



MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES
ET DE L'INDUSTRIE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU
DEVELOPPEMENT DURABLE

SAISINE DE LA COMMISSION NATIONALE DU DÉBAT PUBLIC
SUR LES OPTIONS GÉNÉRALES EN MATIÈRE DE GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS
DE HAUTE ACTIVITÉ ET DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1 LES DÉCHETS RADIOACTIFS DE HAUTE ACTIVITÉ ET DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE	4
1.1. QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITÉ ?.....	4
1.1.1 <i>Un phénomène physique</i>	4
1.1.2 <i>Les effets biologiques de la radioactivité</i>	4
1.1.3 <i>Comment se protéger de la radioactivité ?</i>	5
1.2. QU'EST-CE QU'UN DÉCHET RADIOACTIF ?.....	5
1.3. LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE DÉCHETS RADIOACTIFS.....	6
1.4. L'ORIGINE DES DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE ET DE HAUTE ACTIVITÉ	8
1.4.1 <i>Des déchets provenant essentiellement de l'industrie électronucléaire</i>	8
1.4.2 <i>Présentation générale du cycle du combustible nucléaire en France</i>	8
1.5. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES DÉCHETS HA ET MA-VL : QUANTITÉS DÉJÀ PRODUITES, LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE ET ÉLÉMENTS DE PROSPECTIVE.....	9
1.5.1 <i>Les travaux d'inventaire menés par l'ANDRA</i>	9
1.5.2 <i>Description détaillée des déchets de moyenne activité à vie longue</i>	11
1.5.3 <i>Description détaillée des déchets de haute activité</i>	12
2 LA POLITIQUE ACTUELLE DE GESTION DES DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE ET DE HAUTE ACTIVITÉ	14
2.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA LOI DU 30 DÉCEMBRE 1991	14
2.1.1 <i>La loi de 1991 a permis d'introduire le principe d'une recherche importante et diversifiée sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue</i>	14
2.1.2 <i>La loi de 1991 a aussi défini le cadre juridique relatif à la recherche de laboratoires souterrains de recherche et a rendu l'ensemble du processus plus démocratique</i>	15
2.1.3 <i>Depuis la promulgation de la loi, un long processus s'est mis en marche de façon à trouver des sites d'implantation de laboratoires de recherche souterrains</i>	15
2.2. PRÉSENTATION DES TROIS AXES DE RECHERCHE.....	16
2.2.1 <i>Les trois axes de recherche apportent des solutions complémentaires</i>	16
2.2.2 <i>Les travaux sur l'axe 1 (séparation poussée / transmutation)</i>	17
2.2.3 <i>Les travaux sur l'axe 2 (stockage)</i>	19
2.2.4 <i>Les travaux sur l'axe 3 (entreposage)</i>	20
2.2.5 <i>Les moyens financiers affectés aux recherches menées sur les 3 axes</i>	21
2.3. LA PRÉPARATION DU DÉBAT PARLEMENTAIRE DE 2006	22
2.3.1 <i>Les rapports de synthèse issus des acteurs de la recherche</i>	22
2.3.2 <i>Le processus d'évaluation</i>	22
2.3.3 <i>La consultation et le processus décisionnel</i>	22
3 UN DÉBAT PUBLIC SUR LES OPTIONS GÉNÉRALES EN MATIÈRE DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS DE HAUTE ACTIVITÉ ET DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE	24
3.1. LES ACTEURS DU DÉBAT.....	24
3.2. LES CONDITIONS DU DÉBAT	24
3.3. LES SUJETS DU DÉBAT	25
3.3.1 <i>Les enjeux techniques</i>	25
3.3.2 <i>Les enjeux démocratiques</i>	25
3.3.3 <i>Les enjeux économiques</i>	26
4 ANNEXES	27
ANNEXE 1	28
LOI DU 30 DÉCEMBRE 1991 RELATIVE AUX RECHERCHES SUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS DE HAUTE ACTIVITÉ À VIE LONGUE TELLE QU'AUJOURD' HUI CODIFIÉE DANS LE CODE DE L'ENVIRONNEMENT.	28
ANNEXE 2	31
PANORAMA INTERNATIONAL DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS DE HAUTE ACTIVITÉ ET DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE.....	31
5 GLOSSAIRE	35

Introduction

La définition et la mise en œuvre de solutions de gestion sûre et pérenne pour tous les déchets radioactifs représente une nécessité non seulement du point de vue des industriels du secteur nucléaire et des Pouvoirs publics français mais aussi de l'ensemble des citoyens français, comme en attestent régulièrement les sondages d'opinion.

Cette nécessité s'impose d'ailleurs, quelle que soit la place qui sera accordée au nucléaire dans la politique énergétique française future. En effet, il existe déjà des déchets radioactifs, qui ont été produits depuis plus de quarante ans par le parc électronucléaire, les installations du cycle du combustible ou les établissements de recherche français et il importe de les gérer de façon pérenne et sûre.

Les déchets radioactifs ont été classés au sein de différentes catégories permettant de décrire leurs principales caractéristiques, essentiellement : leur durée de vie et leur niveau d'activité. Pour certains de ces déchets, de très faible activité, de faible activité ou de moyenne activité à vie courte, des solutions de gestion ont été définies et sont déjà mises en œuvre.

En revanche, pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue, aucune solution n'a encore été arrêtée en France. Les déchets de moyenne activité à vie longue et les déchets de haute activité représentent seulement 4,8% des volumes des déchets radioactifs mais correspondent respectivement à 3,87% et 96,05% de la radioactivité totale.

Des recherches sur la gestion de ces déchets radioactifs sont actuellement menées selon trois axes différents, qui ont été définis par une loi du 30 décembre 1991, communément appelée « loi Bataille » du nom de son rapporteur. Cette loi dispose qu'au plus tard en 2006, le Gouvernement adressera au Parlement un rapport de synthèse et un projet de loi relatif à la gestion de ces déchets.

S'agissant d'un sujet important pour la protection de la santé et de l'environnement des générations présentes et futures, il importe que l'information et la discussion sur ce projet de loi ne soient pas réservées à un petit cercle d'experts industriels et associatifs, mais que chaque citoyenne ou citoyen puisse s'informer et, si elle le souhaite, participer en exprimant ses préoccupations ou ses opinions.

Dans cette perspective, le Gouvernement souhaite confier à la Commission nationale du débat public (CNDP), l'organisation d'un débat public **sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue**, sur le fondement de l'article L 121-10 du Code de l'environnement.

Le présent dossier vise à présenter cette demande à la CNDP et à permettre à ses membres de juger de l'opportunité d'organiser un débat public sur ce sujet. Ce dossier présente successivement (I) ce que sont les déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL), (II) ce qu'est aujourd'hui la politique actuelle de gestion de ces déchets et (III) à titre d'illustration et sans préjudice des décisions de la CNDP, les questions et thématiques qui pourraient être abordées à l'occasion du débat.

Concernant les modalités d'organisation du débat, les ministres chargés de l'industrie et de l'environnement souhaiteraient d'ores et déjà faire-part aux membres de la Commission des contraintes de calendrier liées à l'examen parlementaire du projet de loi prévu au plus tôt dans le courant du premier semestre 2006, ce qui nécessiterait de disposer du bilan de la consultation pour mi-janvier 2006.

Les rapports de recherche scientifiques, préalables indispensables à la finalisation du dossier du débat public, seront progressivement disponibles dans le courant du premier semestre 2005 ; ce débat pourrait donc intervenir au plus tôt en septembre 2005. Sa tenue à l'automne 2005 serait de fait, du point de vue des Pouvoirs Publics, idéale car elle permettrait au Gouvernement de finaliser le projet de loi au premier trimestre 2006 et de présenter le texte au Parlement au second trimestre 2006.

1 Les déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue

1.1. Qu'est-ce que la radioactivité ?

1.1.1 Un phénomène physique

La matière est composée de molécules, elles-mêmes composées d'atomes, eux-mêmes composés d'un noyau entourés par un nuage d'électrons. Certains noyaux atomiques, instables, ont la propriété de se transformer spontanément en un noyau différent : on dit qu'ils se désintègrent.

A cette occasion, ils émettent des rayonnements : c'est le phénomène de la radioactivité. La radioactivité est présente à l'état naturel sous forme de rayonnements cosmiques, de rayonnements telluriques ou de matières naturellement radioactives comme l'uranium, le thorium, le potassium 40 ou le carbone 14. L'exposition varie beaucoup en fonction de l'environnement : l'altitude, l'activité des sols ou la latitude. Annuellement, chaque personne ingère par le biais de son alimentation environ 60 000 Bq¹ de radionucléides (dont 36 000 de potassium 40 et 20 000 de carbone 14).

La radioactivité peut également être développée dans des procédés industriels, des activités de recherche, de la production d'énergie ou des actes de médecine à des fins thérapeutiques ou de diagnostic. Cette radioactivité peut être due à un phénomène de fission atomique ou bien d'activation neutronique. On parle alors de radioactivité artificielle.

La radioactivité est un phénomène qui décroît avec le temps à mesure que les noyaux instables se transforment en noyaux stables. La période qui doit s'écouler pour que la moitié des noyaux d'une substance radioactive se désintègre, appelée demi-vie, varie énormément selon les radioéléments. A titre d'exemple, la période radioactive est de 24 secondes pour l'oxygène 15, de 8 jours pour l'iode 131, de 26 000 ans pour le plutonium 239 et de 14,1 milliards d'années pour le thorium 232, présent dans l'écorce terrestre.

1.1.2 Les effets biologiques de la radioactivité

Les rayonnements sont dits ionisants si leur énergie est susceptible d'arracher un électron à un atome ou une molécule. L'ionisation libère un électron qui pourra à son tour créer d'autres ionisations ainsi que des excitations. Cette étape aboutira à la formation de radicaux libres (radicaux ayant une réactivité chimique importante) : c'est l'effet direct.

L'action de ces radicaux libres sur d'autres molécules biologiques entraîne des cascades complexes d'événements et une amplification de l'effet initial : c'est l'effet indirect.

Ces effets sont susceptibles de générer des lésions, les plus importantes concernant l'ADN des cellules. A la suite de ces effets, la cellule peut réparer ses lésions soit de façon correcte, soit en commettant des erreurs (on parle alors de réparation fautive ou infidèle). Si les lésions sont trop nombreuses, la cellule peut mourir.

Les effets des rayonnements ionisants sur l'homme dépendent de la dose reçue mais différents paramètres vont en moduler les conséquences :

- le débit de dose (distribution dans le temps et fractionnement) ;
- la nature physique du rayonnement ;
- les modalités de l'exposition (partielle ou totale) ;
- la nature du tissu irradié.

Les effets des rayonnements ionisants sont classés selon qu'ils sont déterministes (à partir d'un seuil de dose, l'effet est rencontré systématiquement quel que soit l'individu) ou stochastiques (les effets apparaissent de manière aléatoire selon les individus).

¹ Un glossaire détaille les sigles et unités utilisées dans le présent dossier

1.1.3 Comment se protéger de la radioactivité ?

Il est possible d'être soumis à différents modes d'exposition à la radioactivité. L'irradiation est l'effet direct des rayonnements sur l'individu. On peut s'en protéger en disposant des protections biologiques autour des matières irradiantes. Les différents types de rayonnements ont des forces de pénétration différentes et nécessitent donc des barrières de protection différentes. Les rayons alpha (noyaux d'hélium) sont très peu pénétrants ; une feuille de papier suffit à les arrêter. Les rayons bêta (électrons), peu pénétrants, parcourent quelques mètres dans l'air avant d'être piégés par quelques millimètres de métal. Les rayons gamma et X (photons), très pénétrants, nécessitent plusieurs dizaines de centimètres de plomb ou plusieurs mètres de béton pour être stoppés.

Un autre mode d'exposition est la contamination externe ou interne. En cas de contamination externe, les rayonnements ionisants sont émis à la surface de la peau. La contamination interne se produit soit par inhalation, soit par ingestion de substances radioactives. Ces substances pénètrent à l'intérieur du corps et peuvent se fixer sur des organes comme les os ou le foie par exemple. L'élimination de ces substances dépend de la période biologique au bout de laquelle cette substance sera rejetée par le métabolisme. Afin de prévenir le risque de contamination, les matières radioactives peuvent être conditionnées dans des matrices bloquant les particules radioactives. Plusieurs barrières physiques de confinement peuvent être également disposées autour de la matière afin de limiter la dispersion des particules radioactives.

1.2. Qu'est-ce qu'un déchet radioactif ?

En France, deux lois aujourd'hui reprises au sein du Code de l'environnement, permettent de définir de façon générale la notion de déchets, qu'ils soient radioactifs ou non :

- la première est la loi n° 75-633 du 15 juillet 1975. Elle précise « *qu'est un déchet au sens de la présente loi tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son destinataire destine à l'abandon* » (art. L.54 -1-II du code de l'environnement) ;
- La seconde est la loi du 13 juillet 1992. Elle précise la notion de déchet ultime, à savoir un « *déchet résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux* » (art. L 541-1-III du code de l'environnement).

La loi du 15 juillet 1975 a aussi fixé des principes généraux de gestion des déchets :

- prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la fabrication et sur la distribution des produits,
- organiser le transport des déchets et le limiter en distance et en volume,
- valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux réutilisables ou de l'énergie,
- assurer l'information du public sur les effets pour l'environnement et la santé publique des opérations de production et d'élimination des déchets, sous réserve des règles de confidentialité prévues par la loi, ainsi que sur les mesures destinées à en prévenir ou à en compenser les effets préjudiciables.

La loi du 15 juillet 1975 établit enfin la responsabilité d'un producteur de déchets susceptibles de porter atteinte à la santé et à l'environnement, de la production des déchets jusqu'à leur élimination (art L 541-2 du code de l'environnement). Cet article définit l'élimination comme l'ensemble des opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement des déchets nécessaires à la récupération des éléments et matériaux réutilisables ou de l'énergie, ainsi qu'au dépôt ou au rejet dans le milieu naturel de tous autres produits dans des conditions propres à éviter les nuisances à la santé publique ou à l'environnement.

Toutefois, si ce corpus législatif précise la notion générique de déchet, il ne donne pas en revanche de critère permettant de définir ce qu'est « un déchet radioactif ». Cette notion est relativement complexe puisqu'il peut être considéré que tout déchet émettant des rayonnements relève de cette catégorie. Or, la grande majorité des corps sont naturellement radioactifs car ils contiennent des radioéléments naturels. Le

radioélément naturel le plus connu est sans doute le carbone 14, qui permet de dater l'âge d'objets anciens. La plupart des déchets de la vie courante émettent donc des rayonnements sans mériter la notion de déchet radioactif.

Pour discriminer entre les déchets, certains pays ont défini des seuils de libération (exprimés en unité de radioactivité par unité de masse), en dessous desquels on ne considère plus une matière comme radioactive. Mais il n'existe aucun consensus international à ce sujet. Pour sa part, la France n'a pas adopté cette notion et applique de manière systématique le principe de précaution **à tous les déchets comportant de la radioactivité artificielle**, en particulier à ceux issus de l'industrie nucléaire. Ainsi, les installations (réacteurs, laboratoires, usines de traitement de combustible ...) sont découpées en zones dites nucléaires et non nucléaires. Les zones nucléaires produisent des déchets susceptibles d'être contaminés par de la radioactivité. Les déchets sortant de zones dites nucléaires sont a priori considérés comme radioactifs.

Ainsi, les considérations précédentes montrent que la définition d'un déchet radioactif relève d'une approche au cas par cas et que **cette notion ne saurait se résumer à un critère simple**. Dans le cadre des études d'inventaire faites par l'établissement public français en charge de ces questions, (l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs ou ANDRA), la définition suivante a notamment été retenue : est un déchet radioactif *« toute substance non réutilisable ni recyclable (dans les conditions économiques du moment), que son propriétaire ne souhaite pas conserver, et contenant des éléments radioactifs, en quantité telle que son rejet ou sa dispersion dans l'environnement n'est pas autorisé. »*

Il convient de souligner qu'en France, les combustibles nucléaires usés (c'est à dire ayant été déjà utilisés en réacteur) ne sont pas considérés comme des déchets radioactifs, dans la mesure où ils peuvent ensuite être traités afin d'en extraire les matières valorisables par leur propriétaire (uranium et plutonium qui peuvent in fine être recyclés dans des réacteurs pour fournir de l'énergie). Les opérations de traitement conduisent par ailleurs à conditionner de façon adaptée les déchets ultimes contenus au sein de ces combustibles (voir § 1.4.2.).

1.3. Les différentes catégories de déchets radioactifs

Comme cela est mentionné en introduction, ce dossier de saisine est consacré aux options générales en matière de gestion **des déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue et de haute activité**. Toutefois, de façon à bien comprendre ce que sont ces déchets, il apparaît préalablement indispensable de rappeler quelles sont les différentes catégories de déchets aujourd'hui identifiées. Cette vision générale est donc apportée dans ce paragraphe.

La nature physique et chimique, le niveau et le type de radioactivité, sont autant de caractéristiques qui diffèrent d'un déchet à l'autre. Leur classification s'impose donc. Elle définit les catégories ou classes de déchets. Chaque type de déchets appelle la mise en œuvre ou le développement de traitements ou de gestions spécifiques, appropriés au risque qu'il présente.

En France, la classification retenue est fondée sur deux paramètres, **le niveau d'activité du rayonnement** (ou niveau d'activité) et **la durée de vie traduite par la période**, c'est à dire le temps au bout duquel l'activité initiale du déchet est divisée par deux. Ainsi, les déchets dits à vie courte sont ceux pour lesquels la période est inférieure ou égale à 30 ans. Lorsque ces déchets ont une activité faible et moyenne, ils ont perdu toute dangerosité au bout de 10 périodes, soit 300 ans. La combinaison des deux critères (durée de vie et activité) a conduit à la définition des différentes catégories de déchets radioactifs mentionnées ci-dessous :

- les déchets de très faible activité (TFA)
- les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)
- les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL)
- les déchets de moyenne activité à vie longue (MAVL)
- les déchets de haute activité (HA).

On soulignera le cas particulier de certains radionucléides utilisés en médecine pour les besoins de diagnostic ou de thérapie qui ont une durée de vie très courte. Les déchets issus de l'utilisation de ces éléments n'entrent pas dans les catégories ci-dessus car ils ont une durée de vie si courte (inférieure à 100 jours) qu'au

bout d'un temps réduit (quelques périodes), leur niveau de radioactivité devient négligeable, quel que soit le niveau initial. Pour de tels déchets, la notion de « très faible, faible ou moyenne activité » a peu de sens.

Le tableau suivant représente schématiquement la classification française des déchets radioactifs. Il indique la filière de gestion à long terme existante ou à l'étude pour chaque catégorie de déchets. La filière correspond, soit à un stockage, c'est à dire une installation destinée à accueillir des déchets radioactifs de manière définitive, soit à des études destinées à définir une solution technique pour les gérer.

Cette classification a été réalisée progressivement. Elle constitue désormais une référence. Toutefois, on peut rencontrer encore des appellations plus anciennes du type « déchets A » pour les déchets FMA-VC, « B » pour les MA-VL, « C » pour les HA.

Enfin, il convient de souligner que de très nombreuses informations sont disponibles sur ces sujets dans le cadre de l'inventaire national de référence sur la gestion des déchets radioactifs paru en novembre 2004 et élaboré par l'ANDRA. Ce document est public et peut être obtenu sur simple demande auprès de l'Agence. Il est joint en annexe de ce dossier et est également disponible sur le site Internet de l'Agence à l'adresse suivante : www.andra.fr/interne.php3?id_article=551&id_rubrique=156.

Activité	Période	Courte durée de vie	Longue durée de vie
Très faible activité		STOCKAGE DE DIE EN SURFACE <ul style="list-style-type: none"> ➤ Déchets provenant essentiellement des activités de démantèlement ➤ Centre de stockage ouvert depuis la mi 2003 sur le site de Morvilliers dans l'Aube ➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 108 219 tonnes soit 11,1 % des volumes. ➤ Volumes attendus en fin d'exploitation : 1 à 2 millions de m³ 	
Faible activité		STOCKAGE DE SURFACE <ul style="list-style-type: none"> ➤ Centre de stockage de la Manche (<i>Beaumont-Hague</i>) fermé (en phase de surveillance) et centre de stockage de l'Aube (<i>Soulaines</i>) en exploitation depuis 1992. ➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 778 322 m³ 	STOCKAGES DE DIE EN SUBSURFACE A L'ETUDE (déchets radifère et graphite) <ul style="list-style-type: none"> ➤ recherche d'un site nécessaire ➤ 4,6 % des volumes et 0,01% de la radioactivité totale. ➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 44 559 m³
Moyenne activité		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 79,5 % des volumes et 0,07% de la radioactivité totale. ➤ Volumes attendus en fin d'exploitation du parc actuel : 1 300 000 m³ 	FILIERES A L'ETUDE DANS LE CADRE DE L'ARTICLE L.542 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT <ul style="list-style-type: none"> ➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 45 359 m³ ➤ 4,6 % des volumes et 3,87% de la radioactivité totale. ➤ Volumes attendus en fin d'exploitation : 78 890 m³
Haute activité		FILIERES A L'ETUDE DANS LE CADRE DE L'ARTICLE L.542 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT <ul style="list-style-type: none"> ➤ Stocks existants au 31.12.2002 : 1 639 m³ de déchets vitrifiés ➤ 0,2 % des volumes et 96,05 % de la radioactivité totale. ➤ Volumes attendus en fin d'exploitation : 6330 m³ 	

NB : les estimations quantitatives sont issues des travaux menés par l'ANDRA dans le cadre de sa mission d'inventaire. Ainsi, les stocks indiqués au 31 décembre 2002 proviennent d'évaluations conduites dans le cadre de la première édition de l'inventaire national de référence parue à l'automne 2004. Les évaluations prospectives sont issues des calculs menés par l'ANDRA dans le cadre de son modèle d'inventaire de dimensionnement (MID). Un scénario spécifique est retenu pour effectuer ces évaluations (il s'agit du scénario dit S1a). Différentes hypothèses sont prises en compte, notamment une durée de vie moyenne estimée de 40 ans pour les différents réacteurs électronucléaires du parc actuel et le traitement de l'ensemble des combustibles usés (voir explications données au § 1.4.2.).

Ce tableau récapitulatif montre que pour 90,6 % du volume des déchets produits au 31 décembre 2002, une solution de gestion industrielle, considérée comme définitive, existe déjà. Par ailleurs, pour 4,6 % de ces déchets (les FAVL), une solution a été techniquement identifiée et un processus de recherche de site doit désormais être initié.

En revanche, les 4,8% restants (c'est à dire les déchets de moyenne activité vie longue et de haute activité) représentent 99,92% de la radioactivité totale. Cette caractéristique importante a notamment conduit à ce que les recherches menées sur ces déchets, soient couvertes par un texte législatif spécifique. Il s'agit de la loi n°

91-1381 du 30 décembre 1991 (désormais codifiée sous la forme des articles L.542-1 et suivants du code de l'environnement, appelée également loi BATAILLE du nom de son rapporteur). Cette loi fait l'objet d'une présentation détaillée au sein du chapitre 2 de ce dossier de saisine. **Comme cela a été indiqué plus haut, l'objet de cette saisine est consacré à la gestion de cette catégorie de déchets.**

1.4. L'origine des déchets de moyenne activité à vie longue et de haute activité

1.4.1 Des déchets provenant essentiellement de l'industrie électronucléaire

Les travaux effectués par l'ANDRA dans le cadre de la première édition de l'inventaire national de référence parue à l'automne 2004 ont montré que la majorité des déchets de moyenne activité à vie longue ou de haute activité produits au 31 décembre 2002, sont issus des activités liés à l'industrie électronucléaire :

- ainsi, sur les 1 639 m³ de déchets de haute activité existants à cette date, 1 380 m³ (soit 84,2 %) étaient originaires de ce secteur, les 16% restants se répartissant entre 2,3 % pour les activités de recherche et 13,5 % pour le secteur de la Défense ;
- par ailleurs, sur les 45 539 m³ de déchets de moyenne activité à vie longue, 28 580 m³ (soit 63 %) étaient issus du secteur électronucléaire, les 37 % se répartissant entre 21,2 % pour la recherche, 15,5 % pour la défense et 0,3 % pour l'industrie hors électronucléaire.

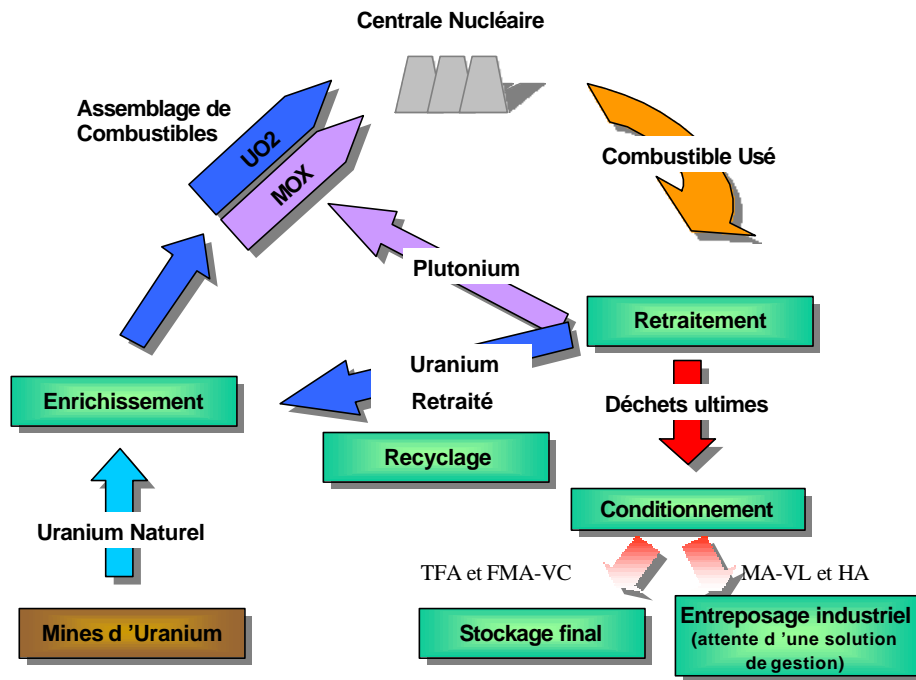
Dans ces conditions, il apparaît utile, au sein de ce premier chapitre, de rappeler les grandes étapes conduisant, dans le cadre de l'aval du cycle électronucléaire, à produire les déchets HA et MAVL étudiés dans le cadre de ce rapport.

1.4.2 Présentation générale du cycle du combustible nucléaire en France

Les 58 réacteurs électronucléaires à eau pressurisée exploités par EDF fournissent 80% de l'électricité produite en France. La réaction de fission de l'uranium ou du plutonium réalisée dans le cœur de ces réacteurs permet la production de chaleur qui, convertie en vapeur d'eau, entraîne la rotation d'une turbine qui génère l'électricité.

Deux types de combustibles nucléaires sont utilisés dans les centrales nucléaires françaises: des assemblages d'oxyde d'uranium (combustible UOX) ou des assemblages mixtes composés d'oxydes d'uranium et de plutonium (combustible MOX), ces derniers pouvant être utilisés dans 20 des 58 centrales exploitées par EDF. Le groupe AREVA (via ses deux filiales COGEMA et FRAMATOME ANP) assure les opérations menant à la réalisation du combustible, depuis l'extraction de l'uranium naturel dans des mines jusqu'à la fabrication des assemblages de combustibles. Entre ces deux opérations a lieu l'enrichissement de l'uranium, opération qui vise à obtenir un composé d'oxyde d'uranium enrichi en uranium 235, isotope fissile de l'uranium.

Un assemblage de combustible nucléaire doit être remplacé après un cycle d'utilisation de 3 à 4 années dans le réacteur : on dit alors qu'il est "usé". Après déchargement, 97% du combustible usé peut encore être valorisé pour fournir de l'énergie (uranium pour 96% et plutonium pour 1%). Le combustible usé peut donc être retraité, il s'agit d'une opération industrielle qui permet de séparer les matières valorisables (uranium et plutonium) des déchets ultimes (3% du contenu d'un combustible usé, composé essentiellement d'actinides mineurs et de produits de fission). Les matières valorisables peuvent alors être recyclées pour la fabrication de nouveaux combustibles, principalement de type MOX. Les opérations de retraitement – recyclage sont assurées par COGEMA. Le combustible décrit donc un cycle qui, en l'état actuel, peut être représenté selon le schéma ci-dessous.



Les choix opérés en France sur la gestion du cycle du combustible nucléaire (notamment le recours au traitement - recyclage) ont conduit à structurer la nature des déchets radioactifs produits. Les déchets de moyenne activité à vie longue sont ainsi essentiellement issus des opérations de traitement des combustibles usés (déchets de structure de ces combustibles, déchets liés à l'épuration des effluents) ou de l'exploitation des réacteurs et des installations de recherche (matériels d'expérimentation ...). Les déchets de haute activité sont issus du conditionnement sous forme de colis vitrifiés des produits de fission et actinides mineurs extraits lors des opérations de traitement du combustible usé. Ces déchets sont aujourd'hui entreposés essentiellement sur les sites COGEMA de Marcoule (Gard) et de la Hague (Manche).

Les contraintes techniques liées au processus de retraitement (refroidissement des combustibles usés avant transport à La Hague puis avant traitement, durée des opérations, limitation stricte des masses de plutonium séparées) conduisent à entreposer sous eau une partie du combustible usé déchargé sur les sites des centrales nucléaires et sur le site de La Hague. Par ailleurs, une partie significative de l'uranium de retraitement est également entreposée sur le site de Pierrelatte dans la Drôme dans l'attente de conditions économiques plus favorables à son utilisation.

Au-delà de la prise en charge des combustibles usés produits par les réacteurs électronucléaires français exploités par EDF, COGEMA a également assuré le traitement de combustibles usés issus de pays étrangers (notamment pour l'Allemagne, le Japon, la Belgique, les Pays-Bas et la Suisse). Toutefois, après les opérations de traitement, les déchets ultimes produits sont retournés dans leur pays d'origine, la prise en charge de déchets étrangers par la France étant interdite selon les dispositions de l'article 3 de la loi du 30 décembre 1991. Des opérations de retour sont donc organisés régulièrement, notamment vers l'Allemagne et le Japon qui ont représenté les contrats étrangers les plus importants pour COGEMA.

Pour les déchets ultimes français, la gestion industrielle des déchets radioactifs est assurée par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) qui exploite plusieurs centres de stockage et assure également une mission de recherche dans ce domaine.

1.5. Description détaillée des déchets HA et MA-VL : quantités déjà produites, localisation géographique et éléments de prospective

1.5.1 Les travaux d'inventaire menés par l'ANDRA

Des éléments précis sont aujourd'hui disponibles concernant les différents déchets radioactifs de type HA ou MA-VL. En effet, d'importants travaux ont été conduits pour mieux connaître, caractériser et discriminer ces

Saisine de la CNDP sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue et de haute activité.

catégories de déchets. Ils ont été menés par l'ANDRA, cette mission lui ayant été confiée explicitement par la loi du 30 décembre 1991 (la loi précise ainsi que l'ANDRA « *a la charge de répertorier l'état et la localisation de tous les déchets radioactifs se trouvant sur le territoire national* »). Par ailleurs, les producteurs de déchets (notamment l'industrie électronucléaire) ont contribué à la mise en œuvre de ces travaux, en fournissant régulièrement des informations et des bases de données sur les quantités de déchets dont ils ont la responsabilité. Enfin, l'administration a introduit dans ces processus d'instruction, le principe « des études déchets » visant à demander à l'exploitant d'une installation nucléaire de base une description détaillée des déchets produits et des modalités de gestion mises en œuvre.

Dans ce cadre, trois types d'inventaires ont été produits par l'ANDRA :

- le plus ancien (initié dès 1993) est le rapport qui a été édité annuellement par l'Agence jusqu'en 2002 et connu sous le nom **d'Observatoire**. Il se concentre essentiellement sur la localisation des déchets radioactifs, davantage que sur leur mode de conditionnement ou leur devenir. Il a ainsi permis de constituer une première cartographie décrivant les principaux lieux d'entreposage des déchets radioactifs en France, ce qui a indéniablement contribué à fournir aux personnes intéressées (les élus locaux, les associations) une première vision transparente et synthétique.
- si ce rapport s'est enrichi d'année en année, en particulier avec un effort de recensement de déchets situés aux marges de l'industrie nucléaire classique, la Commission nationale d'évaluation² a recommandé dès 1998 que cette approche essentiellement géographique puisse être complétée par un exercice plus synthétique et global, présentant également une vision prospective allant au-delà de la seule comptabilisation des stocks existants. Suivant les préconisations de la CNE, les Pouvoirs publics ont confié en 1999 au Président de l'ANDRA une mission visant à proposer une méthodologie pour fiabiliser l'inventaire des déchets radioactifs et permettre notamment son extrapolation par des prévisions à moyen et long terme. Suite au rapport de méthodologie rendu à la mi-2000 et intitulé « *Rapport de la mission sur la méthodologie d'inventaire des déchets radioactifs* », le secrétaire d'Etat à l'industrie indiquait, en juin 2001, la décision du Gouvernement de lancer la réalisation **d'un inventaire national de référence**, nouvelle mission confiée à l'ANDRA et pour laquelle une enveloppe annuelle de 1,5 M€ était attribuée. La première édition de cet inventaire a été publiée à l'automne 2004, sur la base des stocks comptabilisés au 31 décembre 2002. Elle comprend, outre l'inventaire national, les données traditionnellement rassemblées dans les rapports de l'Observatoire, les deux approches ayant été considérées comme complémentaires. Une seconde version de cet inventaire « nouvelle formule » sera produit pour l'échéance de 2006, sur la base des stocks recensés à fin 2004 ;
- enfin, des études d'inventaire ont été également menées par l'ANDRA dans le cadre des recherches relatives à la démonstration de faisabilité d'un stockage géologique en couches profondes. En effet, de façon à pouvoir mettre en œuvre des concepts d'ingénierie adaptés aux colis de déchets existants et engagés, il convenait en premier lieu d'avoir une vision claire sur les stocks de déchets existants mais aussi sur les évolutions envisageables pour l'inventaire au terme de la durée de vie du parc actuel de centrales nucléaires. Ainsi, pour ses activités de recherche, l'ANDRA élabore et révisé périodiquement des inventaires, appelés « modèles d'inventaire » (le plus récent étant connu sous le nom de **modèle d'inventaire de dimensionnement ou MID**). Ces modèles comportent des prévisions sur la production future des déchets radioactifs. Ils s'attachent à regrouper les déchets en familles homogènes en terme de caractéristiques et formulent les hypothèses les plus vraisemblables concernant les modes de conditionnement afin d'en déduire les volumes à prendre en considération pour les études. Enfin, ils s'attachent à donner une comptabilité devant englober les déchets de manière aussi large que possible donc avec des hypothèses potentiellement pessimistes. Etant donné leur finalité (intervenir dans le cadre des études relatives aux possibilités de stockage géologique), ces modèles d'inventaire (qui sont aussi utilisés pour les études relatives au conditionnement et à l'entreposage de longue durée en surface ou subsurface par souci de cohérence) se concentrent sur les questions techniques nécessaires à la conception des stockages et ne répondent pas en revanche aux besoins d'un large public, qui souhaiterait disposer d'une vision synthétique, aisément compréhensible, de la production des déchets présente et à

² Commission scientifique créée par la loi du 30 décembre 1991 et chargée d'évaluer les travaux de recherche menés sur les déchets radioactifs de haute activité à vie longue.

venir. En ce sens, l'inventaire national de référence mentionné plus haut, permet de remplir ce second objectif et de compléter harmonieusement les modèles d'inventaire.

1.5.2 Description détaillée des déchets de moyenne activité à vie longue

Ce paragraphe décrit de façon synthétique les principales caractéristiques des déchets MA-VL. Des précisions plus importantes ainsi que des informations pratiques (photographies de tels déchets, localisation des stocks existants, volumes recensés ...) sont par ailleurs disponibles dans l'inventaire national de l'ANDRA joint en annexe de ce dossier.

➤ **Caractéristiques de ces déchets**

Egalement appelés déchets B par les exploitants nucléaires, les déchets MA-VL proviennent majoritairement des structures des combustibles usés ayant été retraités (coques et embouts obtenus à l'issue des opérations de cisailage), du conditionnement des effluents issus de ces opérations et enfin de déchets technologiques (gants, outils, ...) provenant de l'exploitation des réacteurs, des usines du cycle ainsi que des installations de recherche.

Physiquement, ces déchets peuvent être conditionnés sous différentes formes :

- (i) jusqu'à la fin des années 90, les déchets de structure des combustibles usés et les déchets technologiques se présentaient sous la forme de colis cimentés. Certains d'entre eux (notamment les déchets de structure) sont aujourd'hui compactés et conditionnés sous la forme de colis standards de déchets compactés (CSD-C) au sein de l'atelier de compactage des coques et embouts (ACC) de l'usine de la Hague. Ce procédé a permis de diviser par 4 les volumes de déchets issus des structures des combustibles usés.
- (ii) les déchets provenant du traitement des effluents liquides issus des opérations de traitement des combustibles irradiés se présentent sous la forme de colis bitumés. La production de ces déchets a été significativement réduite au cours des années 90 dans la mesure où des modifications ont été apportées au procédé de traitement des combustibles usés permettant un quasi recyclage des effluents et donc une forte limitation des rejets.

➤ **Les déchets existants et les déchets engagés**

Les évolutions technologiques présentées plus haut et intervenues au cours des 10 dernières années expliquent qu'une part majoritaire des déchets MA-VL a d'ores et déjà été produite. En effet, les progrès obtenus depuis le début des années 90 dans les procédés de traitement et de conditionnement ont permis de réduire notablement leur rythme annuel de production, les gains les plus importants concernant les déchets bitumés.

Les éléments de prospective réalisés par l'ANDRA illustrent également ce phénomène. Ainsi, concernant les déchets engagés (on désigne ainsi les déchets qui devraient encore être produits dans le futur par le parc nucléaire actuel d'ici à la fin de son exploitation), les estimations effectuées sur la base d'une durée de vie moyenne fixée par hypothèse de travail à 40 ans pour ce parc, donnent les résultats suivants :

<i>COLIS TYPES</i>	<i>Estimations à la fin de vie du parc (*)</i>		<i>Inventaire existant</i>	
	Nombre	Volume (m3)	% déjà produit	Volume déjà produit (m3)
Total	195 440	78 890	57	45 359

* estimations faites par l'ANDRA dans le cadre du modèle d'inventaire de dimensionnement (MID). Un scénario spécifique est retenu pour effectuer ces évaluations (il s'agit du scénario dit S1a). Différentes hypothèses sont prises en compte, notamment une durée de vie moyenne de 40 ans pour les différents réacteurs électronucléaires du parc actuel et le traitement de l'ensemble des combustibles usés (voir explications données au § 1.4.2.).

Si une part majoritaire des déchets MA-VL a donc déjà été produite, les opérations de conditionnement n'ont pas été systématiquement faites au fur et à mesure (par exemple lorsque les procédés n'étaient pas encore disponibles industriellement, notamment jusque dans les années 1970) ou ont donné lieu à des conditionnements provisoires devant aujourd'hui être améliorés (en regard des standards de sûreté des entreposages modernes ou pour permettre à terme leur gestion définitive). Il s'agit de l'enjeu principal pour cette catégorie de déchets, connu sous le nom d'opérations de reprise et de conditionnement (RCD). Ainsi, sur 45 359 m³ de déchets MA-VL existants, seuls 16 189 m³ étaient conditionnés de façon définitive au 31 décembre 2002, nécessitant des opérations de RCD pour 64% d'entre eux, essentiellement sur les sites de Marcoule et de la Hague. Dans certains cas, des études sont encore en cours pour concevoir le procédé le plus sûr et le plus efficace pour assurer la reprise de certains déchets. Ainsi, à titre d'exemple sur le site de la Hague, des propositions sont actuellement faites par COGEMA à l'administration pour reprendre les boues présentes dans la station d'épuration d'une des premières installations construites sur le site de la Hague (station STE2 de l'usine UP2-400).

➤ Localisation géographique et mode de gestion actuel de ces déchets

Les déchets MA-VL sont en majeure partie situés sur les sites des usines de retraitement (le site de Marcoule dans le Gard qui abrite l'usine UP1 utilisée en partie pour les besoins de la Défense et arrêtée en 1997 et le site de la Hague dans le département de la Manche sur lequel se trouvent les installations actuellement exploitées par AREVA-COGEMA) et dans les différents centres de recherche du CEA. Ainsi, sur le 45 359 m³ de déchets MA-VL existants au 31 décembre 2002, 20 150 m³ sont actuellement entreposés sur le site de la Hague et 14 840 m³ sur le site de Marcoule.

Une fois conditionnés, ces déchets sont entreposés essentiellement au sein de l'entreposage intermédiaire polyvalent ou EIP sur le site de Marcoule ainsi qu'au sein de divers entreposages de la Hague (en particulier au sein de l'installation ECC ou entreposage des colis compactés ou dans des installations spécifiques pour les déchets bitumés ou les déchets cimentés). Des études portant sur la durée de vie des installations ont été menées sur les entreposages ECC et EIP de Marcoule (EIP). Elles ont montré qu'une durée de vie de 50 ans pouvait être envisageable, offrant ainsi une solution de gestion pour ces déchets jusqu'à l'horizon 2040-2050. Ces différentes études restent à ce stade des hypothèses formulées par les producteurs. Elles permettent toutefois d'apporter une certaine visibilité pour la gestion actuelle des déchets de moyenne activité et donc de conduire parallèlement les études pour la mise en œuvre d'une solution de gestion définitive.

1.5.3 Description détaillée des déchets de haute activité

➤ Caractéristiques de ces déchets

Egalement appelés déchets C par les exploitants, ils ont pour origine les produits de fission et actinides mineurs issus des combustibles usés et conditionnés lors des opérations de traitement sous la forme de colis vitrifiés (voir § 1.4.2.). Le volume de ces déchets est relativement faible (par rapport aux déchets MA-VL) mais ils se caractérisent par un dégagement thermique important (de l'ordre de 900 W/colis à 30 ans) du fait de la très forte activité des radionucléides à vie courte et moyenne qu'ils renferment. Ce dégagement thermique demeure significatif à l'échelle de plusieurs siècles. Ils concentrent en outre l'essentiel de l'activité contenue (96% environ) dans les déchets (via les produits de fission, produits d'activation et actinides).

Ils sont conditionnés et entreposés sous forme de colis de déchets vitrifiés présentant une grande qualité de stabilité et de confinement. Ils sont aujourd'hui gérés sur leurs lieux de conditionnement (c'est à dire les sites de Marcoule et de la Hague) dans des entreposages adaptés et dans de bonnes conditions de sûreté.

➤ Les déchets existants et les déchets engagés

Les éléments de prospective issus des travaux d'inventaire effectués par l'ANDRA montrent quelles pourraient être les quantités de déchets HA produites à la fin du vie du parc nucléaire actuel et en supposant une durée de vie moyenne de 40 ans pour ce parc :

<i>COLIS TYPES</i>	<i>Estimations à la fin de vie du parc (*)</i>		<i>Inventaire existant</i>	
	Nombre	Volume (m3)	% déjà produit	Volume déjà produit (m3)
Total	36 320	6 330	21	1 323

* estimations faites par l'ANDRA sur la base d'un scénario dit S1a, effectué dans le cadre du modèle d'inventaire de dimensionnement. Différentes hypothèses sont prises en compte, notamment une durée de vie moyenne estimée de 40 ans pour les différents réacteurs électronucléaires du parc actuel et le traitement de l'ensemble des combustibles usés (voir explications données au § 1.4.2.).

Contrairement aux déchets MA-VL, les déchets de haute activité existants sont très majoritairement conditionnés, puisque 81% des quantités existantes l'étaient au 31 décembre 2002. Les 19% restantes correspondant à des solutions de produits de fission issues du traitement de combustibles de la filière uranium naturel graphite gaz, aujourd'hui arrêtée, qui requièrent un mode de vitrification particulier en cours de développement.

➤ Localisation géographique et mode de gestion actuel de ces déchets

Les déchets vitrifiés sont entreposés dans des installations adaptées, de conception modulaire et se trouvant sur les sites de Marcoule (atelier de vitrification de Marcoule ou AVM, 551 m3) et de la Hague (ateliers R7/T7, entreposage E-EV-SE, 1078 m3).

Ces installations sont conçues pour garantir un entreposage sûr pendant une cinquantaine d'années, ce qui offre une certaine visibilité et permet de mener, au cours de cette période de temps, les programmes de recherche pour le développement et la mise en œuvre d'une solution de gestion définitive. Par ailleurs, un certain nombre d'études ont été menées ou sont en cours de façon à tester la viabilité de tels entreposages au-delà d'une durée de 50 ans. Ainsi, une étude spécifique portant sur l'entreposage des colis de déchets vitrifiés E-EV-SE de La Hague, démarré en 1995, a montré que la conception de l'installation permettait d'envisager une durée d'entreposage supérieure à 100 ans sans modifications significatives. Cette analyse a en effet démontré que l'efficacité de la ventilation et le choix des matériaux pour prévenir la corrosion des puits, la robustesse de la structure du génie civil, la haute fiabilité des équipements mécaniques et les mesures conservatoires pour permettre la maintenance et la surveillance, permettent d'envisager une telle durée. Cette étude reste en revanche une hypothèse industrielle et n'a pas donné lieu à une validation de la part de l'administration.

2 La politique actuelle de gestion des déchets de moyenne activité à vie longue et de haute activité

Comme cela a été explicité plus haut, la solution de gestion définitive de ces déchets n'a pas encore été définie. Ils sont donc aujourd'hui entreposés en très grande majorité dans des installations situées sur les sites de Marcoule et de la Hague. Par ailleurs, des études sont actuellement menées par le CEA et par l'ANDRA pour parvenir à la définition d'une solution de gestion pérenne. Ces programmes de recherche sont effectués dans le cadre défini par la loi du 30 décembre 1991.

2.1. Présentation générale de la loi du 30 décembre 1991

2.1.1 La loi de 1991 a permis d'introduire le principe d'une recherche importante et diversifiée sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

L'origine de cette loi remonte à 1989. A cette date, les recherches menées dans le cadre de la gestion des déchets radioactifs se concentrent essentiellement sur la voie du stockage souterrain en couches géologiques profondes. L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (qui n'est alors qu'un département au sein du Commissariat à l'énergie atomique, CEA) entreprend des opérations de reconnaissance et de caractérisation sur le terrain de façon à qualifier différentes géologies. Cette démarche purement technique se fait alors sans préparation et en particulier sans aucun contact préalable avec les populations concernées. L'émotion suscitée par ces travaux de reconnaissance est alors particulièrement virulente et surprend les chercheurs. Les manifestations de rejet des populations locales amènent finalement le Premier ministre de l'époque, Michel ROCARD, à décider l'arrêt de ces travaux et à ordonner un moratoire.

Un travail d'analyse est alors confié au Député Christian BATAILLE, agissant dans le cadre de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST), après saisine du Parlement par le Gouvernement. Dans son rapport, il met particulièrement en évidence non seulement le manque de concertation préalable mais aussi la nécessité d'élargir les voies de recherche pour ne pas se contenter du stockage en couches géologiques profondes. Cette constatation sera reprise dans le texte de la loi, dont le Député BATAILLE est également rapporteur. Ainsi, trois axes de recherche sont définis³ :

- (i) l'axe 1 relatif à la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue. Il s'agit d'étudier la possibilité de réduire la nocivité des déchets, en séparant les éléments les plus toxiques et à vie longue et en les transformant en éléments radioactifs à durée de vie plus courte ;
- (ii) l'axe 2 relatif aux possibilités de stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes, à l'aide des outils de recherche que constituent les laboratoires souterrains de qualification in situ ;
- (iii) l'axe 3 concernant l'étude de procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface⁴.

En 1995, de façon à clarifier les responsabilités entre les différents établissements de recherche impliqués, le Gouvernement a confié le pilotage des axes 1 et 3 au Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et celui de l'axe 2 à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA).

³ La définition exacte donnée par l'article L542-3 des trois axes de recherche est la suivante :

- « la recherche de solutions permettant la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue présents dans ces déchets ;
- l'étude des possibilités de stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes, notamment grâce à la réalisation de laboratoires souterrains ;
- l'étude de procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface de ces déchets. »

⁴ A la différence du stockage, qui peut être réversible ou irréversible, l'entreposage est une solution nécessairement provisoire. La durée possible d'entreposage elle-même fait partie des sujets de recherches.

Saisine de la CNDP sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue et de haute activité.

2.1.2 La loi de 1991 a aussi défini le cadre juridique relatif à la recherche de laboratoires souterrains de recherche et a rendu l'ensemble du processus plus démocratique.

La loi donne ainsi un rôle important au Parlement en matière de décision. Il est prévu qu'au plus tard quinze ans après la promulgation de la loi (c'est à dire fin 2006), le Gouvernement transmettra au Parlement un rapport global d'évaluation des recherches. Ce rapport comprendra notamment le bilan établi par la Commission nationale d'évaluation (CNE), commission indépendante, chargée de l'évaluation scientifique des programmes de recherche, établissant en outre un rapport annuel d'analyse et de bilan des recherches.

Par ailleurs, la loi définit un processus précis concernant la recherche d'un site d'implantation pour un laboratoire souterrain de recherches sur le stockage géologique. Il est ainsi prévu que tout projet d'installation donne lieu à une mission de concertation avec les élus et les populations concernées, mission dont les modalités sont fixées par décret, avant tous travaux physiques sur le terrain. En outre, la loi définit un statut juridique spécifique pour les laboratoires souterrains de recherches, dont les autorisations d'installation et d'exploitation, instruites sur la base d'un dossier de demande soumis à enquête publique et à l'avis des collectivités locales, sont subordonnées à un décret en Conseil d'Etat.

Enfin, un certain nombre de dispositions sont prévues de façon à faciliter l'implantation des laboratoires dans les tissus économiques locaux et à accroître la transparence autour des recherches qui y sont effectuées.

Dans ce but, sur chaque site concerné, un Comité local d'information et de suivi (CLIS) doit être créé : présidé par le Préfet du département d'accueil, composé à la fois de représentants de l'Etat, de parlementaires, d'élus locaux, de membres d'association, ce Comité est informé des objectifs des programmes de recherche et peut saisir la CNE. Par ailleurs, la loi prévoit la constitution de groupements d'intérêt public (GIP) permettant de mener des actions d'accompagnement économique et de faciliter l'insertion locale du laboratoire.

Enfin, la création de l'ANDRA, en tant qu'établissement public autonome séparé du CEA, producteur de déchets et exploitant, a été une mesure phare de la loi de 1991, permettant une clarification des rôles en matière de gestion des déchets radioactifs.

2.1.3 Depuis la promulgation de la loi, un long processus s'est mis en marche de façon à trouver des sites d'implantation de laboratoires de recherche souterrains

Les programmes de recherche menées dans le cadre de l'axe 1 (technologies liées à la séparation poussée / transmutation) se sont appuyés soit sur des installations déjà existantes (en particulier le réacteur expérimental PHENIX situé à Marcoule), soit sur de nouveaux équipements expérimentaux construits sur les sites du CEA, notamment le laboratoire ATALANTE à Marcoule. Concernant l'axe 3, les programmes ont essentiellement porté sur des études de conception et d'ingénierie et se sont fondés sur l'expérience industrielle déjà disponible dans le domaine de l'entreposage (installations conçues pour quelques décennies).

Concernant l'axe 2, un processus visant à trouver des sites d'implantation de laboratoires souterrains de recherche a été initié après la promulgation de la loi. Ce paragraphe rappelle les principales étapes ayant ponctué cette démarche.

Conformément aux termes de la loi, une mission de concertation est confiée au Député BATAILLE fin 1992. Privilégiant les contacts avec les élus locaux concernés, souhaitant mettre en œuvre un processus de sélection fondé sur le volontariat, il proposera fin 1993 quatre sites dans les départements de la Meuse, de la Haute-Marne, du Gard et de la Vienne, satisfaisants en terme d'acceptation locale et géologiquement compatibles selon les données bibliographiques disponibles.

A la suite de travaux de caractérisation géologique en surface (sondages sismiques, carottages ...) menés par l'ANDRA entre 1994 et 1996 et d'une instruction technique effectuée par l'administration, le Gouvernement autorise l'ANDRA à déposer des demandes d'autorisation d'installation et d'exploitation pour les trois sites

identifiés⁵, ce qui sera réalisé au second trimestre 1996. Les procédures d'instruction de ces dossiers, comprenant enquête publique et avis des collectivités locales, sont achevées en 1997 et l'ASN remet un rapport final, clôturant cette phase d'instruction en décembre 1997.

Le Comité interministériel du 9 décembre 1998 retient finalement la zone argileuse de Meuse / Haute-Marne pour la construction du premier laboratoire souterrain de recherches. Dans le même temps, le Gouvernement abandonne le site du Gard, dont la géologie est jugée à la fois proche de celle du site de l'Est et moins favorable. Enfin, après avoir écarté le site granitique de la Vienne en se fondant sur les recommandations de la Commission Nationale d'Évaluation (en particulier relatives aux caractéristiques hydrogéologiques de ce site), le Gouvernement souhaite qu'une nouvelle phase de concertation soit initiée de façon à pouvoir trouver un ou plusieurs sites granitiques présentant des conditions géologiques favorables pour l'implantation d'un second laboratoire.

Le 3 août 1999 sont signés les décrets relatifs à l'autorisation d'installation et d'exploitation du laboratoire de Meuse / Haute-Marne ainsi qu'à la constitution de la Commission locale d'information et de suivi (CLIS) associée à un laboratoire. Parallèlement est signé le décret relatif au lancement d'une seconde mission de concertation, destinée à identifier des sites granitiques d'intérêt géologique.

Au premier semestre 2000, en se plaçant dans une optique où l'approche scientifique est privilégiée, le Gouvernement confie cette mission à trois hauts fonctionnaires. Toutefois, les missionnaires se heurtent à une forte opposition sur le terrain. Les conditions locales d'acceptabilité n'étant manifestement pas réunies, le Gouvernement décide de ne pas conclure cette mission par le choix d'un site.

Actuellement, les recherches se poursuivent au sein du laboratoire situé à la frontière des départements de Meuse et de Haute-Marne. En revanche, le processus de recherche d'un second site n'a pas été relancé.

2.2. Présentation des trois axes de recherche

2.2.1 Les trois axes de recherche apportent des solutions complémentaires

Les technologies issues de l'axe 1 (séparation poussée / transmutation) visent à réduire la durée de vie et la nocivité des déchets ainsi que leur volume ultime. Il s'agit donc d'un objectif s'inscrivant dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue.

Toutefois il est vraisemblable que ces technologies, aussi poussées soient-elles, auront un rendement inférieur à 100%, et qu'elles ne permettront pas de réduire à zéro la radioactivité des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue existants ou à venir (les produits de fission ayant notamment vocation à être vitrifiés dans tous les cas de figure considérés). Ainsi, l'axe 1, si il offre des perspectives à terme, dans l'objectif d'améliorer les modalités de production des déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue ou de haute activité, ne permet pas de s'affranchir du choix d'une autre solution de gestion pérenne et sûre pour les déchets ultimes existants ou futurs.

Ainsi, pour ces déchets, il convient de concevoir une solution de gestion en s'appuyant sur les recherches menées au sein des axes 2 (stockage géologique en couches profondes) et 3 (entreposage sur la longue durée). L'entreposage sur la longue durée en subsurface est une solution conçue comme une solution à durée limitée. Au-delà, sa prolongation suppose qu'on consente à des opérations de reprise des déchets ainsi que de renouvellement des installations à intervalles de temps réguliers (les programmes de recherche menés sur ce sujet étant fondé sur des durées de vie séculaires comprises entre 100 et 300 ans environ). Le stockage en formations géologiques profondes est une solution conçue comme pérenne même si la réversibilité doit permettre de reprendre les déchets.

⁵ En effet, en raison de leurs caractéristiques géologiques voisines, les sites meusien et haut-marnais ont été réunis en une seule implantation en 1996.

A ce titre il convient de souligner qu'en l'attente d'une solution de gestion pérenne, il faudra dans tous les cas disposer d'entrepôts industriels de façon à assurer une gestion provisoire sûre des stocks de déchets déjà existants.

2.2.2 Les travaux sur l'axe 1 (séparation poussée / transmutation)

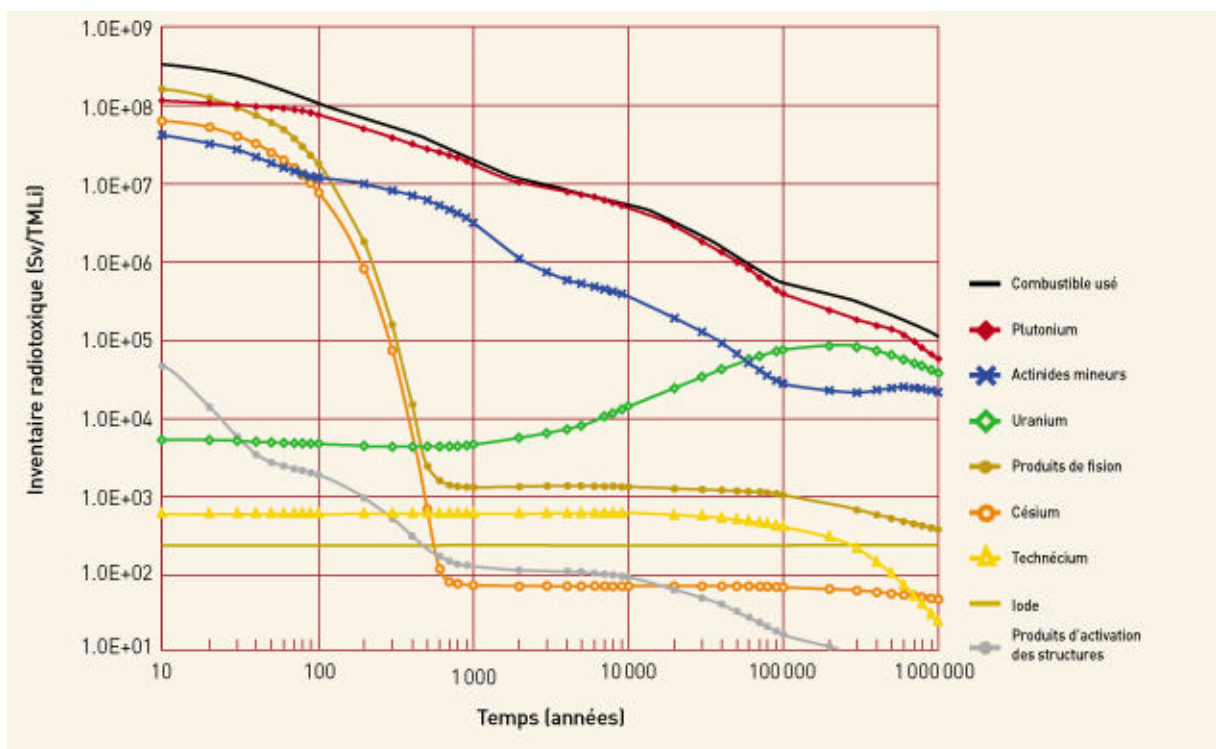
➤ Les objectifs de l'axe 1

Les radionucléides à vie longue contenus dans les assemblages de combustibles usés sont responsables de la persistance de la radioactivité pendant plusieurs milliers, voire plusieurs millions d'années. Les études relatives à l'axe 1 de la loi de 1991 visent donc à concevoir des solutions permettant la séparation de ces éléments radioactifs à vie longue puis leur transformation en éléments à durée de vie plus courte (étape dite de transmutation).

Ces radionucléides sont actuellement pour l'essentiel contenus dans les déchets vitrifiés de haute activité, soit sous la forme d'actinides mineurs (les plus significatifs étant l'américium, le neptunium, le curium), soit sous la forme de produits de fission (les plus significatifs étant certains isotopes de l'iode, du césium, du technétium ...). Ils émettent des rayonnements de nature variée pouvant engendrer différents effets biologiques sur l'organisme humain. La mesure de leur dangerosité fait donc appel à une notion permettant de comptabiliser leur contribution respective à ces effets divers, l'unité de mesure utilisée étant le sievert (Sv) (voir définition dans le glossaire).

La figure présentée ci-dessous décrit la façon dont la radiotoxicité d'un combustible usé décroît au cours du temps et met en évidence quels sont les principaux éléments contribuant à cette radiotoxicité :

- au cours des deux cent premières années intervenant après le déchargement du réacteur, ce sont le plutonium et les produits de fission (césium 137, strontium 90) qui contribuent de façon la plus significative ;
- au-delà, jusqu'à 100 000 ans environ, ce sont le plutonium, les actinides mineurs (essentiellement l'américium) ;
- enfin, à très long terme, interviennent le plutonium, l'uranium et les actinides mineurs (principalement l'américium et le neptunium).



Les travaux de recherche menés dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991 se sont notamment intéressés au caractère plus ou moins ultime des déchets radioactifs MA-VL ou HA déjà produits, c'est à dire à la faisabilité d'opérations de traitement conduisant à extraire la radioactivité contenue dans ces déchets et à la réduire ensuite par des procédés de transmutation. Les résultats obtenus montrent que de tels procédés, en l'état actuel des connaissances, ne sont pas envisageables pour les déchets radioactifs d'ores et déjà produits et conditionnés sous forme des matrices stables. Corrélativement, l'axe 1 offre des perspectives intéressantes pour les déchets engagés, c'est à dire ceux qui seront produits dans le futur par le parc nucléaire, la question étant celle du calendrier selon lequel les technologies associées peuvent être développées et mises en œuvre industriellement.

➤ **Conception et état de maturité des recherches sur la séparation poussée**

La mise en œuvre de stratégies issues de l'axe 1 nécessite en premier lieu la disponibilité d'outils permettant la séparation poussée. Il s'agit dans ce cadre d'aller au-delà du procédé actuel de traitement des combustibles usés (qui a pour but de ne séparer que les matières fissiles, uranium et plutonium), en séparant tout ou partie des autres éléments radioactifs à vie longue (actinides mineurs et produits de fission) actuellement vitrifiés.

Les études menées par le CEA pilote de ces programmes de recherche au sein de son installation ATALANTE sur le site de Marcoule, ont permis de démontrer en 2001 la faisabilité scientifique du procédé de séparation poussée. Pour ce faire, de nouvelles molécules extractantes ont été définies, caractérisées et expérimentées à l'échelle du laboratoire sur des échantillons réels de combustible usé : ces expérimentations laissent entrevoir des performances de séparation très intéressantes, puisque des taux de récupération de l'ordre de 99,9 % avec des sélectivités très élevées ont été obtenus. Le CEA estime par ailleurs que la faisabilité technique de ce procédé devrait être atteinte fin 2005, lorsque des expérimentations auront notamment permis de le tester sur plusieurs kg de combustibles usés et dureront plusieurs centaines d'heures. Ce point devra naturellement être confirmé lors de la remise du rapport de synthèse du CEA en 2005 et dans le cadre de l'évaluation qui sera mené par la Commission nationale d'évaluation (CNE).

Toutefois, un long processus de recherche et de développement doit être encore conduit avant de pouvoir envisager la mise en service industrielle d'une usine permettant l'extraction sélective des actinides mineurs. Ainsi, les spécialistes prévoient que l'utilisation de telles technologies à une échelle industrielle pourrait être envisageable vers 2040, des installations prototypes pouvant être exploitées dans l'objectif d'obtenir des validations expérimentales à partir de la décennie 2020-2030.

➤ **Conception et études en cours sur la transmutation**

La transmutation permet la prise en charge des produits obtenus à l'issue de l'étape préalable de séparation poussée. Ces deux opérations sont indissociables, dans la mesure où il ne semble pas souhaitable (pour des raisons de sûreté et de sécurité) d'isoler des éléments radiotoxiques particulièrement dangereux (les produits de fission et les actinides mineurs) sans disposer d'un procédé permettant immédiatement leur prise en charge et leur traitement par transmutation (c'est à dire leur transformation en éléments à durée de vie plus courte et moins nocifs).

Sur ces sujets, les programmes de recherche se sont intéressés aux possibilités de transmutation de différents types de réacteurs, notamment les réacteurs à eau pressurisée de troisième génération de type EPR, les réacteurs du futur dits de quatrième génération ou les systèmes hybrides incinérateurs de type ADS (Accelerator Driven System).

Les réacteurs de quatrième génération font aujourd'hui l'objet de programmes de recherche et développement menés par le CEA et le CNRS et visant à développer de nouveaux systèmes, présentant d'importantes avancées techniques par rapport aux réacteurs à eau pressurisée actuellement en cours d'exploitation ou de type EPR. De tels réacteurs pourraient être disponibles à l'horizon 2040. Dans le cadre des recherches menées sur ces concepts, le CEA prévoit d'analyser dans quelle mesure ces systèmes pourraient permettre la transmutation d'actinides mineurs issus de combustibles usés produits par des réacteurs à eau légère. Plusieurs concepts sont aujourd'hui à l'étude notamment les réacteurs à neutrons rapides à caloporteur sodium (SFR ou « Sodium cooled Fast neutron Reactor » issu du concept d'European

Fast Reactor ou EFR) ainsi que les réacteurs à neutrons rapides à caloporteur gazeux (Gas cooled Fast neutron Reactor – GFR).

Les systèmes hybrides associent quant à eux un accélérateur de protons à un réacteur nucléaire fonctionnant dans un régime sous-critique. Lorsque l'énergie et l'intensité du faisceau de protons sont suffisantes, un grand nombre de neutrons sont produits par interaction du faisceau avec une cible placée à la sortie de l'accélérateur. Si ces neutrons apportés par l'accélérateur sont injectés dans le réacteur légèrement sous critique, ils peuvent le rendre critique. L'accélérateur de protons pourrait permettre dans ce cas de piloter le réacteur nucléaire, dans lequel des opérations de transmutation pourraient être mises en œuvre notamment en insérant dans le cœur de l'ADS des cibles contenant des actinides mineurs à transmuter. De tels systèmes pourraient être industriellement opérationnels à l'horizon 2040.

➤ **Etat de maturité des recherches sur la transmutation**

Ces recherches ont en premier lieu démontré que la mise en œuvre de la transmutation des produits de fission ne semble pas réaliste d'un point de vue industriel et économique. Par exemple, pour le cas le plus favorable du technétium, il faudrait de 18 à 33 ans d'irradiation pour réduire de moitié la quantité de technétium chargée. Pour atteindre des performances intéressantes (réduction d'un facteur 10), il faudrait recycler les cibles plusieurs fois, ce qui conduirait à des durées séculaires.

Les programmes de recherche se sont donc orientés essentiellement sur l'étude de la transmutation des actinides mineurs et ce, dans différents types de réacteurs.

Concernant les réacteurs à eau légère (c'est à dire ceux actuellement exploités par EDF), le principe de la transmutation de l'américium a été établi par le CEA, la transmutation du curium et du neptunium dans de tels réacteurs étant au contraire écartée. Par ailleurs, il a été mis en évidence que la transmutation de l'américium conduirait à d'importantes contraintes techniques et à des conséquences industrielles particulièrement lourdes pour un rendement limité.

Concernant les réacteurs du futur, les programmes de recherche ont porté sur deux technologies différentes : (i) d'une part des réacteurs à neutrons rapides dits de quatrième génération⁶ ; (ii) d'autre part des systèmes incinérateurs dédiés dits ADS⁷ (Accelerator Driven System). Les calendriers de développement de ces deux types de réacteurs conduisent à envisager leur mise en industrielle au plus tôt à l'horizon 2040. Par ailleurs, contrairement aux réacteurs de quatrième génération envisagés, les systèmes hybrides de type ADS ne devraient pas avoir comme vocation première la production d'électricité.

2.2.3 Les travaux sur l'axe 2 (stockage)

➤ **Conception et études en cours**

La particularité de cette option réside dans le fait que sa sûreté doit être prise en compte et évaluée sur de très longues périodes de temps, car elle a vocation à être potentiellement définitive, même si elle est réversible à moyen terme. En effet, il s'agit non seulement de construire et d'exploiter un stockage sur une période de plusieurs décennies, voire une période séculaire, mais également de définir les dispositions permettant d'assurer l'isolement des déchets par rapport à la biosphère pour des durées largement supérieures.

⁶ Par référence aux réacteurs actuellement exploités par EDF dits de deuxième génération et aux réacteurs de type EPR dits de troisième génération et qui pourraient, le cas échéant, être déployés à partir de 2020 pour initier le renouvellement du parc actuel.

⁷ Les systèmes hybrides associent un accélérateur de protons à un réacteur nucléaire à neutrons rapides fonctionnant dans un régime sous-critique. Lorsque l'énergie et l'intensité du faisceau de protons sont suffisantes, un grand nombre de neutrons sont produits par interaction du faisceau avec une cible placée à la sortie de l'accélérateur. Si ces neutrons, dits de « spallation », sont injectés dans un réacteur légèrement sous critique, ils peuvent rendre celui-ci critique. L'accélérateur de protons permet ainsi de piloter le réacteur nucléaire dans lequel des opérations de transmutation pourraient être mises en œuvre (notamment en insérant dans le cœur de l'ADS des cibles contenant des actinides mineurs à transmuter).

Les études de l'ANDRA ont porté sur la faisabilité d'un stockage profond pour les déchets HA et MAVL dans deux milieux géologiques distincts, l'argile et le granite. Les études sur l'argile tirent parti des données de site issues du laboratoire de Meuse / Haute-Marne, tandis que les études sur le granite se déroulent dans un contexte générique en s'appuyant sur une typologie des granites français et sur des expérimentations menées sur des installations de recherche situées à l'étranger. En 2005, seront produits un dossier de faisabilité pour le projet HAVL argile et un dossier pour le projet HAVL granite évaluant l'intérêt de cette roche. Ils dresseront l'état des connaissances scientifiques acquises, proposeront des concepts adaptés à l'inventaire des déchets et au milieu géologique d'accueil, et procéderont à une évaluation de la sûreté de ces concepts. Les dossiers remis en 2001 et 2002 ont permis de dresser un premier état des connaissances, de proposer des fondements méthodologiques pour l'évaluation de sûreté, et d'orienter le programme de recherche et les concepts à développer pour la période 2002 – 2005.

Les études de concept ont pour objectif de proposer des solutions simples et éprouvées, autant que possible déjà mises en œuvre dans d'autres contextes industriels, pour asseoir l'évaluation de la faisabilité de principe, c'est à dire démontrer qu'il n'y a pas d'éléments rédhibitoires à la démonstration de sûreté d'un stockage en couches géologiques profondes. En ce sens, elles n'entendent pas aller jusqu'au niveau de détail nécessaire pour constituer une vision optimisée du stockage, ni du point de vue de la sûreté ni du point de vue technico-économique.

Par ailleurs, les études de conception ont pris en compte la notion de réversibilité. Un stockage réversible est un stockage qui donne, par sa conception, des possibilités de choix en matière de gestion des déchets avant la fermeture définitive de l'installation. La réversibilité est garantie par des dispositions de conception, des modes d'exploitation et des moyens d'observation permettant de fonder les décisions de franchissement d'étapes intermédiaires vers la fermeture complète du stockage, d'attente ou de retour en arrière quelle qu'en soit la raison. La réversibilité ne se décrit donc pas selon un calendrier préétabli, mais dans le cadre d'un processus par étape laissant une souplesse de gestion et une certaine flexibilité dans le cadre de l'exploitation du stockage. Les études sur ce sujet doivent donc permettre de définir des options raisonnables visant à conférer une certaine souplesse dans le cadre de l'exploitation d'un stockage.

➤ **Etat d'avancement des recherches et maturité de la solution**

Dans le domaine de l'argile, les résultats des recherches en cours ne seront disponibles qu'à la mi-2005 ; les informations acquises à ce jour sur la roche montrent des propriétés plutôt favorables pour l'implantation d'un éventuel stockage. Le dossier de synthèse qui sera remis par l'ANDRA sera un élément déterminant pour indiquer si la faisabilité scientifique est atteinte ou non et quelles sont les possibilités concrètes offertes par la réversibilité.

Concernant le granite, l'ANDRA a également conduit des recherches sur la possibilité d'un stockage des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue dans une telle formation géologique. En l'absence d'un laboratoire dédié à ce type de roche, les études sont menées sur une base générique en tirant le parti d'expérimentations dans des laboratoires étrangers et des connaissances scientifiques sur ce milieu. Elles visent notamment à proposer des concepts adaptés à l'environnement géologique granitique. Le dossier de synthèse prévu en 2005 par l'ANDRA sur cette géologie ne devrait pas permettre d'apporter la démonstration de la faisabilité mais indiquer en revanche l'intérêt éventuel de poursuivre les recherches dans cette géologie.

2.2.4 Les travaux sur l'axe 3 (entreposage)

➤ **L'entreposage industriel et l'entreposage de longue durée**

Une période d'entreposage provisoire sera vraisemblablement nécessaire. En effet, comme cela a été explicité au §1.5., les déchets radioactifs MA-VL et HA sont aujourd'hui gérés dans des entreposages et devraient y rester dans l'attente de la mise en œuvre d'une solution de gestion définitive.

Les entreposages de déchets MA-VL et HA exploités actuellement et accueillant les déchets déjà existants ont été conçus pour un fonctionnement nominal d'une cinquantaine d'années. Ainsi, au-delà de quelques dizaines d'années, trois options seront envisageables : (i) maintenir les entreposages industriels existants

sous réserve des conclusions des réexamens périodiques de sûreté, (ii) construire de nouveaux entreposages industriels se substituant aux précédents, (iii) construire un entreposage de longue durée dédié, éventuellement centralisé.

➤ Conception et études en cours

L'entreposage de longue durée au sens de l'axe 3 peut se définir comme une installation industrielle sous contrôle de la société ayant pour fonctions le chargement, la mise en attente et la préservation de colis MA-VL ou HA (en surface ou subsurface) et leur reprise dans des conditions de sûreté et d'économie viables. La disponibilité de ces fonctions est prévue à la conception pour une durée séculaire (c'est-à-dire 100 ans au minimum, la durée maximale retenue pour les études de concept étant 300 ans), l'intégrité des colis devant être conservée à l'issue de cette durée. Différents concepts ont été étudiés par le CEA, notamment la possibilité d'entreposages en surface ou subsurface (c'est à dire dans ce dernier cas, à une profondeur de d'une dizaine de mètres, ce qui renforce la robustesse de l'installation en particulier vis-à-vis des risques d'agressions externes).

La mise en œuvre d'un entreposage de longue durée sous-entend la pérennité d'un contrôle actif de la société, présente et future. Concrètement, ceci suppose par exemple la présence d'un exploitant pour en assurer la charge technique et financière (surveillance, maintenance, reprise). Comme il n'est pas possible de prédire le contexte politique et social à venir, les installations ont été conçues pour être aussi robustes que possible. Toutefois, par nature, elles restent sujettes aux inconvénients intrinsèques des entreposages, à savoir la nécessité d'opérations de reprise. La durée de vie d'un tel entreposage de longue durée (durée séculaire) reste toutefois encore à évaluer.

➤ Etat d'avancement des recherches et maturité de la solution

Les études menées dans le cadre de l'axe 3 ont pu s'appuyer sur le retour d'expérience disponible dans le cas des entreposages industriels existants. Ainsi, ces programmes ont pu intégrer tout un corpus de données et de résultats déjà disponibles, rendant envisageable une mise en service industrielle assez rapide d'un entreposage de longue durée. Pour l'entreposage en surface, les études préliminaires concluent à un délai de huit ans entre la date de prise de décision éventuelle de construction d'un tel entrepôt et la mise à disposition d'une première unité d'entreposage permettant de commencer le chargement ; cette durée serait de 10 ans pour un entreposage en subsurface.

➤ Cohérence industrielle

La principale question relative à cette solution de gestion est celle de la chronologie qui lui est associée, notamment vis-à-vis des installations d'entreposage déjà existantes et du caractère non pérenne d'une telle solution. Doit-on d'ores et déjà envisager la construction d'entreposages de longue durée alors que les entreposages industriels peuvent avoir été construits de façon récente ? Quelle serait en outre la durée de vie d'un tel entreposage de longue durée et quelle serait la solution à prévoir ultérieurement ?

2.2.5 Les moyens financiers affectés aux recherches menées sur les 3 axes

Le tableau suivant donne le niveau des montants engagés (en M€HT) sur chacun des axes de recherche de la loi de 1991 (Source : Stratégie et programmes de recherche, Ministère de la Recherche – Direction de la Technologie).

(en M€)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003*
Axe 1	23,8	34,2	45,4	55,6	54,9	66,2	64	70,2	72,1	73,4	72,8	91,3
Axe 2	50,5	41,1	69	80	77,4	67	65	61,9	91	83,7	80,9	118
Axe 3	33,2	33,8	33,4	35,8	39,6	41,9	48,4	73,6	76,6	65,9	69,5	62,7
TOTAL	107,5	109,1	147,8	171,4	171,9	175,1	177,4	205,7	239,7	223	223,2	272

* : Pour 2003, le chiffre reporté correspond au budget prévisionnel

Le montant total engagé pour les recherches a donc augmenté de manière importante depuis 1992. Par ailleurs, il convient de noter que, si l'on tient compte de la nature différente des recherches engagées, les trois axes de recherche ont bénéficié d'un effort financier équilibré.

2.3. La préparation du débat parlementaire de 2006

La loi du 30 décembre 1991 a prévu « *qu'avant le 30 décembre 2006, le Gouvernement adressera au Parlement un rapport global d'évaluation de ces recherches accompagné d'un projet de loi autorisant, le cas échéant, la création d'un centre de stockage des déchets radioactifs de haute activité à vie longue et fixant le régime des servitudes afférentes à ce centre* ».

2.3.1 Les rapports de synthèse issus des acteurs de la recherche

Dans la perspective de cet examen parlementaire (aujourd'hui envisagé au premier semestre 2006), les différents acteurs de la recherche se préparent à remettre aux Pouvoirs publics et à la Commission nationale d'évaluation des rapports scientifiques de synthèse. Ces documents doivent être fournis progressivement au cours de l'année 2005 en fonction de la finalisation des travaux de R&D : (i) ainsi, une première version des rapports relatifs à l'axe 1 et l'axe 3 a été produite fin 2004 par le CEA et devrait être complétée en 2005 en fonction des derniers résultats expérimentaux disponibles (notamment sur la séparation poussée) ; (ii) concernant l'axe 2, une première version du rapport de synthèse devrait être produite pour fin juin 2005 et confirmée par une version définitive fin 2005. Ainsi, ce n'est qu'à la mi 2005 qu'une version (provisoire ou définitive) des différents rapports de recherche devrait être disponible.

Un travail de coordination est mené sous l'égide du ministère de la recherche qui en regroupant les différents acteurs (CEA, ANDRA, CNRS, COGEMA, EDF, FRAMATOME et les ministères concernés) anime le Comité d'Orientation et de Suivi des Recherches sur l'Aval du Cycle (COSRAC). Un rapport annuel de présentation des programmes de recherche est également publié par cette instance. Le rapport 2004 et une prospective dans le domaine des programmes de recherche sur la gestion des déchets après 2006 devraient être disponibles en juin 2005.

2.3.2 Le processus d'évaluation

Sur la base des rapports scientifiques du CEA et de l'ANDRA, un processus d'évaluation sera ensuite mis en œuvre et devrait donc intervenir essentiellement au cours du second semestre 2005. Sont notamment prévus : (i) le processus d'évaluation par la Commission nationale d'évaluation (CNE) ; (ii) l'examen sur le plan de la sûreté, par la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), des différents rapports scientifiques et en particulier celui sur l'axe 2 ; (iii) l'organisation d'une revue internationale de pairs menée sur le dossier de synthèse de l'ANDRA et sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE. Des résultats intermédiaires de ces différentes évaluations techniques devraient être disponibles dès l'automne 2005 (pour la CNE, fin septembre 2005 et pour la revue de pairs internationale, fin novembre) et les rapports définitifs début 2006.

2.3.3 La consultation et le processus décisionnel

➤ Un rôle particulièrement important pour l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST)

Depuis les discussions intervenues à la fin des années 80 lors de la préparation de la loi de 1991, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (créé par la loi n° 83-609 du 8 juillet 1983), est particulièrement impliqué. Les députés BATAILLE et BIRRAUX ont ainsi joué un rôle important, que ce soit dans le cadre du suivi régulier organisé par l'Office au cours de ces 15 dernières années mais aussi via la participation du député BATAILLE à la mission de concertation menée en 1993 et 1994 et ayant conduit au choix du laboratoire souterrain de recherches de Meuse / Haute-Marne.

Dans la perspective du débat parlementaire de 2006, les deux députés travaillent sur un rapport de synthèse qu'ils devraient rendre public fin mars 2005. Pour ce faire, des auditions publiques et privées des différents acteurs de la loi mais aussi des collectivités locales concernées, ont été menées depuis 2004 et se sont conclues par l'organisation d'auditions publiques les 20 janvier, 27 janvier et 3 février 2005.

Leur rapport devrait être particulièrement précieux pour le Gouvernement et constituer une source appréciable de recommandations. Par ailleurs, cette phase préalable d'analyse détaillée du dossier permet à l'OPECST d'acquérir une expertise fine du dossier dans la perspective du débat de 2006, ce qui devrait faciliter et enrichir les discussions parlementaires et l'examen d'un projet de loi.

➤ **Le choix du Gouvernement de mener un processus de consultation large et ouvert**

Etant donné l'importance de ce sujet pour la protection de la santé et de l'environnement des générations présentes et futures, comme pour la politique énergétique nationale, le Gouvernement souhaite qu'un large processus d'information et de consultation soit organisé.

Ce processus devra permettre à chaque citoyenne ou citoyen de s'informer et, si elle ou il le souhaite, de participer en exprimant ses préoccupations ou ses opinions. C'est ainsi que le débat pourra éclairer les décisions qui seront finalement arrêtées par les Pouvoirs publics dans le projet de loi débattu en 2006.

Dans cette perspective, une saisine de la Commission nationale du débat public est apparue particulièrement pertinente. L'organisation d'un débat sur ces sujets sous l'égide d'une Autorité administrative indépendante, créée par la loi à cet effet, permettrait en effet dans les meilleures conditions possibles d'informer le public sur les questions qu'il se pose, de lui présenter les options ouvertes et parmi celles-ci, le cas échéant, les premières orientations envisagées par le Gouvernement, de le faire participer au débat et de recueillir son avis.

Toutefois, étant donné les éléments de calendrier rappelés plus haut, l'organisation d'un tel débat public ne peut être envisagée qu'à partir de septembre 2005, date à laquelle les différents rapports de recherche auront été rendus par les acteurs de la recherche et un premier avis des évaluateurs aura pu être rendu.

A l'issue de ce débat public, sur la base des avis, observations et réactions obtenus, et en complément des recommandations qui seront issues de l'OPECST, le Gouvernement pourra déposer un projet de loi au premier semestre 2006 dont les termes auront été mûrement réfléchis et pesés.

Les différents thèmes qui pourraient être abordés dans le cadre d'un tel débat public sont présentés au sein du chapitre 3 de ce dossier de saisine.

3 Un débat public sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue

La préparation par les Pouvoirs Publics du projet de loi qui sera soumis à l'examen parlementaire en 2006 nécessitera de définir un certain nombre d'orientations quant à des thématiques de nature technique, démocratique et économique. S'agissant d'un sujet important pour la protection de l'environnement et de la santé, les Pouvoirs Publics souhaitent engager un débat public qui permettra (i) à chaque citoyen de s'informer sur la problématique des déchets nucléaires et sur les enjeux de leur gestion, (ii) d'exprimer ses préoccupations ou ses opinions à ce sujet, (iii) et finalement d'éclairer les réflexions menées par les Pouvoirs Publics.

Pour favoriser l'acquisition par le plus grand nombre d'une culture générale sur le sujet, le dossier de débat public qui sera soumis présentera des données relatives à l'ensemble des déchets nucléaires. Il présentera en outre les options alternatives qui pourraient être envisagées en 2006, en précisant le cas échéant celle(s) que privilégierai(en)t le Gouvernement.

Les paragraphes qui suivent présentent ce que pourraient être les acteurs, les conditions et les sujets d'un tel débat. Ces éléments ne sont indiqués qu'à titre illustratif, pour montrer aux membres de la CNDP l'intérêt d'un tel débat. Ils ne prétendent pas à l'exhaustivité, ils ne se substituent pas aux résultats des consultations préalables qui seraient menées par la CPDP en amont du débat public et ils ne préjugent en rien des décisions que pourra prendre la CNDP.

3.1. Les acteurs du débat

De multiples acteurs sont susceptibles de participer à un débat sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue. Pour ce qui concerne les Pouvoirs Publics, participeront les ministères de l'industrie et de l'environnement, auteurs de la saisine, en association avec le ministère de la recherche et le ministère de la défense. Les acteurs de la recherche (CEA, ANDRA, CNRS) seraient également amenés à prendre part au débat afin de présenter les résultats obtenus sur les différents axes de recherche et les perspectives ouvertes par leurs travaux. Il conviendrait également de convier les différents organes évaluateurs des recherches (CNE, AIEA mais également la DGSNR avec l'appui de l'IRSN pour l'aspect évaluation de sûreté) afin de disposer d'un éclairage sur les différents résultats obtenus par les acteurs de la recherche. D'autres experts (par exemple des intervenants étrangers) pourraient être conviés à participer aux débats et à témoigner de leur point de vue. La présence des différents industriels du secteur (groupe AREVA, EDF) permettrait de répondre aux questions liées à la politique de gestion industrielle des déchets et d'aborder les sujets sous l'angle de la stratégie industrielle. Enfin, la participation des élus et des associations permettrait de compléter le panorama des parties prenantes à la problématique de la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

3.2. Les conditions du débat

S'agissant d'un sujet technique et relativement complexe, l'appropriation par le grand public des notions nécessaires pour appréhender les enjeux et la problématique nécessitera un effort de pédagogie important, auquel ne prétend évidemment pas le présent dossier de saisine, qui est destiné aux membres de la CNDP. Dans le cas où la CNDP choisirait effectivement d'organiser ce débat, les Pouvoirs Publics mettront en œuvre les moyens nécessaires, y compris en terme d'iconographie et de multimédia, pour alimenter le débat sous les formes multiples qu'il pourra prendre (dossier de débat public, réunions publiques, consultations ciblées, site Internet...).

Par ailleurs, même s'il s'agit d'organiser au plan national un débat sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue et non pas un débat sur un projet d'infrastructure tel que ceux qu'a organisés la CNDP jusqu'à présent, il conviendra de considérer non seulement des grandes villes de France mais aussi d'accorder une attention particulière à la déclinaison qui sera faite au niveau du territoire. On peut songer en particulier à des localités accueillant aujourd'hui des

centrales nucléaires ou des installations d'entreposage (La Hague) ou encore des installations de recherche (Bure, Marcoule ...).

3.3. Les sujets du débat

3.3.1 Les enjeux techniques

La détermination de solutions de gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue sur la base des recherches menées selon les 3 axes nécessite de prendre en compte les acquis et potentialités de chacun d'entre eux.

Dans cette optique, les différentes thématiques qui suivent pourraient être abordées dans le cadre du débat public, sans exhaustivité :

➤ **Quelques questions communes aux trois axes**

Qu'est-ce que la radioactivité ?

Que sont les déchets radioactifs ? Où sont-ils ?

Quelles sont les solutions envisageables ?

Qu'apportent-elles en terme de solution de gestion ?

Qu'apportent-elles en terme de sûreté, de pérennité ?

Quels sont les risques ou les incertitudes et comment les maîtrise-t-on ?

Quand pourraient-elles être opérationnelles ?

Quelles solutions faudrait-il mettre en œuvre, à quel rythme, pour quels types de déchets ?

➤ **Quelques questions sur l'axe 1**

Quelles ambitions pour les recherches sur l'axe 1 ?

Est-il souhaitable de mettre en œuvre de la séparation poussée avant la transmutation ?

Quelle articulation avec les différentes générations de réacteur (parc actuel, EPR, réacteurs du futur) ?

➤ **Quelques questions sur l'axe 2**

Qu'est-ce que la réversibilité ? Qu'apporte-t-elle ?

Quelle surveillance doit-on assurer ?

Faut-il plusieurs laboratoires ou un seul peut-il suffire ? A quelles conditions ?

➤ **Quelques questions sur l'axe 3**

Combien de temps peut durer un entreposage ?

Que se passe-t-il après ?

Vaut-il mieux un entreposage en surface, en subsurface, ou en couche géologique ?

Vaut-il mieux beaucoup de petits entreposages ou un entreposage centralisé ?

3.3.2 Les enjeux démocratiques

➤ **Définition du processus décisionnel**

Dans quelle mesure le projet de loi doit-il prévoir la suite du processus décisionnel ? Doit-on définir dès à présent l'intégralité du processus ? Comment peut-on assurer sa mise en cohérence avec la disponibilité future des différentes solutions de gestion ?

Quelle serait la nature des étapes du processus (décisions plus ou moins importantes, point d'information) ?

Quelle en serait la fréquence ?

Quelle garantie apporter au respect de ce processus ? Quelle articulation avec la mise en œuvre potentielle de la réversibilité ?

Saisine de la CNDP sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue et de haute activité.

➤ **Rôle des différents acteurs au-delà de 2006**

Quel rôle serait confié au Parlement ? Serait-il saisi de façon préalable aux différentes étapes identifiées et devrait-il donner des autorisations pour franchir ces étapes ?

Quel pourrait être parallèlement le rôle des autres Pouvoirs publics, notamment quelles décisions pourraient relever du pouvoir exécutif ?

Enfin, quel serait le processus à mettre en œuvre vis-à-vis des collectivités locales concernées de façon à concilier l'enjeu éminemment national de ces sujets et le fait que ces collectivités seraient directement concernées par d'éventuelles décisions d'implantation (concertations, débats publics, enquêtes publiques...)
?

➤ **Quelles modalités de suivi et d'évaluation sur le plan scientifique ?**

Doit-on prolonger le rôle actuel de la Commission nationale d'évaluation ? Sa compétence et sa composition doivent-elles évoluer, en s'ouvrant par exemple aux sciences humaines et sociales ?

Quelles seraient les modalités de nomination de ses membres ? Serait-elle rattachée à d'autres instances d'évaluation scientifique ?

➤ **Quelles modalités d'information et de consultation pour les collectivités locales concernées ?**

Doit-on prolonger l'existence des Comités locaux d'information et de suivi ? Quelles missions et quels moyens ? Quelle doit en être la composition ? Quel rôle dans la consultation des collectivités locales ?

3.3.3 Les enjeux économiques

➤ **Les modalités d'accompagnement économique et d'aménagement du territoire**

Selon quelles modalités doit-on prolonger le dispositif d'accompagnement économique des territoires accompagnant un laboratoire souterrain de recherche ? Doit-on mettre en place un contrat entre les différents partenaires ?

Doit-on définir dès à présent les modalités d'accompagnement économique et d'aménagement du territoire pour une solution définitive de gestion ? Le cas échéant, quelles modalités ?

➤ **Le financement de la recherche et de la gestion des déchets radioactifs**

Doit-on définir des modalités de financement précises dans le cadre de la loi post 2006, notamment pour le financement des activités de recherche de l'ANDRA et du CEA ?

Combien cela a coûté et combien cela coûtera ? Qui paye ?

4 ANNEXES

Annexe 1

La loi du 30 décembre 1991

Annexe 2

Panorama international

Annexe 1

Loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs de haute activité à vie longue telle qu'aujourd'hui codifiée dans le Code de l'environnement.

CODE DE L'ENVIRONNEMENT

(Partie Législative)

Chapitre II : Dispositions particulières aux déchets radioactifs

Article L542-1

La gestion des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue doit être assurée dans le respect de la protection de la nature, de l'environnement et de la santé, en prenant en considération les droits des générations futures.

Article L542-2

Le stockage en France de déchets radioactifs importés, même si leur retraitement a été effectué sur le territoire national, est interdit au-delà des délais techniques imposés par le retraitement.

Article L542-3

I. - Le Gouvernement adresse chaque année au Parlement un rapport faisant état de l'avancement des recherches sur la gestion des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue et des travaux qui sont menés simultanément pour :

1° La recherche de solutions permettant la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue présents dans ces déchets ;

2° L'étude des possibilités de stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes, notamment grâce à la réalisation de laboratoires souterrains ;

3° L'étude de procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface de ces déchets.

II. - Ce rapport fait également état des recherches et des réalisations effectuées à l'étranger.

III. - Avant le 30 décembre 2006, le Gouvernement adressera au Parlement un rapport global d'évaluation de ces recherches accompagné d'un projet de loi autorisant, le cas échéant, la création d'un centre de stockage des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue et fixant le régime des servitudes et des sujétions afférentes à ce centre.

IV. - Le Parlement saisit de ces rapports l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

V. - Ces rapports sont rendus publics.

VI. - Ils sont établis par une commission nationale d'évaluation, composée de :

1° Six personnalités qualifiées, dont au moins deux experts internationaux, désignées à parité par l'Assemblée nationale et par le Sénat, sur proposition de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques ;

2° Deux personnalités qualifiées désignées par le Gouvernement sur proposition du Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires ;

3° Quatre experts scientifiques, désignés par le Gouvernement sur proposition de l'Académie des sciences.

Article L542-4

Les conditions dans lesquelles sont mis en place et exploités les laboratoires souterrains destinés à étudier les formations géologiques profondes où seraient susceptibles d'être stockés ou entreposés les déchets radioactifs à haute activité et à vie longue sont déterminées par les articles L. 542-5 à L. 542-11.

Article L542-5

Tout projet d'installation d'un laboratoire souterrain donne lieu, avant tout engagement des travaux de recherche préliminaires, à une concertation avec les élus et les populations des sites concernés, dans des conditions fixées par décret.

Article L542-6

Les travaux de recherche préalables à l'installation des laboratoires sont exécutés dans les conditions prévues par la loi du 29 décembre 1892 sur les dommages causés à la propriété privée par l'exécution des travaux publics.

Article L542-7

Sans préjudice de l'application des dispositions du titre Ier du présent livre, l'installation et l'exploitation d'un laboratoire souterrain sont subordonnées à une autorisation accordée par décret en Conseil d'Etat, après étude d'impact, avis des conseils municipaux, des conseils généraux et des conseils régionaux intéressés et après enquête publique organisée selon les modalités prévues par les articles L. 123-1 à L. 123-16.

Cette autorisation est assortie d'un cahier des charges.

Le demandeur d'une telle autorisation doit posséder les capacités techniques et financières nécessaires pour mener à bien de telles opérations.

Article L542-8

L'autorisation confère à son titulaire, à l'intérieur d'un périmètre défini par le décret constitutif, le droit exclusif de procéder à des travaux en surface et en sous-sol et celui de disposer des matériaux extraits à l'occasion de ces travaux.

Les propriétaires des terrains situés à l'intérieur de ce périmètre sont indemnisés, soit par accord amiable avec le titulaire de l'autorisation, soit comme en matière d'expropriation.

Il peut être procédé, au profit du titulaire de l'autorisation, à l'expropriation pour cause d'utilité publique de tout ou partie de ces terrains.

Article L542-9

Le décret d'autorisation institue en outre, à l'extérieur du périmètre mentionné à l'article précédent, un périmètre de protection dans lequel l'autorité administrative peut interdire ou réglementer les travaux ou les activités qui seraient de nature à compromettre, sur le plan technique, l'installation ou le fonctionnement du laboratoire.

Article L542-10

Des sources radioactives peuvent être temporairement utilisées dans ces laboratoires souterrains en vue de l'expérimentation.

Dans ces laboratoires, l'entreposage ou le stockage des déchets radioactifs est interdit.

Article L542-11

Un groupement d'intérêt public peut être constitué, dans les conditions prévues par l'article 21 de la loi n° 82-610 du 15 juillet 1982 d'orientation et de programmation pour la recherche et le développement technologique de la France, en vue de mener des actions d'accompagnement et de gérer des équipements de nature à favoriser et à faciliter l'installation et l'exploitation de chaque laboratoire.

Outre l'Etat et le titulaire de l'autorisation prévue à l'article L. 542-7, la région et le département où est situé le puits principal d'accès au laboratoire, les communes dont une partie du territoire est à moins de dix kilomètres de ce puits, ainsi que tout organisme de coopération intercommunale dont l'objectif est de favoriser le développement économique de la zone concernée, peuvent adhérer de plein droit à ce groupement.

Article L542-12

L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, établissement public industriel et commercial, est chargée des opérations de gestion à long terme des déchets radioactifs, et notamment :

1° En coopération notamment avec le Commissariat à l'énergie atomique, de participer à la définition et de contribuer aux programmes de recherche et de développement concernant la gestion à long terme des déchets radioactifs ;

2° D'assurer la gestion des centres de stockage à long terme, soit directement, soit par l'intermédiaire de tiers agissant pour son compte ;

3° De concevoir, d'implanter et de réaliser les nouveaux centres de stockage compte tenu des perspectives à long terme de production et de gestion des déchets et d'effectuer toutes études nécessaires à cette fin, notamment la réalisation et l'exploitation de laboratoires souterrains destinés à l'étude des formations géologiques profondes ;

4° De définir, en conformité avec les règles de sûreté, des spécifications de conditionnement et de stockage des déchets radioactifs ;

5° De répertorier l'état et la localisation de tous les déchets radioactifs se trouvant sur le territoire national.

Article L542-13

Il est créé, sur le site de chaque laboratoire souterrain, un comité local d'information et de suivi.

Ce comité comprend notamment des représentants de l'Etat, deux députés et deux sénateurs désignés par leur assemblée respective, des élus des collectivités territoriales consultées à l'occasion de l'enquête publique, des membres des associations de protection de l'environnement, des syndicats agricoles, des représentants des organisations professionnelles et des représentants des personnels liés au site ainsi que le titulaire de l'autorisation.

Ce comité est composé pour moitié au moins d'élus des collectivités territoriales consultées à l'occasion de l'enquête publique. Il est présidé par le préfet du département où est implanté le laboratoire.

Le comité se réunit au moins deux fois par an. Il est informé des objectifs du programme, de la nature des travaux et des résultats obtenus. Il peut saisir la commission nationale d'évaluation visée à l'article L. 542-3.

Le comité est consulté sur toutes questions relatives au fonctionnement du laboratoire ayant des incidences sur l'environnement et le voisinage. Il peut faire procéder à des auditions ou des contre-expertises par des laboratoires agréés.

Les frais d'établissement et le fonctionnement du comité local d'information et de suivi sont pris en charge par le groupement prévu à l'article L. 542-11.

Article L542-14

Un décret en Conseil d'Etat fixe, en tant que de besoin, les modalités d'application du présent chapitre.

Annexe 2

Panorama international de la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue

En ce qui concerne la gestion des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue, les différents pays nucléarisés ont déjà mis en œuvre des solutions permettant d'assurer une gestion sûre sur le court et le moyen terme. La disponibilité d'entrepôts industriels et de procédés de conditionnement confère ainsi une certaine souplesse dans l'attente de la définition et de la conception d'une solution définitive apte à prendre en charge ces déchets sur le très long terme.

La gestion à long terme des déchets HAVL

Des processus plus difficiles sur le plan sociétal que sur le plan technique

De multiples échecs dans la mise en œuvre de programmes pour la gestion sur le long terme des déchets HAVL sont en fait la conséquence d'une gestion sociale inappropriée. Ces échecs ont touché de nombreux pays avec des conséquences notables retardant ou, même souvent, remettant en cause les politiques adoptées. Les principaux enseignements en sont les suivants :

➤ Une approche exclusivement scientifique et technique ne peut aboutir : la France comme le Canada en ont fait l'expérience.

Au Canada après la réalisation d'un laboratoire souterrain de recherche méthodologique et d'un programme de R&D exhaustif (20 ans), l'opérateur a présenté en 1994 une évaluation d'impact environnemental d'un stockage en profondeur. En 1998, une « revue » sur cette étude était remise au gouvernement canadien et indiquait notamment : *"la sûreté du projet est acceptable du point de vue technique, elle ne l'est pas du point de vue social. Parce que l'opérateur n'a pas démontré que son projet avait un large soutien du public, il ne peut être accepté comme la solution canadienne pour la gestion des déchets des combustibles usés"*. Depuis, une loi a été adoptée pour mettre en place le cadre légal de l'organisme de gestion des combustibles usés et du financement de son action. Cette loi prévoit la création d'un organisme de gestion des déchets de combustible nucléaire (intervenue en novembre 2002) dont la mission d'une durée de trois ans est de faire des recommandations au gouvernement sur une méthode de gestion acceptable tant du point de vue technique, économique, environnemental et social.

Pour la France, on peut rappeler qu'une première série d'investigations géologiques sur quatre sites a été interrompue en 1990 par le Premier Ministre de l'époque, qui a pris en compte la forte opposition manifestée sur les sites et au niveau national. Cette démarche des autorités, en redonnant à la représentation nationale la responsabilité d'analyser la situation et de définir une politique, a conduit à l'élaboration et au vote de la loi du 30 décembre 1991.

La Belgique a connu également des difficultés au cours des années 1990 pour la recherche d'un site de stockage pour des déchets de faible et moyenne activité : la définition par les techniciens d'une liste de près de 40 sites techniquement intéressants avait été suivie par un refus successif de chacun des sites présélectionnés.

➤ L'étude d'une seule solution rend la décision difficile, comme la Grande-Bretagne ou l'Allemagne le montrent.

En Grande-Bretagne, après le rejet en 1997 du seul site étudié pour le stockage géologique de déchets de moyenne activité, celui de Sellafield, une remise à plat de la politique britannique en la matière a été décidée. En 1999, la Chambre des Lords, à la suite d'une démarche similaire à celle de la France au début des années 90, a émis des recommandations pour la mise en place d'un processus par étape, ouvert sur plusieurs solutions et consultatif. A la suite de ce rapport, le gouvernement britannique a lancé une consultation et a entrepris de réorganiser la gestion des déchets, en particulier en créant un comité de suivi et d'évaluation indépendant (CoRWM) et un organisme de gestion indépendant des producteurs de déchets.

En Allemagne c'est un gouvernement représentant un nouveau courant de pensée qui a remis en cause 20 ans de recherche et de travaux de réalisation d'un stockage sur le site de Gorleben, dans le sel. Cela a conduit à une redéfinition de toute la démarche avec l'établissement d'une commission de réflexion très large (AKEnd) qui a redéfini le processus et les critères devant conduire au choix d'un site de stockage.

Aux Etats-Unis, le devenir du site de Yucca Mountain, sera intéressant à suivre. En effet le processus de décision qui a conduit au choix du site de Yucca Mountain est incontestablement démocratique mais la multiplicité des recours peut entraîner des retards considérables.

A l'inverse la Suède réussit à avancer avec un accord national et local en menant en parallèle l'étude de différents sites. La Finlande est l'exemple d'une démarche similaire s'appuyant sur un très fort consensus politique et économique. Notons cependant que les sites retenus sont des sites déjà nucléarisés.

Les processus de conception de la politique de gestion des déchets HAVL

Beaucoup de pays se sont dotés d'un processus de définition d'une stratégie de gestion. Ce processus politique impose des étapes et autorise l'interaction entre les différentes parties prenantes. C'est le choix effectué en France, avec la loi de 1991, souvent citée en exemple par tous nos partenaires étrangers, en Grande Bretagne, au Japon, au Canada et même dans des pays ayant déjà fait un choix comme la Suède, les Etats-Unis ou l'Allemagne.

➤ Ce type de processus a un certain nombre de caractéristiques :

- il est fondé sur une mobilisation de la recherche, avec ce qu'elle autorise de doutes, d'investigations et de controverses ;
- il envisage plusieurs alternatives, (différentes solutions, différents sites) ;
- il fait l'objet d'une évaluation régulière indépendante, (cf. la Commission Nationale d'Evaluation en France, Kasam en Suède, le NTRWB aux USA) ;
- il comporte des rendez-vous d'étapes (en France en 2006, tous les 3 à 5 ans ailleurs) ;
- il permet un apprentissage mutuel, entre les différents partenaires, en tirant parti des forums institués pour le débat.

➤ La nature des alternatives étudiées est variable selon les pays :

Il faut d'abord remarquer que tous les pays souhaitent prendre des engagements de gestion pour l'inventaire engagé par le parc industriel existant, sur sa durée de vie supposée. Cette attitude est notamment illustrée par la Finlande. Le Parlement vient en effet de prendre une décision de principe pour la réalisation d'un stockage profond permettant d'accueillir les déchets produits par les quatre réacteurs existants. Par ailleurs, la construction d'un nouveau réacteur, comporte aussi la demande d'une capacité de stockage des déchets produits par cette nouvelle installation.

La France est le pays qui garde probablement le plus de solutions alternatives (les trois axes de la loi de 1991) ouvertes sur une longue période.

Les quelques autres pays qui n'ont pas encore fait un choix définitif, peuvent notamment intégrer l'entreposage de longue durée dans leur réflexion. Ainsi, le Canada donne trois ans au nouvel opérateur créé par la loi pour remettre un rapport comparant trois solutions au moins : le stockage géologique, l'entreposage centralisé, l'entreposage sur site. La Grande-Bretagne au travers du processus de consultation mis en place devrait avoir une attitude voisine.

La Suède, la Finlande, les Etats-Unis et l'Allemagne ont en revanche fait le choix de la réalisation de stockage géologique. A part les Etats-Unis, ils disposent d'une capacité d'entreposage de combustibles usés suffisante pour accueillir ceux sortant de leurs centrales pendant toute leur durée de vie.

Le tableau suivant résume les principales options techniques étudiées ou envisagées dans les différents pays :

Options de gestion considérées	Séparation Transmutation	Entreposage long terme	Stockage géologique
FRANCE	X	X	X
CANADA		X	X
ROYAUME-UNI		X	X
SUEDE			X
FINLANDE			X
ETATS-UNIS	X		X
JAPON	X		X

➤ La démarche de recherche de site est variable selon les pays et est très marquée par l'histoire :

FRANCE, ALLEMAGNE Sites non nucléaires	Bure, Gorleben (?), Konrad (?),
JAPON	Démarche ouverte, en cours
CANADA	Démarche orientée sur des provinces nucléarisées, en cours
Sites nucléaires ETATS UNIS, SUEDE, FINLANDE	Yucca Mountain, Oskarshamn/ Östhammar, Olkiluoto

On constate notamment que la Suède et la Finlande ont obtenu un accord préalable sur les concepts d'un stockage avant le choix de site, alors que la France et les USA mettent au point des concepts adaptés à des sites existants. La Suède a obtenu ainsi un consensus sur la sûreté d'un concept de stockage bien avant de commencer des travaux de forage depuis la surface (pour lesquels l'opérateur SKB a obtenu l'accord du gouvernement et de deux communes (Oskarshamn et Östhammar). Dans ce pays, comme en Finlande, les industriels et les maires des communes de leurs implantations, qui se déclarent responsables des déchets déjà existants sur leur territoire, ont joué un rôle important dans la définition de la liste des sites potentiels.

La réversibilité

Si la réversibilité d'une installation de stockage n'est pas un concept retenu par tous, un consensus existe pour suivre un processus flexible par étapes correctement instruites, associées à des programmes de surveillance et de confirmation des performances, se chevauchant avec les phases de définition de la politique. Le DOE (USA) vient de faire conduire une étude par le "Board on Radioactive Waste Management" sur les principes d'une gestion par étapes des déchets HAVL. L'AEN prépare également un rapport sur ce sujet.

Dans cet ordre d'idée, certains pays qui ont décidé la sortie du nucléaire mais aussi d'autres comme la Suisse, insistent sur le caractère inévitable du stockage géologique, mais sont plus réticents à l'affichage d'une réversibilité complète, non délimitée : ils ne veulent pas risquer de reporter des responsabilités sur les générations futures, qui pourraient avoir perdu les compétences dans la manipulation et le traitement des déchets radioactifs. Ils envisagent alors des étapes qui vont rapidement à la fermeture de l'installation. La proposition de concept faite par le groupe suisse EKRA va dans ce sens, et prévoit de maintenir un laboratoire témoin à proximité d'un stockage fermé.

En conclusion, on pourrait noter que si les processus mis en place s'inspirent des mêmes principes que la loi française de 1991, les contextes nationaux conduisent à une diversité de pratiques et d'avancement. En outre, il ne s'agit jamais d'un choix binaire, par oui ou non, à un instant unique, mais d'une succession de décisions, tenant compte de la diversité des déchets, et des alternatives étudiées.

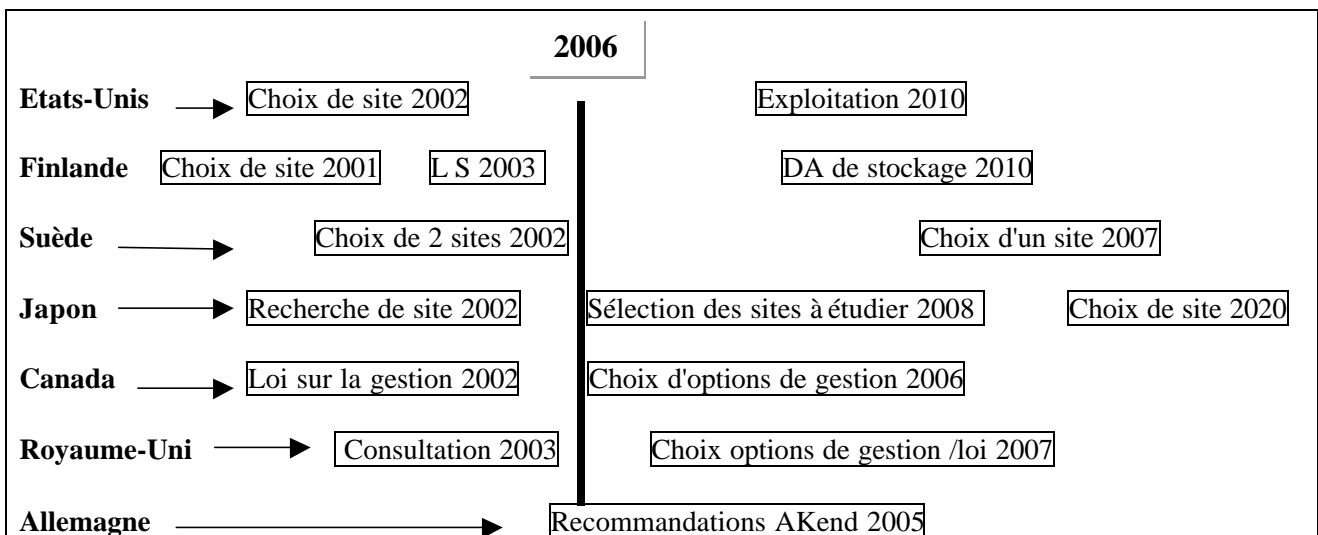
Conclusions

De l'analyse de la situation internationale, on peut conclure que les principes régissant la démarche française sont les mêmes que ceux mis en œuvre dans les autres pays nucléarisés et ont pu inspirer de nombreux cas (Japon, Canada, Grande Bretagne, etc.).

La situation de la France est comparable à celle de la Suède ou de la Finlande, bien qu'un peu plus complexe que celle de ces deux pays. Comparable du fait de l'existence d'une politique intégrée de gestion des déchets, avec la mise en évidence d'une filière pour tous les déchets. Comparable aussi du fait de l'engagement dans la recherche de site pour le stockage, même si le processus de choix et de décision est agencé de manière très différente. Mais plus complexe aussi du fait de l'organisation différente de la fin du cycle et de l'existence des déchets d'origine militaire ou de recherche qui induisent une plus grande variété de déchets. De plus, l'ampleur de nos programmes de recherche (avec la particularité des trois axes mis en œuvre dans le cadre de la loi de 1991) laisse ouvert un plus large éventail de solutions.

Depuis la mise en service du WIPP, les Etats-Unis disposent quant à eux du premier stockage au monde de déchets de moyenne activité à vie longue ("TRU waste", proches des déchets MA-VL français). Ce n'est au mieux qu'à partir de 2006 que la France pourra envisager une solution pour ses déchets équivalents.

Pour les déchets de haute activité, le contexte international devrait être marqué autour de 2006 par des décisions importantes : en Suède par exemple, une demande d'autorisation de réaliser un stockage devrait être faite en par l'opérateur SKB ; au Canada (choix entre les trois solutions étudiées pour l'entreposage ou le stockage) ; en Grande-Bretagne (choix d'une option de gestion) ; en Finlande où le laboratoire de caractérisation souterrain sera achevé. Au Japon la définition des quelques sites à étudier devrait être faite en 2008. Il faut donc suivre avec attention les projets de tous ces pays.



5 GLOSSAIRE

Actinides : Famille d'éléments chimiques plus lourds que l'actinium (numéro atomique 89). Quatre actinides existent à l'état naturel : l'actinium (89), le thorium (90), le protactinium (91) et l'uranium (92). Il existe également des actinides artificiels, ce sont les transuraniens : plutonium...

Actinides majeurs : noyaux lourds d'uranium et de plutonium présents ou formés dans le combustible nucléaire.

Actinides mineurs : noyaux lourds formés en relativement faibles quantités dans un réacteur nucléaire par captures successives de neutrons à partir des noyaux du combustible. Ces isotopes à vie longue sont principalement le neptunium (237), l'américium (241, 243) et le curium (243, 244, 245).

ADS : voir réacteur hybride.

AEN : Agence pour l'Énergie Nucléaire. Créée en 1957 au sein de l'OCDE, elle constitue un espace de collaboration juridique, technique et scientifique entre les États sur la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire. L'AEN ne dispose d'aucune prérogative de contrôle. Internet : www.nea.fr

AIEA : Agence Internationale de l'Énergie Atomique (International Atomic Energy Agency) Organisation intergouvernementale créée en 1957, qui fait partie de l'organisation des Nations Unies. Son rôle est de favoriser et d'encourager l'utilisation pacifique de l'énergie atomique dans le monde entier. Internet : www.iaea.org.

Alpha : les particules composant le rayonnement alpha sont des noyaux d'hélium 4 (2 neutrons + 2 protons), fortement ionisants mais très peu pénétrants. Une simple feuille de papier est suffisante pour arrêter leur propagation (symbole α).

ANDRA : Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs, établissement public à caractère industriel et commercial chargé de la gestion et du stockage des déchets radioactifs solides. Internet : www.andra.fr.

Atome : constituant de base de la matière. Il est composé d'un noyau (neutrons + protons) autour duquel gravitent des électrons. Voir la constitution d'un atome.

Becquerel : unité légale de mesure internationale utilisée en radioactivité. Le becquerel (Bq) est égal à une désintégration par seconde (1 curie = 37 milliards de Bq). Cette unité représente des activités tellement faibles que l'on emploie habituellement ses multiples : le MBq (Mega ou million de becquerels), le GBq (Giga ou milliard de becquerels) ou le TBq (Tera ou mille milliards de becquerels). Pour visualiser le tableau des unités.

Bêta : les particules composant le rayonnement bêta sont des électrons de charge négative ou positive. Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffisent à les arrêter (symbole β).

CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique. Les thématiques étudiées par l'organisme sont l'énergie, les technologies pour l'information et la santé, et la Défense. Internet : www.cea.fr.

Centrale nucléaire : ensemble d'unités de production d'énergie électrique qui utilisent la chaleur dégagée par la fission de l'atome dans un réacteur. Son principe de fonctionnement est identique à celui des centrales thermiques "classiques". Seul le combustible utilisé et la technologie mise en œuvre sont spécifiques.

Il existe différents types de centrales thermiques nucléaires en France :

- à uranium naturel/graphitegaz (déclassées),
- à eau ordinaire (ou légère),
- à eau lourde (déclassée),
- à neutrons rapides.

Les centrales à eau ordinaire sont les plus répandues dans le monde, en particulier celles qui utilisent la filière à eau pressurisée (en abrégé REP : réacteur à eau pressurisée ou PWR : pressurized water reactor).

Saisine de la CNDP sur les options générales en matière de gestion des déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue et de haute activité.

Césium : métal rare et toxique dont les caractéristiques sont comparables à celles du potassium. L'un de ces isotopes, le césium 137, est un produit de fission radioactif que l'on trouve dans les différents circuits de la zone nucléaire.

Cobalt : le cobalt 60 (symbole Co) est un élément radioactif dont les émissions gamma sont utilisées en radiothérapie ou en radiographie industrielle. On en trouve en faible dose dans le circuit primaire d'une centrale : il provient de l'activation des métaux composant ce circuit.

Cœur : équivalent du foyer dans une chaudière classique, le cœur du réacteur nucléaire est constitué par la juxtaposition des assemblages combustibles et des barres de contrôle. C'est le siège de la réaction en chaîne.

COGEMA : Compagnie Générale des Matières Nucléaires. Filiale d'AREVA, ses activités couvrent l'ensemble du cycle du combustible nucléaire (exploitation minière, conversion, enrichissement, fabrication, retraitement des combustibles irradiés). Internet : www.cogema.fr

Combustible nucléaire : matière fissile utilisée dans un réacteur pour y développer une réaction nucléaire en chaîne. Le combustible neuf d'un réacteur à eau pressurisée est constitué d'oxyde d'uranium enrichi en uranium 235 (entre 3 et 4%).

Contamination : dépôt en surface de poussières ou de liquides radioactifs. La contamination pour l'homme peut être externe (sur la peau) ou interne (par ingestion ou inspiration).

Cycle du combustible : ensemble des étapes suivies par le combustible fissile : extraction du minerai, élaboration et conditionnement du combustible, utilisation dans un réacteur, retraitement et recyclage ultérieur. Pour visualiser le cycle simplifié du combustible.

Déchargement d'un réacteur : opérations consistant à retirer le combustible nucléaire d'un réacteur. Dans les REP, elles s'effectuent toujours réacteur à l'arrêt et cuve ouverte.

Déchets radioactifs : matières radioactives inutilisables provenant de centres médicaux, de laboratoires ou de l'industrie nucléaire.

Décroissance radioactive ou désactivation : diminution d'activité nucléaire d'une substance radioactive par désintégrations spontanées.

EDF : Électricité de France. Établissement public à caractère industriel et commercial produisant de l'électricité, assurant l'exploitation et la maintenance de ses centrales ainsi que le transport et la distribution de l'électricité. Internet : www.edf.fr

Effluents : liquides ou gaz contenant des substances radioactives. Leur activité est réduite par des dispositifs appropriés avant leur rejet ou leur utilisation.

Éléments combustibles : dans les réacteurs à eau sous pression, assemblages solidaires de 264 tubes remplis de pastilles d'oxyde d'uranium. Appelés "crayons", ils forment la gaine du combustible. Suivant les types de centrales, le cœur du réacteur contient entre 100 et 200 assemblages de combustible.

EPR (European Pressurized Reactor) : ce projet de nouveau réacteur franco-allemand doit répondre aux objectifs améliorés de sûreté fixés conjointement par les administrations françaises et allemandes chargées de la sûreté nucléaire, avec leurs appuis techniques. Cette adaptation de règles de sûreté communes encourage l'émergence de références internationales. Le projet, pour pouvoir répondre à un cahier des charges élargi à plusieurs électriciens européens, intègre trois ambitions :

- respecter les objectifs de sûreté définis de façon harmonisée au niveau international. La sûreté doit être améliorée de façon significative dès la conception, notamment par la réduction d'un facteur 10 de la probabilité de fusion du cœur, par la limitation des conséquences radiologiques des accidents, et la simplification de l'exploitation ;

- maintenir la compétitivité, notamment en augmentant la disponibilité et la durée de vie des principaux composants ;
- réduire les rejets et déchets produits en fonctionnement normal, et rechercher une forte capacité à recycler du plutonium.

EURATOM : Communauté Européenne de l'Énergie Atomique. Créée en 1957, la Communauté Européenne de l'Énergie Atomique a pour mission générale de contribuer à la formation et à la croissance des industries nucléaires et au développement des échanges avec les autres pays. Cet organisme intervient notamment pour le contrôle des matières nucléaires dans les centrales.

Fertile : un nucléide est dit fertile, s'il peut se transformer en nucléide fissile par capture d'un neutron. Exemple : l'uranium 238, qui se transforme en plutonium 239, est un nucléide fertile.

Filière : terme utilisé pour désigner le choix technique d'un type de réacteurs nucléaires capables de produire de l'énergie dans des conditions de sécurité et de rentabilité satisfaisantes. Il se définit par un ensemble de spécifications communes telles que : nature du combustible, modérateur, nature du fluide de refroidissement, etc. On distingue par exemple la filière uranium naturel/graphite gaz, les filières à eau légère, la filière à neutrons rapides.

Fissile : un nucléide est dit fissile si son noyau est susceptible de subir une fission sous l'effet de neutrons de toutes énergies. Exemple : l'uranium 235.

Fission nucléaire : éclatement d'un noyau lourd en deux parties, accompagné d'émission de neutrons, de rayonnements et d'un important dégagement de chaleur.

Gaine de combustible : enveloppe métallique et étanche en forme de crayon qui entoure les pastilles d'uranium et les isole du fluide caloporteur. Ses deux fonctions : éviter la pollution du circuit primaire par les produits radioactifs de fission et protéger ceux-ci contre une attaque chimique ou mécanique du fluide de refroidissement. Dans les réacteurs à eau pressurisée les gaines sont en "zircaloy" (alliage de Zirconium).

Gamma : rayonnement électromagnétique, très pénétrant mais peu ionisant, émis par la désintégration d'éléments radioactifs. Des écrans de béton ou de plomb permettent de s'en protéger (symbole g).

Iode : corps simple, de numéro atomique 53, dont les isotopes radioactifs sont présents dans les produits de fission. Symbole I.

Irradiation : exposition partielle ou globale d'un organisme ou d'un matériel à des rayonnements ionisants.

Isotopes : éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons. Il existe par exemple trois isotopes d'uranium : l'uranium 234 (92 protons, 92 électrons et 142 neutrons), l'uranium 235 (92 protons, 92 électrons et 143 neutrons) et l'uranium 238 (92 protons, 92 électrons et 146 neutrons). On recense actuellement environ 325 isotopes naturels et 1200 isotopes créés artificiellement.

Neutron : particule fondamentale électriquement neutre qui entre, avec les protons, dans la composition du noyau de l'atome. C'est le neutron qui provoque la réaction de fission des noyaux fissiles dont l'énergie est utilisée dans les réacteurs nucléaires.<

Nucléide : Noyau atomique caractérisé par le nombre de protons et le nombre de neutrons qu'il renferme.

OCDE-AIE : Organisation de Coopération et de Développement Économique. Créée en 1960, elle réunit 24 pays industrialisés autour d'objectifs communs : promouvoir le bien-être économique de chaque pays et contribuer au bon fonctionnement de l'économie mondiale, notamment en stimulant et en harmonisant les efforts de ses membres en faveur des pays en voie de développement. Internet : www.iea.org.

Période radioactive : temps nécessaire pour que la quantité d'atomes d'un élément radioactif se soit désintégrée de moitié. La période varie avec les caractéristiques de chaque radioélément : 110 minutes pour

l'argon 41 ; 8 jours pour l'iode 131 et 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238. Aucune action physique extérieure n'est capable de modifier la période d'un radioélément, sauf une transmutation (transformation d'un radioélément en un autre).

Plutonium : élément de numéro atomique 94 dont aucun isotope n'existe dans la nature. Le plutonium 239, isotope fissile, est produit dans les réacteurs nucléaires à partir de l'uranium 238. Sa manipulation exige de strictes précautions en raison de sa toxicité chimique et des dangers présentés par ses rayonnements alpha. Symbole Pu.

Produits de fission : fragments de noyaux lourds produits par la fission nucléaire ou la désintégration radioactive ultérieure des éléments formés selon ce processus.

Radiation : mot synonyme de rayonnement qui désigne une transmission d'énergie sous forme lumineuse, électromagnétique ou corpusculaire. Lorsque la radiation implique la présence de rayonnements ionisants, elle prend le nom d'irradiation.

Radioactif : doté de radioactivité, c'est-à-dire émettant spontanément des particules alpha "a", bêta "b" ou un rayonnement gamma "g". On désigne plus généralement sous cette appellation l'émission de rayonnement accompagnant la fission ou la désintégration d'un élément instable.

Radioélément : toute substance chimique radioactive. Seul un petit nombre de radioéléments existe naturellement : il s'agit de quelques éléments lourds (thorium, uranium, radium, etc.) et de quelques éléments légers (carbone 14, Krypton 40). Les autres, dont le nombre dépasse 1500, sont créés artificiellement en laboratoire pour des applications médicales ou dans les réacteurs nucléaires sous forme de produits de fission.

Rayon X : rayonnement électromagnétique pénétrant, c'est-à-dire traversant relativement facilement les corps matériels, mais peu ionisant. En raison de leur puissance de pénétration, liée au pouvoir d'impressionner les émulsions photographiques, les rayons X sont notamment utilisés en radiologie, en radiothérapie ou en spectrographie.

Rayonnement ionisant : processus de transmission d'énergie sous forme électromagnétique (photons gamma "g") ou corpusculaire (particules alpha "a", bêta "b", neutrons) capable de produire directement ou indirectement des ions en traversant la matière. Les rayonnements ionisants sont produits par des sources radioactives. En traversant les tissus vivants, les ions provoquent des phénomènes biologiques pouvant entraîner des lésions dans les cellules de l'organisme.

Réacteur à eau pressurisée REP : désigne un réacteur à eau ordinaire dans lequel l'eau du circuit primaire est maintenue à haute pression afin d'éviter sa vaporisation. Le programme électronucléaire français repose essentiellement sur le développement de cette filière (avec des réacteurs de 900 MWe, 1 300 MWe et 1 450 MWe) qui compte également le plus grand nombre d'unités en service dans le monde.

Réacteur de 4^{ème} génération : réacteurs susceptibles d'être déployés entre 2030 et 2045. Ils sont étudiés dans le cadre d'une collaboration internationale (le Forum international Génération IV) à laquelle participe notamment le CEA. Ces systèmes visent en particulier à répondre à la nécessité de minimisation des déchets, d'économie des ressources, de sûreté et de fiabilité pour les réacteurs nucléaires du futur. Six concepts de systèmes innovants ont été définis dans le cadre du Forum : le réacteur rapide au sodium (SFR), le réacteur rapide au plomb (LFR), le réacteur rapide à gaz (GFR), le réacteur à gaz très haute température (VHTR), le réacteur à eau supercritique (SCWR) et le réacteur à sels fondus (MSR).

Réacteur nucléaire : ensemble de dispositifs permettant d'amorcer et d'entretenir une réaction de fission en chaîne. Dans une centrale nucléaire, c'est lui qui fournit la chaleur permettant la production de vapeur. Différents types de réacteurs sont industriellement mis en service dans le monde industrialisé. Leur technologie varie en fonction de critères de choix portant essentiellement sur la nature du combustible, du modérateur et du fluide caloporteur.

Réaction nucléaire : processus entraînant la modification de la structure d'un ou de plusieurs noyaux d'atome. La transmutation peut être soit spontanée, c'est-à-dire sans intervention extérieure au noyau, soit provoquée par la collision d'autres noyaux ou de particules libres. La réaction nucléaire de certains atomes s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Il y a fission lorsque, sous l'impact d'un neutron isolé, un noyau lourd se divise en deux parties sensiblement égales en libérant des neutrons dans l'espace. Il y a fusion lorsque deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.

Réaction en chaîne : suite de fissions nucléaires au cours desquelles les neutrons libérés provoquent de nouvelles fissions, à leur tour génératrices de neutrons expulsés vers des noyaux cibles et ainsi de suite.
Réfrigérant atmosphérique : cheminée de haute taille (100 à 150 m) et de large diamètre (60 à 100 m) dont le rôle est de dissiper, par convection et évaporation, la chaleur transmise à l'eau brute traversant le condenseur. Autres appellations, aéro-réfrigérant, tour de réfrigération.

Spallation : réaction créant un flux de neutrons par bombardement d'une cible (du plomb par exemple) par des particules accélérées (protons).

Sievert : unité légale qui permet de rendre compte de l'effet biologique produit par une dose absorbée donnée (1 sievert = 100 rem). Pour visualiser le tableau des unités.

Strontium : élément dont certains isotopes sont très abondants dans les produits de fission, en particulier le strontium 90, qui se fixe dans les tissus osseux. Symbole Sr.

Sûreté nucléaire : ensemble de dispositions permettant d'assurer le fonctionnement normal d'une centrale nucléaire, de prévenir les accidents ou les actes de malveillance et d'en limiter les effets.

Système hybride : systèmes constitués d'un accélérateur de particules et d'un réacteur sous critique. Les particules accélérées (protons) créent au contact d'une cible (du plomb par exemple) un flux intense de neutrons, selon une réaction appelée spallation, permettant les réactions en chaîne à l'intérieur du réacteur sous critique (qui par définition ne peut " auto entretenir " ce processus).

Tera : préfixe qui, placé devant une unité de mesure, la multiplie par un billion, c'est-à-dire par un million de millions ou mille milliards. Exemple : 1 terawattheure (TWh) = 1000 milliards de wattheures, soit 1 milliard de kilowattheures (kWh).

TMLi : tonne de métal lourd irradié, unité de masse pour les combustibles usés

Traitement des effluents : opérations de filtrage et de concentration qui consistent à réduire les quantités d'éléments radioactifs rejetés par une centrale nucléaire dans les limites établies par la réglementation. L'épuration des effluents gazeux et liquides est soumise à des contrôles permanents ; des dispositifs d'alarme se déclenchent automatiquement en cas de dépassement des seuils fixés par l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI).

Tranche : unité de production électrique comportant une chaudière et un groupe turboalternateur. Une tranche nucléaire se caractérise essentiellement par le type de son réacteur et la puissance de son groupe turboalternateur. Une centrale nucléaire est composée de une à plusieurs tranches.

Transmutation : désigne la transformation, suite à une réaction nucléaire, d'un élément en un autre élément. Elle peut être réalisée en réacteur ou dans un accélérateur de particules. C'est une voie étudiée pour l'élimination de certains radioéléments contenus dans les déchets radioactifs (il faut préalablement séparer les divers radio-éléments pour les soumettre à des flux neutroniques spécifiques). L'objectif est de diminuer la nocivité ou de rendre plus facile la gestion des radioéléments à vie longue ou de haute activité, en les transformant en des radioéléments à plus faible activité ou de durée de vie plus courte.

Transuraniens : Famille des éléments chimiques plus lourds que l'uranium (numéro atomique 92). Les principaux sont : Neptunium (93), Plutonium (94), Américium (95), Curium (96). Ils font également partie de la famille des actinides. Neptunium, Américium et Curium sont dits des " actinides mineurs " car en plus faible quantité que le Plutonium dans les combustibles irradiés.

Tritium : isotope de l'hydrogène, émettant des rayonnements bêta, présent dans les effluents des réacteurs à eau. Symbole : H3.

Uranium : l'uranium se présente à l'état naturel sous la forme d'un mélange comportant trois principaux isotopes :

- L'uranium 238, fertile dans la proportion de 99,28%.
- L'uranium 235, fissile dans la proportion de 0,71%.
- L'uranium 234.

L'uranium 235 est le seul isotope fissile naturel, une qualité qui explique son utilisation comme source d'énergie. Symbole U.

Vitrification : opération visant à solidifier, par mélange à haute température avec une pâte vitreuse, des solutions concentrées de produits de fission (PF) et d'actinides mineurs extraits par retraitement des combustibles usés.