Figure 2: Répartition des volumes de déchets français par catégories. [4]

3. LÉGISLATION ET BILANS

1. La loi Bataille de 1991 [5]

Cette loi a pour but d'encadrer les recherches pour la gestion des déchets à vie longue et haute activité. Elle fixe 3 grands axes de recherches et laisse un délai de 15 ans (2006) pour élaborer un rapport d'évaluation des recherches et la création d'un centre de stockage déchets à vie longue. Elle interdit le stockage des déchets provenant de l'étranger et crée la commission nationale d'évaluation (CNE), chargée de constituer un rapport (avancements des recherches et auditions des acteurs). Les 3 axes sont :

* **la séparation poussée et la transmutation des déchets**, piloté par le CEA: diminuer la nocivité des déchets : trier/transformer les déchets à vie longue en d'autres déchets moins toxiques (durée de vie réduite).

* **stockage en formation géologique profonde**, piloté par l'ANDRA: mettre en œuvre des dispositions/technologies de stockages définitifs en sous-sol avec des déchets confinés dans des « colis »

* **procédés de conditionnement et entreposage de longue durée**,

piloté par le CEA: mettre au point des conditionnements/modalités d'entreposage des déchets de longue durée tout en protégeant l'Homme et l'environnement.

2. La loi du 28 Juin 2006, 15 ans après loi Bataille [6]

Elle renforce la transparence et le contrôle démocratique sur la gestion durable ; met en place des règles de financements et d'accompagnements économiques et aborde 3 grands sujets :

*Définition d'une politique de gestion des matières radioactives:

fixe les orientations de gestion (art.6). Cela consiste à : la réduction de quantités/ nocivité des déchets (réduction à la source par la séparation poussée) ; entreposage de déchets comme étape préalable et après cette étape, stockage en couche géologique profonde pour les déchets ne pouvant être stockés en surface. Il y a élaboration tous les 3 ans du plan national de la gestion des matières et déchets radioactifs (bilan de la gestion, déterminer les objectifs à atteindre et les échéances). Enfin, ce sujet définit un programme de recherche en cohérence avec 1991

le 1^{er} axe : un bilan est prévu en 2012,

2nd axe: est confirmé (stockage en couche géologique),

3^{ème} axe: création de nouvelles installations d'entreposage au plus tard en 2015.

*Renforcement de la transparence et du contrôle démocratique:

création du haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire pour organiser régulièrement des concertations/ débats sur la gestion durable.

*Dispositions de financements et accompagnements économiques :

(art. 15, 16, 17), les recherches de l'ANDRA sont financées par une taxe sur les installations nucléaires ; et modernisation du dispositif d'accompagnement local (art.13, 21) du laboratoire souterrain et du centre de stockage en couche géologique.

3. Résultats des 3 axes de recherches (de la loi 1991) en juin 2010 [6]

Résultats axe 1: faisabilité des principales options de séparation sont établies mais la transmutation est en cours d'élaboration, donc actuellement non envisagée à cause des difficultés techniques.

Les perspectives sont : créations de nouveaux ateliers de séparation pour 2040.

Résultats axe 2: la couche d'argile est favorable pour le stockage en environnement géologique car cette couche est stable, séismes faibles et très faible circulation de l'eau. Les concepts pour confiner sont simples, robustes et adaptés à l'argile. La faisabilité de ce stockage est acquise depuis 2005 mais quelques années sont nécessaires pour affiner les recherches et trouver un site précis. Ce concept est réversible c'est-à-dire une possibilité de reprise des déchets en cas de problème est envisageable.

Les perspectives sont : la poursuite des études jusqu'en 2015 et une proposition d'un site d'implantation avant 2012.

Résultats axe 3: pas de problème de faisabilité technique sur l'entreposage en surface mais soulève les questions des contraintes portées sur des générations futures (car la période de stockage peut durer 300 ans). Les recherches sur l'entreposage de longue durée sont abandonnées, seules les solutions d'entreposage comme solution temporaire reste d'actualité (pour déchets en attente de traitements).

Les perspectives sont : l'expansion des installations/ créations de nouvelles installations jusqu'en 2015.

4. STOCKAGE EN COUCHE GEOLOGIQUE DES DECHETS RADIOACTIFS

Ce stockage ne concerne que les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue. Ces déchets vont être stockés dans une couche géologique d'argile (ou de granite mais c'est encore à l'étude) stable depuis des millions d'années et imperméable. Il ne s'agit pas d'un «tas d'ordures» ou d'une «décharge»[7], les déchets nucléaires sont confinés dans des systèmes rigides. La loi de 2006 a défini un calendrier : un débat public en 2013 ; dépôt de la demande d'autorisation de création par l'ANDRA fin 2014 ; une loi sur les conditions de réversibilité ; début de la construction de ce projet vers 2017 et mise en service de ce mode de stockage en 2025. Cette loi impose la réversibilité du stockage durant au moins 100 ans, pour laisser aux générations futures la possibilité de modifier ce processus de stockage. Ceci permettrait de retirer les colis radioactifs pour plusieurs raisons : en cas de problèmes de contamination radioactive, pour les stocker d'une meilleure façon,... Le site de Bure (Meuse)[8] a été choisi par le gouvernement en 1998 pour construire un laboratoire de recherche souterrain dans le but d'étudier les formations géologiques profondes, suite à la loi Bataille de 1991. En 2000 commence la construction des laboratoires (souterrain et en surface) par l'ANDRA ; c'est un réseau de galeries souterraines dans lequel on réalise des simulations de stockages.

1. Le parcours des déchets

* La réception, contrôle et conditionnement des déchets : les producteurs vitrifient les déchets puis les enferment dans des colis (acier, inox, béton) et les acheminent dans des emballages spécifiques au centre de stockage par rail ou par route. Une fois arrivés, les déchets sont gérés par l'ANDRA et sont entreposés dans des conteneurs. Un colis est composé de 15% de déchets et de 85% pour l'enrobage et l'emballage [9]

* Le stockage des conteneurs dans des alvéoles [10] : chaque conteneur est placé dans une hotte de transport pour protéger le personnel. Le conteneur est transféré vers l'alvéole de stockage (résistante et étanche) par une liaison, puis la hotte accoste la porte blindée de l'alvéole, les portes s'ouvrent et le conteneur est pris en charge par un robot assurant sa mise en place dans l'alvéole. Les portes de la hotte et de l'alvéole se referment.

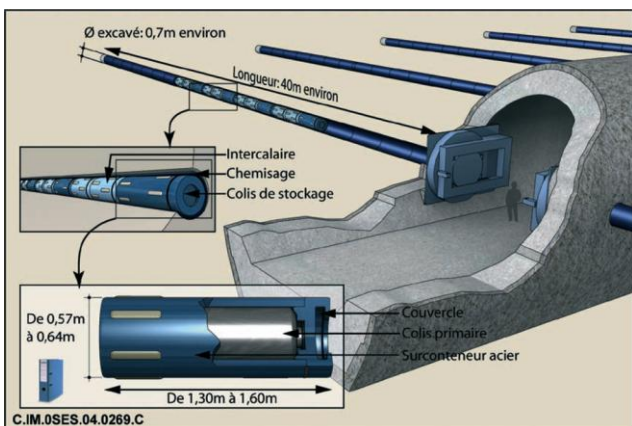


Figure 3 : le concept du stockage des déchets de haute radioactivité.[11]

Dans ces conditions les déchets nucléaires ne présentent aucune nuisance à la biosphère car ils sont isolés à l'intérieur de 3 barrières qui sont :

- 1) la vitrification des déchets et leur stockage dans des colis
- 2) le transfert des colis dans des alvéoles
- 3) leur entreposage à 500 m de profondeur dans une couche d'argile. La profondeur du dépôt et les multiples barrières empêchent toute dispersion significative des déchets. Les rayonnements émis par ces déchets ne peuvent pas franchir ces barrières et irradier les personnes se trouvant à la surface (prouvé physiquement).

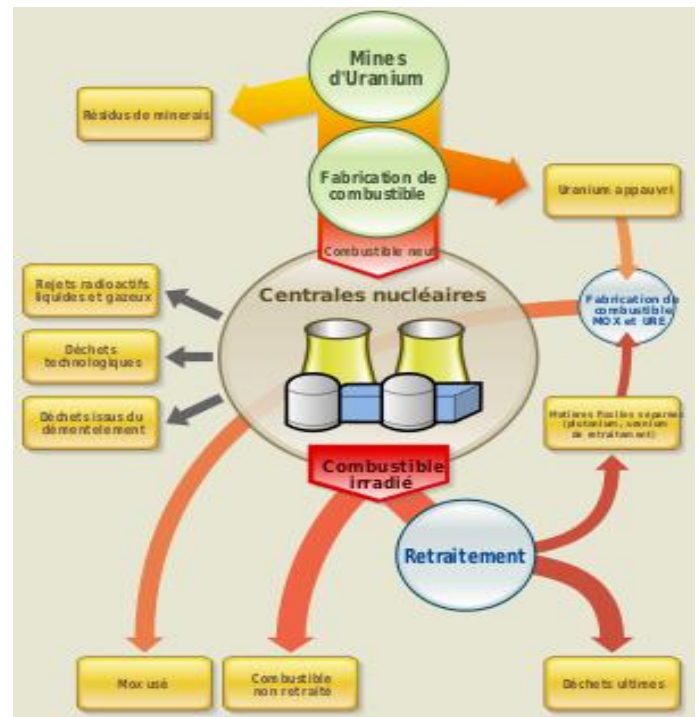


Figure 4: cycle des éléments radioactifs [12]

La figure 4 nous résume le cycle des éléments radioactifs (c'est-à-dire de l'extraction de l'uranium jusqu'au combustible usé/recyclé). Une fois l'extraction de l'uranium réalisée, on peut fabriquer le combustible pour le fonctionnement d'une centrale nucléaire. (Nous n'étudions pas le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire). La fabrication d'énergie (électricité) par une centrale crée différents types de déchets radioactifs :

-Des déchets de faible activité. Ce sont les rejets radioactifs liquides et gazeux et les déchets technologiques (outillages machines qui « sont en contact » avec des radioéléments.

-Des déchets du démantèlement (infrastructures en contact avec des radioéléments) sont de moyenne à haute activité. Le démantèlement est pris en compte car il fait partie du cycle de vie d'une centrale, donc lié à la production d'énergie.

-Différents déchets du combustible irradié de très haute activité sont issus directement de ce combustible irradié ou de son recyclage (déchets ultimes ne pouvant être recyclés et le MOX usé provenant du traitement/recyclage du combustible usé/irradié).

A noter, des déchets existent à la source du cycle, les résidus de minerais.

2. Les installations souterraines

Les installations se développent au fur et à mesure de l'exploitation pouvant atteindre jusqu'à 15 km², situées à 500m de profondeur. Elles sont composées de zones de stockage pour les déchets, de galeries de liaison avec la surface et d'installations techniques. Ces installations souterraines sont conçues de façon modulaire pour construire progressivement des alvéoles et la séparation des déchets selon plusieurs critères : types de colis, caractéristiques chimiques. Les galeries de liaison (puits) relient les installations en surface aux souterraines pour permettre de transférer les conteneurs, le personnel, les engins de chantiers [13].

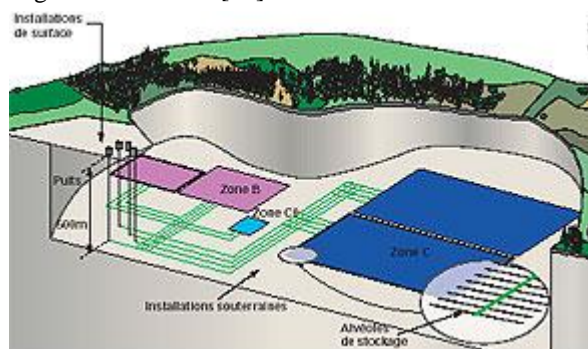


Figure 5 : le projet d'enfouissement des déchets radioactifs.[14]

La figure 5 rend compte de l'ampleur et de l'organisation des infrastructures d'un tel stockage.

En surface : les installations pour les travaux de construction des galeries/alvéoles et les accès aux galeries souterraines pour le personnel occuperont environ 200 hectares. Les installations de contrôles et d'acheminements des déchets en sous sol occuperont environ 100 hectares.

En souterrain : les différentes zones de stockages sont visibles sur la figure, correspondantes aux différents types de déchets de haute activité et au développement progressif du stockage.

3. Éléments économiques

Le coût du laboratoire souterrain et des installations en surface a coûté environ 100 millions d'Euros et les frais d'expérimentations coutent 16 millions d'Euros par an. Toutes ces recherches et installations sont financées par EDF, l'ANDRA, CEA et Cogema ; et permettent la création d'environ 160 emplois [15].

5. DIFFÉRENTS POINTS DE VUE

1. Les opinions contre

-L'ONG « Sortir du nucléaire » [16] se montre très défavorable au stockage des déchets dans le sol. De nombreux arguments sont donnés : sur la réversibilité du système, il est impossible de la garantir pendant des milliers d'années lorsqu'on enfouit des déchets à 500m de profondeur. De plus on n'a pas les moyens techniques et « mécaniques » pour redescendre en profondeur afin d'ouvrir

des galeries hermétiquement fermées pour reprendre les futs (déjà des problèmes pour reprendre des futs qui sont stockés en surface au centre de la Manche) donc possibilités d'oublis et d'abandons, c'est « l'empoisonnement » d'un espace naturel durant des milliers d'années.

-Les problèmes liés à l'environnement : il est impossible d'empêcher les infiltrations d'eau qui contamineraient les nappes phréatiques ; les séismes pourraient avoir des impacts dangereux (fissurer les colis radioactifs, répandre la radioactivité dans le sol et possibilité d'effondrement des galeries, donc plus d'accès aux colis).

-On ne connaît pas la durée d'étanchéité des futs contenant les déchets.

-«Comment préserver durant des siècles la mémoire des déchets enfouis pour éviter qu'un explorateur de l'an 3000 n'y accède par inadvertance ? », aucune des solutions proposées n'est fiable ni réaliste.

-D'un point de vue économique : le coût très élevé des opérations, surtout si l'on doit abandonner ce mode de stockage pour des raisons de sécurité...

-L'article de Marion Festraets [17] «Une poubelle pour un million d'années» est assez pessimiste : c'est une méthode juste pour cacher car à cette profondeur l'eau n'est plus puisée et ne peut pas remonter à la surface. Il est impossible que les colis résistent pendant des centaines d'années d'où le projet d'enfouissement pour s'en débarrasser.

-Des éléments géologiques sont défavorables pour ce stockage [18] :

Les éruptions volcaniques du Massif Central ont moins de 10 000 ans et « un tremblement de terre de magnitude 5,4 survenu récemment a surpris tout le monde par son intensité » (son épocentre était aux environs de Strasbourg). Des comparaisons sont faites avec le stockage souterrain du gaz (quelques années après le début du stockage des failles sont apparues donnant naissance à des fuites de gaz). Donc il pourrait se passer le même scénario avec les déchets radioactifs.

Les infrastructures souterraines peuvent se corroder par la présence de courants électriques circulant dans le sous sol.

2. Opinions favorables apportées par la l'ANDRA [19]

-Sur la réversibilité : elle est imposée par la loi de 2006 ; serait garantie pendant plusieurs siècles à condition de réaliser des travaux de maintenance classique, avec l'élaboration de dispositifs pour faciliter le retrait de colis, « piloter le stockage de manière flexible et par étapes » (une fois le colis installé les structures ne sont pas scellées mais fermées par un dispositif protégeant les personnes).

-Enfouissement dans une couche géologique d'argile : roche stable depuis 150 millions d'années, peu perméable (faible circulation d'eau et très lente) donc cette raison s'opposerait au transport de substances radioactives et si certaines migrent ce serait sur des milliers d'années (donc pas d'impact sur l'Homme et l'environnement). Cette roche a des propriétés favorables pour piéger des substances radioactives et supporte le creusement minier.

-En Haute Marne, des galeries sont construites pour confirmer les expérimentations et retracer l'histoire

géologique du site, les études sur le site du Bassin Parisien montrent qu'il est très peu sismique (les ouvrages sont conçus pour résister à un séisme de magnitude 6, de plus les séismes sont faibles en profondeur).

-Comportement des matériaux de stockage : le béton se dégrade en plusieurs dizaines de milliers d'années et les matières métalliques pour un stockage fermé (absence d'oxygène) se corrodent très lentement et les ouvrages sont stables car l'argile se déforme très lentement au cours du temps.

-En surface des postes surveillances sont installés pour contrôler l'évolution en permanence (mesures de déformation, de température, pressions,...).

3. *Quelles sont les stratégies adoptées par les autres pays ?*[20]

-*En Finlande* : les déchets radioactifs doivent être stockés en permanence dans des formations géologiques, depuis une loi votée en 1987 sur l'énergie nucléaire. Une décision du gouvernement permet la construction d'installations de stockage et le gouvernement définit les responsabilités des acteurs (similaire à la France). Le stockage s'effectue dans du granite qui est une roche dure mais présente un inconvénient : elle est cassante, donc il y a possibilité d'infiltration d'eau. Un laboratoire souterrain pour affiner les recherches fut construit en 2004, l'exploitation du site est prévue pour 2020.

-*En Allemagne* : les déchets hautement radioactifs sont entreposés en surface (conteneurs, piscine de décroissance) dans des entrepôts de durée de vie fixée à 40 ans environ. Le stockage géologique dans les roches salines est en cours d'études depuis de nombreuses années, sa mise en place est prévue pour 2030. La roche saline a la particularité d'être très imperméable. (De 1981 à 1998, des déchets de faible/moyenne activité ont été stockés dans une ancienne mine de sel).

-*Aux États-Unis* : premier pays au monde à avoir adapté ce type de stockage avec le « WIPP » (centre de stockage géologique pour les déchets militaires). Les déchets sont stockés dans une couche de sel, très imperméable, à 650 mètres de profondeur ; avec une capacité de stockage d'environ 175 000m³ de déchets (volume de déchets d'une trentaine d'années). Un nouveau site est en projet (Yucca Mountain) pour accueillir d'autres déchets, un laboratoire de recherches fut implanté. Ce stockage se fait dans du tuf (roche volcanique), roche dure donc barrière efficace contre les radioéléments mais cassante. De plus ce site est situé dans le désert, zone très faiblement peuplée. Mais ce projet a été rejeté en 2009 car trop de failles dans le sol sont présentes. De nombreuses recherches sur le recyclage des déchets radioactifs sont effectuées.

-*Aux Pays-Bas* : depuis les années 80 le processus de sélection d'un site de stockage fut interrompu par les oppositions de la population et les autorités locales. Aujourd'hui des études sont menées pour un futur centre de stockage géologique dans des structures argileuses et salines. Depuis 2003, un stockage en surface « à sec » dans des entrepôts spécialisés a été mis en place. Ce stockage d'une durée de 100 ans concerne les déchets de moyenne et haute activité. De nouvelles recherches montrent que cette durée pourrait s'étendre jusqu'à 300 ans.

6. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

D'abord, nous avons cherché séparément des documents, des informations en rapport avec le thème des déchets nucléaires en France (exclusivement des sources internet).

Nous avons mis en commun nos éléments, puis nous avons élaboré un thème beaucoup plus précis et une problématique pour limiter et centrer les recherches.

Chacun a réalisé toute une partie (« Etudes » et « législation et bilan »), puis nous les avons mis en commun par la suite. Les recherches liées à ces deux parties ont été menées sur internet uniquement.

Pour les deux dernières parties restantes de notre article, nous avons cherché « chacun de notre côté » des renseignements, puis on les a rédigé ensemble en regroupant nos éléments de recherche. La majeure partie des recherches s'est effectuée par internet (sites : ANDRA, CEA, Bure, Sortir du nucléaire), d'autres recherches ont été menées dans revues scientifiques (plusieurs numéros de « Sciences et avenir ») à la Bibliothèque Universitaire.

Nous pouvons dire, que la plupart des recherches s'est effectuée sur internet car un grand nombre de documents sont présentés et sont riches en informations.

7. CONCLUSION

La France se préoccupe de ses déchets nucléaires, notamment les plus radioactifs. Grâce à sa législation mise en place depuis 20 ans par le député Bataille, chaque année des rapports sont remis au gouvernement sur la transparence des opérations, le bilan des recherches. Les travaux de recherches sont menés par le CEA et l'ANDRA. De nombreux débats sont organisés entre les politiques, acteurs, chercheurs, ONG pour discuter des différents points de vues, définir la stratégie à suivre. Entre septembre 2005 et janvier 2006, ont eu lieu plusieurs débats nationaux sur la gestion des déchets radioactifs dans différentes villes de France [21]. Ce fut organisé par la Commission particulière du débat public, composé de personnes venant de divers horizons. La loi de 1991 définit trois grands axes sur le traitement de ces déchets pour apporter des réponses, atteindre des objectifs. On peut trouver un aspect négatif : un seul des trois axes (stockage sous terre) fut « privilégié », les deux autres étant très peu sollicités. Les études menées sur le stockage en couche géologique seraient plutôt positives aux vues des résultats physiques apportés par les organismes de recherche : le concept « multi-barrières » réversible. Le stockage est acquis depuis 2005 dans les couches d'argile. Des laboratoires ont été construits en surface et en sous-sol pour permettre de confirmer les propositions émises ainsi que de trouver de nouveaux ou approfondir des éléments pour la meilleure gestion possible des déchets. Néanmoins, il y a toujours des risques de contamination de l'environnement (dus aux séismes infiltration d'eau) qui seront de plus en plus faibles, à notre avis, grâce encore aux avancées technologiques. La possibilité de doutes sur cette envie de les enterrer subsiste, des organismes comme « Sortir du nucléaire » et « Greenpeace » pensent que ce mode de stockage est plus un motif « d'oubli » qu'une solution de gestion des déchets, un « empoisonnement de l'environnement », et que les infrastructures vont se corroder au fil du temps. Quels que soient les développements futurs dans ce domaine, il restera toujours une faible quantité de déchets hautement radioactifs.

Mais grâce aux avancées des recherches, le volume de ces déchets va diminuer ainsi que la durée de vie des radioéléments. Pour terminer les échéances à venir sont :

-2012 : le site d'implantation du stockage géologique est défini (site de Bure ou un autre ?) ;

-2013 : un débat public sur ce centre de stockage réversible profond ;

-2015 : une loi sur les conditions de réversibilité du stockage ;

-2025 : le début de l'exploitation du centre de stockage.

8. BIBLIOGRAPHIE

[1] : http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/manradwa.html#note_a

[2] : <http://groupes.sortirdunucleaire.org/changeons-d-ere-sortons-du/article/le-nucleaire-c-est-fortiche-ou>

[3] : d'après : www.savoirs.essonne.fr/typo3temp/pics/64b2a59b91.jpg

[4] : d'après : Ecole Supérieure Nationale, Saint-Etienne, www.ccsti-larotonde.com/Dechets-demantelement,177

[5] : CEA, « Les déchets radioactifs », www.cea.fr/jeunes/themes/les_dechets_radioactifs/questions_sur_les_dechets_radioactifs ;

[9] : www.cea.fr/jeunes/themes/les_dechets_radioactifs/les_dechets_radioactifs/protger_l_homme_et_l_environnement

[6] : selon le ministère de l'écologie et développement durable, 15 janvier 2010, énergie, rubrique énergie nucléaire, www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=11525

[7] : termes employés dans la revue « Sciences et avenir », mars 2006, article : « Les déchets nucléaires refont surface ».

[8], [10], [11] et [13] : D'après l'ANDRA, « concevoir un centre de stockage pour les déchets ha et ma »,

www.andra.fr/pages/fr/menu1/les-solutions-de-gestion/concevoir-un-centre-de-stockage-pour-les-dechets-ha-et-ma-vl-84.html

[12] : *Techno-science*, www.technoscience.net/?onglet=glossaire&definition=3371

[14] : « *Journal de la Haute Marne* », www.journaldelahautemarne.com

[15] : source Wikipédia, « Laboratoire de Bure ».

[16] : ONG « Sortir du nucléaire », www.sortirdunucleaire.org/index.php?menu=sinformer&sousmenu=themas&soussousmenu=plus&page=dechets

[17] : L'Express, le 20/10/05, www.lexpress.fr/actualite/environnement/une-poubelle-pour-un-million-d-annees_484252.html

[18] : Parti Vert Européen, Commission Energie des Verts, « La géologie contre l'enfouissement en profondeur des déchets nucléaires », d'après le géologue A. Mallet, WWW.energie.lesverts.fr

[19] : <http://nucleaire-nonmerci.net/actualite/surete-nucleaire.html>

[20] : ANDRA, dossier 2005, www.andra.fr/download/site-principal/document/editions/265.pdf

[21] : D'après CEA, « Comment les autres pays gèrent-ils leurs déchets nucléaires », www.cea.fr et la revue « Sciences et avenir », mars 2006, article « Tour du monde des choix ».

[22] : D'après, www.sfen.org/fr/debat/presentation.pdf