

N° 2689

N° 299

ASSEMBLÉE NATIONALE

SÉNAT

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

DDXIÈME LÉGISLATURE

SESSION ORDINAIRE DE 1995-1996

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale
le 27 mars 1996

Annexe au procès-verbal de la séance du 28 mars 1996

OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

RAPPORT

sur

L'ÉVOLUTION DE LA RECHERCHE SUR LA GESTION DES DÉCHETS NUCLÉAIRES À HAUTE ACTIVITÉ

par

M. Christian BATAILLE,
Député

Tome I : Les déchets civils

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale
par M. Robert GALLEY,
Président de l'Office.

Déposé sur le Bureau du Sénat
par M. Henri REVOL,
Vice-Président de l'Office.

Énergie

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIÈRES.....	2
INTRODUCTION	4
I - LA LOI DU 30 DÉCEMBRE 1991 EST DANS L'ENSEMBLE APPLIQUÉE DE FAÇON SATISFAISANTE.....	12
1°) <i>La genèse, le contenu et la portée de la loi de 1991.....</i>	<i>13</i>
A/ L'intervention du Parlement était indispensable	13
B/ Une innovation importante : la Commission nationale d'évaluation.....	16
C/ Le vote de la loi, sans résoudre tous les problèmes, a incontestablement contribué à apaiser le débat	18
2°) <i>Les recherches sur la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue progressent normalement.....</i>	<i>21</i>
A/ La transmutation : alternative ou complément au stockage souterrain ?.....	22
B/ Les objectifs de recherche sur la séparation-transmutation	23
C/ Le programme SPIN.....	26
a) la réduction du volume et de l'activité des déchets et le programme PURETEX.....	26
b) la séparation et l'extraction des éléments à vie longue et le programme ACTINEX-séparation.....	27
c) le transmutation des éléments à vie longue et le programme ACTINEX-transmutation.....	31
D/ Les laboratoires ATALANTE : un outil efficace pour les recherches sur l'aval du cycle du combustible	36
E/ Les moyens budgétaires et les effectifs sont pour le moment adaptés aux objectifs fixés par la loi.....	37
3°) <i>Le programme de construction des laboratoires souterrains est en bonne voie, mais le calendrier sera serré.....</i>	<i>40</i>
A/ La mission du médiateur.....	41
B/ Les travaux de l'ANDRA sur la caractérisation géologique des sites.....	42
C/ Les recherches sur le conditionnement des colis de déchets et sur les barrières ouvragées.....	50
b) Les barrières ouvragées.....	56
II - LES INCERTITUDES SUR LA QUANTITÉ DE COMBUSTIBLE À RETRAITER RISQUENT TOUTEFOIS DE REMETTRE EN QUESTION UNE PARTIE DU DISPOSITIF PRÉVU PAR LA LOI	62
1°) <i>Le retraitement facilite la gestion des déchets nucléaires à haute activité</i>	<i>63</i>
A/ Le retraitement facilite la gestion des déchets en réduisant le volume des déchets à stocker.....	66
B/ Le retraitement facilite la gestion des déchets en permettant l'extraction du plutonium, principal facteur de radiotoxicité.....	69
C/ Le retraitement facilite la gestion des déchets en améliorant le confinement des colis	71
2°) <i>EDF n'envisage cependant plus de retraiter immédiatement la totalité de son combustible usé</i>	<i>73</i>
A/ Les conditions économiques actuelles ne sont pas favorables au retraitement.....	75
a) Le prix du minerai d'uranium	75
b) La primauté accordée à la concurrence	77
B/ L'abandon de la filière des réacteurs à neutrons rapides modifierait profondément les données du problème.....	78
a) Le programme CAPRA	78
b) L'avenir de Superphénix.....	81
C/ L'utilisation du combustible MOX connaîtra des limites.....	83
a) Les limites à la "moxification" du parc des centrales	86
b) Les incertitudes sur le retraitement du combustible MOX.....	90
3°) <i>La relativité de la notion de déchets nucléaires.....</i>	<i>92</i>
III - LES RECHERCHES SUR L'ENTREPOSAGE À LONG TERME ET LE STOCKAGE DIRECT DOIVENT ÊTRE INTENSIFIÉES	95
1°) <i>Les différentes techniques d'entreposage à long terme</i>	<i>96</i>
A/ L'entreposage en piscine.....	96
B/ Le stockage à sec.....	97
2°) <i>L'état des recherches sur le stockage direct</i>	<i>99</i>
A/ Les études sur les conteneurs.....	100
B/ Le problème de la réversibilité des stockages	101
CONCLUSION	104

RECOMMANDATIONS	107
EXAMEN DU RAPPORT PAR L'OFFICE.....	109
ANNEXE I :	110
TEXTE DE LA LOI DU 30 DÉCEMBRE 1991.....	110
ANNEXE II :	116
RECOMMANDATIONS DE LA COMMISSION NATIONALE D'ÉVALUATION	116

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ

ASSEMBLÉE NATIONALE

LE PRÉSIDENT

Paris, le 4 mai 1994

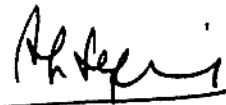
Monsieur le Président,

Par lettre du 18 avril 1994 vous avez exprimé le souhait que le Bureau demande à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques de préparer un nouveau rapport sur les déchets nucléaires à haute activité.

J'ai l'honneur de vous faire connaître que, lors de sa réunion de ce jour, 4 mai 1994, le Bureau a décidé de donner une suite favorable à votre demande.

Dans le cadre de cette nouvelle saisine le Bureau demande à l'Office de soumettre au Parlement, avant la fin de l'année 1994, un rapport d'information faisant le point sur l'évolution des problèmes posés par la question des déchets nucléaires à haute activité.

Je vous prie, Monsieur le Président, d'agréer l'expression de mes meilleurs sentiments.



Philippe SÉGUIN

Monsieur Robert GALLEY
Vice Président de l'Office parlementaire
d'évaluation des choix scientifiques
et technologiques

INTRODUCTION

Pour la quatrième fois en cinq ans, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques publie une étude sur la gestion des déchets nucléaires.

En 1990, j'avais en effet déjà préparé un rapport sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité ⁽¹⁾ et, deux ans plus tard, M. Jean-Yves LE DÉAUT présentait à son tour un rapport, mais cette fois sur la gestion des déchets faiblement et très faiblement radioactifs ⁽²⁾.

Enfin, parallèlement à la présente étude, M. Claude BIRRAUX a consacré à la gestion des déchets très faiblement radioactifs une partie importante de son rapport annuel sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires.

Aux travaux de l'Office, il faut également ajouter les rapports publiés à l'Assemblée nationale et au Sénat ⁽³⁾ lors de l'adoption de la loi du 30 décembre 1991 relative à la recherche sur la gestion des déchets radioactifs.

Cet intérêt soutenu du Parlement vis-à-vis du problème des déchets nucléaires peut paraître quelque peu surprenant, surtout quand on sait que la France a mis en place une des premières industries nucléaires du monde sans que les parlementaires aient été véritablement consultés et sans que cette activité soit encadrée par un quelconque texte législatif.

Si, à l'origine, en 1990, le Parlement a commencé à s'impliquer dans ce dossier, c'est que le Gouvernement de l'époque, face à l'hostilité des populations concernées par les recherches de sites de laboratoires, se trouvait dans l'impasse et qu'il a pensé qu'il pourrait trouver une sortie honorable en transmettant ce dossier brûlant à l'Office.

Comme le disait CLEMENCEAU, quand on ne sait plus quoi faire sur un problème, on le confie à une commission !

C'était un pari audacieux sur la démocratie que faisait le pouvoir exécutif, mais le législateur a démontré que le débat et l'échange des points de vue pouvaient

¹ Gestion des déchets nucléaires à haute activité
M. Christian BATAILLE, député
(A.N. n° 1839, 9ème législature - Sénat n° 184, 1990-1991)

² Gestion des déchets faiblement et très faiblement radioactifs
M. Jean-Yves LE DÉAUT, député
(A.N. n° 2624, 9ème législature - Sénat n° 309, 1991-1992)

³ Rapport de M. Christian BATAILLE au nom de la Commission de la production
(Assemblée nationale n° 2115, 9ème législature)
Rapport de M. Henri REVOL au nom de la Commission des affaires économiques
(Sénat n° 58, 1991-1992)

faire avancer un dossier aussi complexe que celui-ci. Si une gestion centralisée et autoritaire s'était imposée dans le passé, il était certainement temps de s'entendre sur un processus plus ouvert et correspondant à une conception moderne de la République.

Ce qui n'aurait pu être qu'une préoccupation anecdotique et momentanée du Parlement a donné naissance à un débat permanent qui n'est certainement pas près de se clore. Il y a fort à parier que le présent rapport ne sera pas le dernier et que l'Office aura encore à se pencher de nombreuses fois sur ce sujet avant qu'une décision définitive soit prise.

Comment en effet le Parlement pourrait-il se tenir à l'écart d'un problème que les Français placent au premier plan en matière d'environnement ?

Si l'on en croit, en effet, un sondage régulièrement réalisé à la demande d'EDF, les déchets nucléaires inquiètent beaucoup plus nos concitoyens que tous les autres risques environnementaux.

	National Déc. 1990	National Déc. 1991	National Déc. 1992	National Déc. 1993	National Déc. 1994
Les déchets radioactifs	20 %	21 %	26 %	27 %	27 %
La diminution de la couche d'ozone	20 %	19 %	17 %	18 %	17 %
La destruction des forêts	21 %	19 %	17 %	14 %	13 %
Les déchets chimiques	11 %	13 %	12 %	13 %	13 %
Les centrales nucléaires	10 %	11 %	10 %	11 %	12 %
Les marées noires	3 %	4 %	4 %	4 %	5 %
La disparition de certaines espèces animales	4 %	3 %	4 %	3 %	4 %
La pollution automobile	4 %	4 %	3 %	4 %	5 %
L'effet de serre	2 %	2 %	2 %	2 %	1 %
Les pluies acides	2 %	1 %	2 %	2 %	1 %
Autres	-	3 %	2 %	2 %	2 %
TOTAL	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Source : *Faits et opinions*

Ce qui n'aurait pu être qu'un dossier purement technique s'est peu à peu transformé en véritable problème de société appelant une solution d'ordre politique.

Comme le déclarait en 1994 le Premier Ministre, M. Edouard BALLADUR, la gestion des déchets nucléaires constitue désormais un véritable enjeu national.

Contrairement à ce que certains tentent d'accréditer, la France n'est pas le seul pays à avoir ouvert un débat politique sur la gestion des déchets nucléaires. Tous les pays qui ont ou qui ont eu une industrie nucléaire se trouvent aujourd'hui confrontés aux mêmes difficultés. La Suède, qui a pourtant décidé de se priver,

à terme, de tout recours aux centrales nucléaires, n'a pas échappé à de vives controverses qui viennent de se terminer provisoirement par un référendum.

Mais en France, la situation est d'autant plus paradoxale que l'implantation des centrales nucléaires n'avait, à une exception près, pas suscité de véritable débat dans la population.

Pourquoi les mêmes personnes qui ont tacitement accepté que 80 % de notre électricité soit d'origine nucléaire se montrent-elles désormais réservées, sinon hostiles, à toutes les solutions proposées pour gérer les déchets que l'industrie nucléaire a générés ?

Les réactions du public sont souvent en contradiction avec les opinions des experts qui mettent en avant que ces déchets sont actuellement entreposés, parfois depuis des dizaines d'années, dans des centres de stockage temporaire, sans qu'aucun accident grave se soit produit.

L'attitude de refus d'une grande partie de la population ne serait-elle que le résultat d'une méconnaissance généralisée de tout ce qui concerne l'utilisation de l'énergie nucléaire ?

Il est certain que l'on a toujours tendance à refuser ce qu'on ne comprend pas, mais dans ces conditions, cette attitude de rejet devrait également s'appliquer à toutes les technologies nouvelles, à commencer par les centrales nucléaires elles-mêmes, ce qui n'est pas le cas, du moins en France.

Plusieurs explications ont été avancées pour tenter d'expliquer cette intolérance vis-à-vis des déchets nucléaires.

La confusion avec les armes nucléaires, l'assimilation avec Tchernobyl, la mauvaise image des centres de stockage de déchets souvent appelés "poubelles", les actions concertées des groupes d'opposants professionnels contre le maillon le plus faible du cycle du nucléaire..., aucune de ces raisons ne peut à elle seule expliquer un phénomène de rejet que certains sociologues ont appelé : "l'amplification sociale du risque".

Il semblerait en fait, comme cela a été avancé à plusieurs reprises par l'Agence internationale de l'énergie atomique, que la réaction des populations découle surtout de l'incertitude qui entoure les éventuels effets à long terme des déchets.

Le risque connu dont les conséquences, même très graves, peuvent être prévues et évaluées, fait en fin de compte moins peur que le danger rampant, sournois, invisible, qui pourra survenir dans des siècles ou même des millénaires sans qu'on s'en aperçoive.

Or, face à ces craintes tout à fait légitimes, la science ne peut apporter aujourd'hui que des réponses partielles et limitées.

Comment, en effet, démontrer avec certitude que les qualités physiques d'un conteneur resteront intactes au bout d'un millénaire, que des changements climatiques comme le retour d'une ère glaciaire ne bouleverseront pas la géologie des sites de stockage ou bien encore que des populations, ayant perdu au fil des siècles la mémoire de ces sites, ne pénétreront pas accidentellement dans les dépôts ?

Nous sommes là dans un domaine que certains experts américains ⁽⁴⁾ qualifient de "trans-scientifique", pour lequel les méthodes scientifiques traditionnelles ne sont plus adaptées.

Et pourtant il nous faut prendre des décisions, le problème ne pouvant pas se résoudre de lui-même et ne faisant même qu'empirer au cours des années.

D'ailleurs, le principe de précaution entériné par la conférence de Rio et par la loi française postule que l'incertitude scientifique ne doit pas retarder la prise de décision.

Sous peine d'être accusés de négligence dans quelques années, nous devons agir dès aujourd'hui et engager des programmes de travaux coûteux et souvent impopulaires à partir de connaissances fragmentaires et parfois incertaines.

Comme le disait un précédent président de l'Office, M. Jean-Yves LE DÉAUT, *"on demande aux responsables politiques de prendre des décisions dures sur des connaissances molles !"*.

Dès lors, pour éviter que les décisions prises dans ces conditions dégénèrent en crise médiatique où même politique, il faut profondément modifier nos comportements. En l'absence d'évidence scientifique absolue, il faut faire désormais appel à la concertation et à ce que certains sociologues appellent la transaction sociale, qui repose sur la communication et la médiation.

A partir du moment où on ne peut plus apporter de démonstration claire de l'absence de dangerosité d'une mesure, il est en effet évident qu'il ne faut plus essayer de "passer en force", comme on a trop souvent tenté de le faire dans le passé, en particulier dans le domaine du nucléaire.

Dans une très intéressante thèse de doctorat en socio-économie sur le stockage des déchets radioactifs ⁽⁵⁾, M. Jean-Claude PETIT a montré que dans

⁴ Sciences and trans-sciences, Alvin M. WEINBERG, Science n° 4045

⁵ Le stockage des déchets radioactifs : perspectives historiques et analyse sociotechnique
Thèse de doctorat en socio-économie de l'innovation présentée par M. Jean-Claude PETIT
au Centre de sociologie de l'innovation de l'Ecole nationale supérieure des mines de Paris en 1993

l'évolution de ce problème, en France, trois grandes périodes pouvaient être distinguées.

Durant la première, de 1940 à 1970 environ, les experts ont eu seuls la parole et se sont considérés comme les seuls garants de l'intérêt général.

Au cours de la seconde période, 1970-1990, la grande poussée environnementaliste a conduit à une multiplication des intervenants. Divers groupements, associations, riverains des sites prévus pour le stockage, prennent la parole et s'expriment au nom d'intérêts locaux mais aussi généraux qui n'auraient pas été pris en compte par les experts. C'est la période de la contestation des projets de stockages souterrains qu'on avait voulu fonder uniquement sur la rationalité scientifique et technique et sur l'autorité des experts. C'est aussi une période de confusion de débats, de controverses plus ou moins inextricables, dans lesquels les pouvoirs publics s'enfoncent sans trouver de réponse satisfaisante.

La troisième période, à partir de 1990, semble au contraire être celle de la résolution des conflits par la concertation, la négociation et la mise en place de procédures scientifiques associant le public et les responsables des projets.

Il est certain que l'adoption, à la quasi-unanimité, par le Parlement de la loi du 30 décembre 1991 a profondément modifié le cadre du débat. En apportant aux populations concernées des garanties fortes mais aussi en institutionnalisant la concertation et le dialogue, elle a très largement contribué à calmer les esprits et à reprendre l'examen du dossier des déchets nucléaires d'une façon sereine et rationnelle.

La mission de médiation qui m'a été confiée, fait tout à fait exceptionnel, par deux gouvernements de tendances politiques différentes, a confirmé qu'il était tout à fait possible de faire de l'acceptabilité sociale la priorité à tout lancement d'un projet dans ce domaine.

Comme le constate M. Jean-Claude PETIT dans sa thèse précitée, on assiste à une inversion de la démarche : initialement, les experts partaient de l'idéal technique pour ensuite tenter d'obtenir l'acceptation sociale, désormais l'acceptabilité sociale est le critère premier puisque seuls seront examinés sur le plan technique les projets préalablement acceptés par le public à travers, naturellement, le système de représentation politique locale.

Les progrès certains enregistrés depuis cinq ans signifient-ils que tout est désormais facile et qu'il n'y aura plus de controverses à propos du devenir des déchets nucléaires ?

Nous n'avons certes pas la naïveté de croire qu'un texte de loi, même élaboré dans des conditions particulièrement satisfaisantes et adopté à la quasi-unanimité, puisse à lui seul régler définitivement tous les problèmes.

Quatre ans après, bien des données ont déjà considérablement évolué. Les auditions organisées dans le cadre de la préparation du présent rapport m'ont permis de me rendre compte que certains des acteurs du nucléaire n'avaient plus tout à fait les mêmes positions qu'à l'époque de la discussion de la loi.

En quelques années, les contraintes économiques se sont renforcées et ont assez sérieusement modifié la vision de l'aval du cycle du combustible nucléaire que pouvaient avoir jusque là les producteurs d'électricité.

Certains seront certainement surpris de me voir faire état dans ce rapport d'arguments très différents, si ce n'est contradictoires, de ceux qui avaient été exposés en 1990 et en 1991.

Une étude comme celle que je viens de mener pendant plusieurs mois a justement pour but de vérifier si la réalité correspond encore bien à ce qui avait été écrit précédemment.

Nous sommes entrés dans un monde de plus en plus mouvant où il y a de moins en moins de vérités intangibles et de situations acquises, nous devons donc, en permanence, nous adapter aux données nouvelles quitte parfois à contredire ce que l'on affirmait il y a peu de temps encore.

Certaines questions, en particulier sur le retraitement, dérangent et sont restées jusqu'ici dans le domaine du non-dit, c'est à mon avis le rôle du parlementaire de les poser clairement même si cela doit raviver les passions et relancer un débat que le Parlement s'était justement efforcé de calmer.

Si les travaux de l'Office ont pour but d'éclairer les députés et les sénateurs et à travers eux l'ensemble du public sur l'évolution des sciences et des techniques, ils doivent aussi permettre de s'assurer que la loi est appliquée correctement et qu'elle répond bien aux objectifs qui lui avaient été assignés. La crédibilité et le sérieux de la démarche en dépendent.

Contrairement à ce qui se passe encore trop souvent pour beaucoup de textes législatifs, l'Office a la volonté d'assurer un véritable suivi de la loi, aidé en cela par la Commission nationale d'évaluation qui a été instituée, à sa demande, par la loi du 30 décembre 1991.

Cette démarche quelque peu novatrice a parfois été critiquée, certains parmi les parlementaires eux-mêmes se demandant si c'était bien là le rôle du Parlement de surveiller et de contrôler un domaine aussi technique et aussi risqué.

Il me semble quant à moi, et cette opinion est partagée par mes collègues de l'Office, que nous ne pouvons nous désintéresser de choix qui vont engager l'humanité pour des siècles sinon pour des millénaires.

La solution de facilité serait d'attendre que le problème devienne vraiment crucial et de transmettre nos problèmes aux générations futures et à nos successeurs au Parlement.

Comme le soulignait M. François COGNÉ, alors inspecteur général du CEA, dans sa conclusion au Congrès Safewaste en 1993 à Avignon, on se demande parfois si le fait de repousser les décisions sur la gestion des déchets nucléaires ne satisferait pas au fond tout le monde :

- les responsables politiques soumis à l'effet NIMEY (not in my election year),

- l'opinion publique soumise, elle, à l'effet NIMBY (not in my backyard),

- les industriels du nucléaire qui se demandent parfois pourquoi dépenser aujourd'hui pour ce qui pourrait très bien n'être fait que demain,

- les opposants au nucléaire qui trouvent avec la gestion des déchets un champ d'agitation permanent et un moyen facile de raviver les peurs et de réveiller les mythes,

- les scientifiques qui voient s'ouvrir là un domaine de recherche quasiment illimité et très rentable,

- les autorités de sûreté qui, pour prendre en compte les opinions précédentes, multiplient les règles de plus en plus contraignantes,

N'ayant aucun intérêt direct ou indirect dans le domaine du nucléaire et face aux critiques, aux attaques, y compris personnelles, je me suis, à plusieurs reprises, interrogé sur la poursuite d'une mission que j'ai accepté de conduire depuis 1989.

Je n'ai trouvé qu'une seule justification à mon attitude : la volonté de remplir au mieux et en toute indépendance le mandat national qui m'a été confié par les électeurs, de permettre à l'Assemblée dont je fais partie d'affirmer son rôle et de contribuer à un meilleur équilibre des pouvoirs.

A une époque où le Parlement est souvent, et parfois à juste titre, durement attaqué, je pense qu'il est souhaitable que des parlementaires, comme c'est le cas pour les rapporteurs de l'Office, acceptent de consacrer une partie notable de leur temps, sans espoir d'en tirer un avantage quelconque, pour montrer que la démocratie parlementaire peut être apte à réduire les incertitudes et à dénouer les crises.

Avant de rechercher des réponses dans des révisions constitutionnelles, c'est en assumant, de façon volontariste, une part croissante du travail d'intérêt

général que les parlementaires réussissent à préserver leurs pouvoirs face à un exécutif omniprésent.

Je vais donc proposer que, jusqu'en 2006, de nouveaux rapports de l'Office permettent de suivre de façon régulière l'évolution de ce dossier et viennent compléter les informations apportées par cette première étude, en particulier sur tout ce qui va concerner le financement de la gestion de l'aval du cycle du combustible nucléaire.

I - LA LOI DU 30 DECEMBRE 1991 EST DANS L'ENSEMBLE APPLIQUEE DE FAÇON SATISFAISANTE

Contrairement à beaucoup d'autres pays, la France ne s'est toujours pas dotée d'une législation d'ensemble sur les activités nucléaires.

Ces activités sont bien entendu soumises à toute une série de dispositions législatives ou réglementaires de portée générale (droit de l'environnement, législation sur les installations classées, droit du travail, ...) et il existe par ailleurs tout un ensemble de mesures spécifiques qui encadrent très strictement tous les aspects de l'utilisation de l'énergie nucléaire.

En 1994, le CEA a pour la seconde fois tenté de faire un recueil exhaustif de toutes les dispositions législatives ou réglementaires qui peuvent s'appliquer à ce secteur. La consultation de ce document de plusieurs centaines de pages montre que la protection sanitaire des travailleurs et du public a bien été prise en compte mais sans que le législateur soit consulté et, ce qui est peut-être encore plus grave, sans qu'aucun véritable débat public soit institué.

La nécessité d'élaborer enfin une grande loi générale sur le nucléaire a été souvent évoquée mais jusqu'ici sans résultat. En 1992, un groupe de travail a fonctionné pendant plusieurs mois et, en 1994, un rapport a été remis au ministre de l'Environnement sur les enjeux et l'opportunité d'une loi nucléaire en France ⁽⁶⁾.

Pour le moment, ces projets semblent abandonnés et la loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs à haute activité continue à constituer une exception dans le système juridique français.

Cette exception est d'autant plus curieuse que la seule fois où le Parlement a été appelé à se prononcer, cela a été sur le dernier stade du cycle du combustible nucléaire, toutes les autres activités en amont continuant à échapper à la loi.

On peut déplorer qu'il ne s'agisse que d'une exception car il serait infiniment préférable de légiférer dans la sérénité et avec le recul nécessaire, plutôt que de courir le risque de devoir dans l'avenir adopter dans la précipitation des textes qui n'auraient pas été pris à temps.

⁶ Les enjeux d'une loi nucléaire en France, 1994
Rapport préparé à la demande du ministère de l'Environnement par MM. Jean-Philippe COLSON et Jean-Paul SCHAPIRA

1°) La genèse, le contenu et la portée de la loi de 1991

A/ L'intervention du Parlement était indispensable

En février 1990, face aux difficultés rencontrées par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA), alors simple service du Commissariat à l'énergie atomique, le gouvernement de M. Michel ROCARD décidait de suspendre les travaux sur les quatre sites concernés et d'établir un moratoire d'un an.

Cette décision était sage car, dans deux sites au moins, la contestation se transformait, au fil des jours, en affrontements violents qui auraient pu conduire à la mort de manifestants ou de représentants des forces de l'ordre.

Ne sachant plus comment sortir de cette situation, le Gouvernement a saisi, indirectement, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques qui me nomma rapporteur.

Après de nombreux déplacements sur le terrain et après avoir rencontré la plupart des acteurs concernés en privé ou lors d'auditions publiques, j'ai remis en décembre 1990 un rapport qui comportait les principales recommandations suivantes :

- la mise en oeuvre d'un programme de recherche diversifié traitant aussi bien de la réduction de la nocivité et de la durée de vie des déchets que de l'enfouissement en couches géologiques profondes ;
- la transformation de l'ANDRA en un organisme autonome et pleinement responsable de la gestion des déchets ;
- la création d'une commission d'évaluation des recherches composée d'experts indépendants français et étrangers ;
- l'engagement de l'Etat sur un certain nombre de garanties à apporter aux populations concernées et sur des mesures d'accompagnement destinées à soutenir le développement économique et social des communes qui accepteraient les installations de recherche.

A mon sens, cet ensemble de dispositions devait être inscrit dans une loi, la voie législative étant la seule susceptible de donner à ces garanties un caractère suffisamment solennel pour que la population puisse se sentir enfin en confiance.

Cette proposition a d'emblée rencontré l'assentiment du Gouvernement et a été ardemment soutenue par le ministre de l'Industrie de l'époque, M. Dominique STRAUSS-KAHN.

Adoptée à la quasi-unanimité de l'Assemblée et du Sénat, la loi du 30 décembre 1991 constitue donc la première, et jusqu'ici la seule, intervention du Parlement français dans le domaine du nucléaire.

Reprenant les principales conclusions du rapport de l'Office, cette loi a notamment :

- rendu l'ANDRA indépendante : de direction du CEA, elle est devenue un Etablissement public industriel et commercial (EPIC) au statut autonome, sous la triple tutelle des ministres de l'Industrie, de l'Environnement et de la Recherche ;

- défini trois voies de recherche : réduction de la nocivité et de la durée de vie des déchets, amélioration du confinement, étude des formations géologiques profondes par la réalisation de deux laboratoires de recherche souterrains ;

- mis en place une démarche graduelle et contrôlée : une Commission nationale d'évaluation, composée d'experts français et étrangers désignés par le Gouvernement, le Parlement et l'Académie des sciences, est créée et publie, chaque année, un rapport sur l'avancement des trois voies de recherche, rapport qui est transmis à l'Office parlementaire. La loi prévoit qu'aucun déchet radioactif ne peut être entreposé dans le laboratoire en dehors des échantillons nécessaires à l'expérimentation. Au terme de cette période de recherche d'une quinzaine d'années, seule une nouvelle loi permettra de décider du mode de gestion à long terme de ces déchets ;

- précisé les modalités d'une large concertation : information préalable des élus et de la population, enquête publique et étude d'impact avec avis des Conseils municipaux, généraux et régionaux, création d'un Comité local d'information et de suivi composé d'élus, de représentants syndicaux, d'associations, et présidé par le préfet, chargé du suivi et du contrôle de l'avancement des travaux ;

- affirmé la nécessité de mesures d'accompagnement : possibilité de créer un Groupement d'intérêt public pour les collectivités concernées, avec mission de développer et de gérer les équipements et les infrastructures régionaux.

Comme on peut le constater, la démarche initiée par la loi se démarquait complètement des comportements précédents. En définissant les conditions de l'instauration d'un dialogue démocratique avec les populations concernées, elle marquait en quelque sorte un renversement de la démarche adoptée jusque là : l'acceptabilité sociale des projets devient le critère principal de choix, l'avis des experts ne venant qu'en second lieu pour confirmer la faisabilité technique de ces projets.

Certains commentateurs y ont même vu une tentative de contrôle social de la science ou un nouveau partage des responsabilités entre l'exécutif et le législatif.

Plus modestement, je pense qu'il faut plutôt y voir, à partir d'un texte de circonstance, le rappel des grands principes qui devraient dans bien des domaines inspirer l'action des pouvoirs publics : responsabilité, transparence et démocratie.

Le nombre considérable de demandes de conférences en France, mais aussi un peu partout dans le monde, montre bien qu'il était urgent d'entrer dans une phase de gestion des déchets nucléaires, où la résolution des conflits ne pourra se faire que par la concertation, la négociation et la mise en place de procédures spécifiques associant le public et les responsables techniques des projets.

Les pouvoirs publics avaient bien compris le message et ont décidé de confier la concertation sur le choix des sites d'implantation des laboratoires souterrains à un médiateur indépendant et surtout extérieur aux organismes qui sont chargés de réaliser ces infrastructures.

Nommé médiateur en 1992 par le gouvernement de M. Pierre BÉRÉGOVOY, puis confirmé en 1993 par le gouvernement de M. Edouard BALLADUR, d'une orientation politique opposée, ce qui doit constituer un exemple unique, j'ai aussitôt procédé dans de multiples points du territoire à toutes les consultations utiles auprès des élus, des associations et des populations concernées, aidé en cela par une petite équipe de collaborateurs dirigée par M. Jacques MONESTIER, ancien préfet de région.

J'ai essayé de présenter aux collectivités locales intéressées les projets d'implantation de laboratoires souterrains avec le maximum d'impartialité possible, soulignant très franchement les inconvénients éventuels, mais aussi les atouts que ces collectivités locales seraient à même de retirer de ces installations.

Selon l'esprit de la loi, la création de ces laboratoires doit, en effet, s'insérer dans un plan d'ensemble susceptible d'intégrer tous les aspects du développement économique et social des collectivités concernées.

Il ne s'agit pas de compenser par des mesures financières un éventuel risque puisque les laboratoires, de par la loi, ne pourront en aucun cas abriter des déchets radioactifs, mais simplement d'aider à valoriser la région qui acceptera de prendre en compte l'intérêt national en surmontant un réflexe primaire d'égoïsme local tout à fait compréhensible.

A aucun moment nous n'avons essayé de cacher à nos interlocuteurs qu'un de ces laboratoires pourrait, à l'issue de la période d'étude in situ, se transformer, selon les dispositions prévues par la loi, en centre de stockage souterrain de déchets à haute activité.

Dans les quatre départements qui ont été finalement proposés suivant des critères privilégiant avant tout l'intérêt géologique, l'implantation des installations de l'ANDRA a fait l'objet d'un très large consensus. Cela n'empêchera pas bien entendu,

ça et là, la manifestation d'une certaine contestation car il est impossible sur un tel sujet d'obtenir l'unanimité de toutes les personnes concernées.

Il n'en demeure pas moins que la démarche suivie semble la mieux adaptée, dans les circonstances actuelles, pour concilier l'intérêt national qui impose qu'on trouve une destination finale aux déchets radioactifs et les légitimes préoccupations d'ordre local qui doivent être prises en compte grâce à une approche pleinement démocratique.

B/ Une innovation importante : la Commission nationale d'évaluation

Considérée comme une des garanties fondamentales prévue par la loi du 30 décembre 1991, la Commission nationale d'évaluation, composée d'experts indépendants français et étrangers, a d'ores et déjà commencé à remplir son rôle.

Cet organisme, totalement nouveau dans sa composition comme dans son esprit, comprend selon les termes de l'article 4 de la loi de 1991 :

- six personnes 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 ;

- deux personnalités qualifiées désignées par le Gouvernement, sur proposition du Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires ;

- quatre experts scientifiques désignés par le Gouvernement, sur proposition de l'Académie des sciences.

Mise en place par le décret du 27 janvier 1994, la Commission est actuellement composée de :

- **Bernard TISSOT**, Directeur de la recherche et du développement à l'Institut français du pétrole, membre correspondant de l'Académie des sciences (Sciences de la terre), Président
- **Raymond CASTAING**, membre de l'Académie des Sciences (Physique)
- **Robert DAUTRAY**, Haut-Commissaire à l'énergie atomique, membre de l'Académie des sciences (Physique) ⁽⁷⁾
- **Dominique DUCASSOU**, Professeur de médecine nucléaire au CHU Bordeaux-Pessac (Médecine nucléaire)

⁷ M. Robert DAUTRAY a été nommé membre de la Commission nationale d'évaluation avant d'être appelé au poste de Haut Commissaire à l'énergie atomique

- **Jean-Claude DUPLESSY**, Directeur de recherche au CNRS - Centre des faibles radioactivités - Gif-sur-Yvette (Géochimie)
- **Robert GUILLAUMONT**, Professeur de chimie à l'Université de Paris Sud à Orsay, membre correspondant de l'Académie des sciences (Radiochimie)
- **Jacques LAFUMA**, Conseiller technique du Haut-Commissaire à l'énergie atomique (Radioprotection)
- **Jean LEFÈVRE**, Conseiller scientifique du CEA pour l'aval du cycle du combustible (Chimie)
- **Ghislain de MARSILY**, Professeur de géologie appliquée à l'Université Pierre et Marie Curie-Paris VI (Sciences de la terre)
- **Jean-Pierre OLIVIER**, Chef de division à l'AEN/OCDE (Agence pour l'énergie nucléaire/Organisation de coopération et de développement économiques) (Radioprotection)
- **Rudolf ROMETSCH**, Consultant (ancien Président) à la CEDRA (équivalent de l'ANDRA en Suisse) (Physico-chimie)
- **Jean-Paul SCHAPIRA**, Directeur de recherche au CNRS/IN2P3 (Physique nucléaire).

Mise en place en avril 1994, la Commission nationale d'évaluation a remis son premier rapport en juin 1995.

Au cours des auditions, nous avons pu constater que l'intervention de la Commission nationale d'évaluation avait été parfaitement acceptée et que les chercheurs se félicitaient même d'avoir ainsi la possibilité de faire, à intervalles réguliers, le point sur leurs travaux.

Lors d'un colloque, organisé par l'Office, sur le principe de précaution et sur les mesures à prendre face aux faibles doses de pollution, de nombreux intervenants ont déploré qu'il n'existe pas en France d'instances d'expertises indépendantes qui puissent s'interposer entre les décideurs et le public. La Commission nationale d'évaluation constitue, il faut l'espérer, le premier exemple d'une expertise indépendante permettant aux populations concernées par une mesure de disposer d'une information qui ne pourra pas être suspectée.

On ne peut que se féliciter que M. Bernard TISSOT, le président de la Commission, ait de lui-même et spontanément décidé de rencontrer les Commissions locales d'information des quatre départements où l'ANDRA poursuit des recherches sur les laboratoires souterrains.

Le présent rapport a tenu bien évidemment compte de cette publication et des conclusions qui ont ainsi été présentées. On peut donc espérer qu'il s'établira ainsi entre les experts techniques et les responsables politiques un jeu de va-et-vient où chacun devrait pouvoir s'enrichir de l'expérience des autres.

Comme cela a été évoqué précédemment, dans un domaine où l'on ne pourra jamais prévoir scientifiquement et avec une totale certitude l'évolution de tous les paramètres en cause, les décisions ne pourront être prises qu'à la suite d'une longue confrontation entre les avis des experts et les intérêts des décideurs.

L'avis des experts tend à accroître la rationalité des décisions politiques mais ne peut pas se substituer à elles. Tout ce qui est techniquement faisable n'est pas pour autant obligatoirement socialement et politiquement souhaitable. C'est bien pour cela que la loi de 1991 prévoit que la décision de créer un centre de stockage de déchets à haute activité sera prise par le Parlement et par lui seul, mais au vu d'un rapport global d'évaluation établi par la Commission nationale d'évaluation.

C/ Le vote de la loi, sans résoudre tous les problèmes, a incontestablement contribué à apaiser le débat

La loi de 1991 a constitué une avancée indéniable vers la solution du problème des déchets nucléaires à haute activité.

Les très nombreuses demandes de participation à des colloques et à des congrès, l'intérêt manifesté par plusieurs gouvernements étrangers pour ce texte et les travaux, parfois critiques, des universitaires montrent que l'intervention du Parlement, jugée alors quelque peu surprenante par certains, était légitime et qu'elle a contribué à sortir de l'impasse où l'on se trouvait à la fin des années 1980.

Peut-on cependant considérer qu'elle a profondément modifié l'opinion publique et mis définitivement fin aux craintes des populations concernées ?

Dans un sondage publié en 1989 dans le journal "Le Monde", 69 % des Français estimaient que le stockage des déchets nucléaires constituait l'activité industrielle la plus dangereuse. Il est à peu près certain que cette attitude n'a que très peu évolué depuis cette date : les déchets nucléaires continuent à faire peur même si l'on ne connaît pas exactement les raisons de cette peur.

Malgré toutes les études sociologiques qui se multiplient sur ce sujet, il est en effet toujours aussi difficile de connaître les raisons exactes des réactions émotionnelles du public dès qu'il est question de stockage de déchets nucléaires, réactions d'autant plus surprenantes que les autres installations nucléaires, et en particulier les centrales, sont généralement bien tolérées dans notre pays.

Mettre cette attitude de rejet sur le compte de la peur irrationnelle de ce qui est mal connu, ou sur celui de simples égoïsmes locaux, le fameux effet NIMBY ⁽⁸⁾, serait un peu trop simpliste.

L'agitation sciemment entretenue par certains groupes de défense de l'environnement ne suffit pas non plus à expliquer à elle seule un sentiment aussi répandu dans la population quand on connaît le peu de poids en France de ces organisations, comme le rappelait récemment le journal "Le Monde" ⁽⁹⁾.

La crainte quasi instinctive qu'inspirent les projets de stockage de déchets nucléaires doit certainement reposer sur des données psychologiques beaucoup plus profondes.

Certes, les déchets nucléaires et en particulier les déchets à haute activité peuvent être dangereux et même très dangereux, mais si l'inquiétude des populations reposait véritablement sur les caractéristiques objectives de ces déchets, elle se manifesterait d'ores et déjà autour des installations d'entreposage temporaire où ils sont en attente depuis parfois quelques dizaines d'années.

Or on n'a jamais enregistré de manifestation significative contre les piscines des centrales ou contre les puits de stockage à sec de La Hague, de Marcoule et de Cadarache.

Il faut, en effet, sans cesse rappeler que la gestion des déchets n'est pas un problème à venir : les déchets existent et sont entreposés dans de nombreuses installations réparties sur tout le territoire.

On a donc parfois l'impression que les déchets nucléaires à haute activité ne provoquent de réaction de rejet qu'à partir du moment où on propose une solution de stockage définitive.

L'inquiétude ne viendrait donc pas du danger actuel que présentent ces déchets, mais plutôt des conséquences lointaines qu'ils pourraient avoir sur la santé ou sur l'environnement : le risque hypothétique prend le pas sur le risque réel.

La loi de 1991, en laissant ouvert le choix futur des solutions, a, à l'évidence, contribué à quelque peu calmer le débat.

Les populations et les élus avec lesquels j'ai été amené à discuter au cours de ma mission de médiation savaient que le consentement qui leur était demandé pour l'installation des laboratoires représentait un palier mais ne les engageait pas définitivement.

⁸ Not in my backyard : pas dans mon jardin

⁹ La solitude des antinucléaires français, "Le Monde", 29 octobre 1995

Ce n'est en effet qu'en 2006, au mieux, que le Parlement aura à se prononcer au vu du rapport définitif de la Commission nationale d'évaluation et, à ce moment, pourront être prises en compte toutes les données du problème, c'est-à-dire les résultats obtenus dans les laboratoires souterrains mais aussi les progrès qui auront pu être enregistrés dans les autres voies de recherche comme la transmutation par exemple.

Sur les trois sites proposés pour l'implantation des laboratoires, une certaine opposition se manifeste, mais elle n'a rien à voir avec les événements qui avaient conduit le Gouvernement à annoncer le moratoire de 1989.

Toute annonce d'implantation d'une nouvelle activité ou de création d'une infrastructure entraîne désormais l'apparition d'associations de défense, les projets d'implantation des laboratoires n'échappent pas à cette règle.

Ces réactions sont purement locales, même si elles tentent de s'abriter derrière de grands principes. Il en était de même en 1989 et en 1990 dans le Maine-et-Loire et dans les Deux-Sèvres, mais que sont devenues ces associations qui prétendaient agir uniquement dans l'intérêt général et pourquoi ne manifestent-elles pas aujourd'hui contre les nouveaux projets d'implantation ?

Contre ces réactions de rejet que l'on peut d'ailleurs comprendre, il faut, sur les bases proposées par la loi de 1991, continuer à informer et à communiquer en s'appuyant au maximum sur une expertise collective et indépendante comme celle de la Commission nationale d'évaluation.

Cela ne suffira pas à convaincre la totalité des intéressés, mais cela devrait permettre d'ouvrir avec toutes les personnes de bonne volonté un dialogue constructif.

Faute d'un tel dialogue, on risquerait en effet de passer de l'intolérance aux risques à l'intolérance à l'incertain en condamnant d'avance toute solution nouvelle pour la gestion des déchets.

Or, depuis 1991 et en grande partie grâce à l'impulsion donnée par la loi, la recherche en France est redevenue active et sera certainement bientôt en mesure de proposer des solutions nouvelles dans les trois voies prévues par le législateur :

- la séparation et la transmutation des éléments à vie longue ;
- le stockage souterrain ;
- l'entreposage de longue durée en surface.

2°) Les recherches sur la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue progressent normalement

La loi du 30 décembre 1991 a donc prévu que des recherches devront être menées sur "la séparation et la transmutation des éléments à vie longue présents dans les déchets".

En adoptant cette disposition, le législateur a expressément indiqué qu'il convenait de ne privilégier aucune voie de recherche au détriment des autres, que toutes les pistes devaient être explorées et qu'il n'y avait pas de solution préétablie.

Cette démarche tranchait avec la ligne de conduite suivie jusque là par les responsables de la gestion des déchets.

Le rapport de l'Office publié en 1990 avait, en effet, souligné que les recherches sur les moyens susceptibles de détruire les éléments radioactifs les plus dangereux ou tout du moins d'en réduire l'activité avaient, dans les faits, été plus ou moins mises en sommeil et cela malgré les conclusions du "rapport CASTAING" ⁽¹⁰⁾ qui préconisaient l'intensification des recherches sur ce qui était alors appelé le retraitement poussé.

Lors de la préparation de la loi de 1991, on avait d'ailleurs très bien ressenti les réticences d'une partie des responsables de la gestion des déchets au développement de ces recherches, la voie de l'enfouissement étant alors considérée comme économiquement et techniquement préférable.

Certains commentateurs ne s'y sont d'ailleurs pas trompés et considèrent que la réémergence d'options qui semblaient définitivement écartées a marqué alors une sorte de "déconstruction du consensus" ⁽¹¹⁾ qui s'était peu à peu formé sur le stockage souterrain.

Si de nombreuses personnes pensent désormais qu'il faut effectivement que les responsables, et en particulier le Parlement, puissent un jour prendre leur décision en disposant de renseignements objectifs sur toutes les options possibles, l'engouement pour la transmutation ne paraît pas toujours, en revanche, tout à fait exempt d'arrière-pensées.

Il est indéniable que l'appel aux ressources futures de la science est avant tout pour certains un moyen dilatoire censé permettre l'ajournement de l'ouverture des laboratoires d'étude sur le stockage souterrain.

¹⁰ Conseil supérieur de la sûreté nucléaire

Rapport du groupe de travail présidé par le Professeur Raymond CASTAING sur les recherches et développements en matière de gestion des déchets radioactifs, Octobre 1983-Octobre 1984, page 96

¹¹ Le stockage des déchets radioactifs, Jean-Claude PETIT, thèse déjà citée

Il faut donc clairement rappeler qu'aux termes de la loi, il ne s'agit pas d'un choix alternatif et qu'il convient de mener en même temps et parallèlement les recherches sur la séparation-transmutation et les recherches sur le stockage souterrain.

A/ La transmutation : alternative ou complément au stockage souterrain ?

A l'heure actuelle, il est impossible de savoir si la séparation-transmutation qui fera appel à des techniques particulièrement complexes pourra un jour déboucher sur des réalisations industrielles. Dans l'absolu, on peut cependant imaginer qu'il sera un jour possible de rendre dès l'origine la radioactivité des déchets suffisamment basse pour qu'ils puissent être tous stockés en surface.

La transmutation constituerait alors une alternative au stockage souterrain qui deviendrait inutile. Toutefois, pour la grande majorité des experts français et étrangers, cette possibilité apparaît dans l'état actuel de nos connaissances assez utopique. Ils estiment qu'il est préférable, pour le moment, d'étudier la séparation-transmutation en relation avec la création de centres souterrains de stockage.

Dans cette approche, l'objectif n'est plus de réduire au maximum l'activité des déchets, mais simplement de la rendre compatible avec les performances attendues des centres de stockage souterrains. La transmutation ne constituerait plus alors qu'une sécurité supplémentaire qui viendrait compléter celle qui est déjà apportée par la barrière géologique.

Le but recherché serait donc d'enfouir des déchets dont l'activité pourrait être considérée comme négligeable au moment où, dans 1 000, 10 000 ou même 100 000 ans, l'étanchéité du stockage souterrain ne serait peut-être plus assurée.

Confrontés à de telles échéances, on doit mesurer avec modestie les limites de notre raisonnement. Vouloir bâtir des théories sur de telles durées serait en effet un peu trop présomptueux.

En 1990, le Collège de la prévention des risques technologiques ⁽¹²⁾ notait déjà que *"la démonstration de la sûreté des stockages profonds sera d'autant plus aisée à obtenir que la nuisance potentielle à long terme des déchets aura été réduite [...] ce qui implique qu'aucun déchet ne doit être enfoui irréversiblement avant qu'aient été explorées les diverses voies qui permettent d'extraire la majeure partie des radionucléides à longue durée de vie"*.

Sur la nécessité du stockage souterrain, la conclusion d'une des principales interventions au colloque Global 1995, qui s'est tenu à Versailles en septembre 1995, est à cet égard tout à fait explicite. Les chercheurs du

¹² Premier avis du Collège de la prévention des risques technologiques, 6 avril 1990

Forschungszentrum de Karlsruhe et ceux du CEA estiment en effet que *"dans tous les cas, le stockage souterrain sera une nécessité à partir du moment où aucune stratégie de séparation-transmutation ni aucun système d'utilisation d'accélérateur ne pourront éliminer totalement les déchets nucléaires"*.

Cette opinion est aussi confortée par l'avis de la Commission nationale d'évaluation ⁽¹³⁾ qui estime à ce sujet que *"les efforts de recherche visés par l'axe I de la loi ne pourront conduire à la disparition complète par séparation et transmutation de l'ensemble des déchets des catégories B et C actuels. Les opérations inhérentes à la séparation-transmutation ou à la séparation-conditionnement ne seront jamais totales et elles engendreront des déchets secondaires, en général de catégorie B, contenant une certaine quantité d'émetteurs alpha ou de produits à vie longue non acceptables dans les stockages de surface."*

Si, de l'avis de tous les experts, la séparation-transmutation ne pourra jamais se substituer complètement au stockage souterrain, est-il raisonnable d'engager des recherches sur des techniques qui seront coûteuses, produiront des déchets technologiques et entraîneront obligatoirement des rejets de radioactivité dans l'environnement ainsi qu'une augmentation des doses reçues par les travailleurs ?

Pour ma part, j'estime qu'en permettant de réduire les incertitudes sur la sûreté à long terme des dépôts souterrains de déchets à haute activité, les techniques de séparation-transmutation, si l'on arrive à obtenir un niveau suffisant de rendement, constitueront un élément essentiel de l'acceptation de ces dépôts souterrains par les populations concernées.

A partir du moment où on ne peut scientifiquement prouver de manière absolue que les barrières techniques et géologiques seront encore totalement effectives au bout de quelques siècles ou plutôt de quelques millénaires, il paraît indispensable, par respect pour les générations futures, de chercher dès aujourd'hui, par tous les moyens possibles, à réduire au maximum la durée de la radiotoxicité des éléments qui seront stockés dans les couches géologiques profondes.

B/ Les objectifs de recherche sur la séparation-transmutation

En 1982, le Groupe de travail sur la gestion des combustibles irradiés ou "Commission CASTAING" avait recommandé d'entamer des recherches sur le "retraitement poussé" qui devait permettre de séparer, dans les déchets, les éléments à vie longue pour pouvoir ensuite les transformer, par réactions nucléaires, en éléments à vie plus courte, donc plus faciles à stocker.

Quels sont tout d'abord les éléments radioactifs concernés ?

¹³ Commission nationale d'évaluation, Rapport n° 1 déjà cité

Les éléments à vie longue sont ceux dont la "période", temps au bout duquel la moitié de l'activité radioactive a disparu, se chiffre en milliers et même parfois en millions d'années.

Du parc électronucléaire français, on extrait chaque année du combustible irradié qui doit être remplacé par du combustible neuf.

Ce combustible irradié ou usagé contient :

- 96 % d'uranium faiblement enrichi,
- 1 % de plutonium,
- 3 % de produits de fission et d'actinides mineurs.

Si, dans le système français actuel, l'uranium et le plutonium sont considérés comme des produits énergétiques qu'il convient de récupérer par retraitement, il n'existe, pour le moment, aucun espoir de pouvoir réutiliser les produits de fission et les actinides mineurs qui doivent, dès lors, être considérés comme des déchets ultimes.

Principaux produits de fission

	Quantité annuelle en tonnes	Période en années
Césium 135	0,4	2,3 millions
Technétium 91	1	21 000
Zirconium 93	0,9	1,5 million
Iode 129	0,2	16 millions
Palladium 107	0,25	6,5 millions

Principaux actinides mineurs

	Quantité annuelle en tonnes	Période en années
Neptunium 237	0,4	2,1 millions
Américium 241	0,2	430
Américium 243	0,1	7 400
Cérium 245	0,001	8 500

Tous ces radioéléments, actinides et produits de fission, se désintègrent et sont donc potentiellement dangereux.

Selon les scénarios initialement prévus, ils seront après les opérations de retraitement confinés dans des "verres" qui seraient eux-mêmes placés dans des conteneurs pour être ensuite stockés dans des couches géologiques profondes.

Cet ensemble de barrières -verres, conteneurs et formations géologiques- devrait limiter, sinon empêcher, la migration des radionucléides vers la surface où ils pourraient présenter un danger pour l'environnement et la santé humaine.

Dans les premières années et même dans les premiers siècles, ce confinement multiple assurera la parfaite sûreté des dépôts et la décroissance naturelle des radionucléides réduira leur radiotoxicité potentielle au fil des années.

Toutefois, dans certains cas, comme dans celui de l'américium qui se transformera peu à peu en neptunium par le processus naturel des filiations radioactives, la radiotoxicité pourra croître avec le temps.

De toute façon, même dans les cas de décroissance régulière de la radiotoxicité, ce phénomène sera extrêmement lent. Si on prend comme point de comparaison la radiotoxicité du minerai d'uranium qui a servi à fabriquer le combustible, il faudra environ 100 000 ans pour que les produits de fission et les actinides contenus dans les verres reviennent au niveau de radiotoxicité original.

Qu'advient-il des centres de stockage pendant une aussi longue période ?

Personne ne peut faire de prévision à aussi longue échéance, mais on voit bien que toute réduction de la nocivité des déchets ira dans le sens de l'amélioration de la protection des générations futures.

Toutefois, il faut être conscient que l'abaissement de la radiotoxicité des actinides et des produits de fission est une opération compliquée dont on est loin aujourd'hui de maîtriser tous les paramètres. Après récupération de l'uranium et du plutonium lors du retraitement, il faudra en effet ensuite séparer et extraire, par des procédés chimiques, les différents éléments à vie longue et enfin, en utilisant divers procédés physiques, soit les détruire, soit les transformer en éléments à vie plus courte.

Il s'agit donc d'opérations longues et complexes qui nécessiteront au préalable :

- une maîtrise parfaite des procédés industriels de retraitement ;
- une connaissance approfondie des radionucléides et des procédés chimiques permettant leur séparation et leur extraction ;
- une étude poussée des phénomènes de neutronique et de la conduite des réacteurs.

Pour répondre aux exigences de la loi de 1991, il a été décidé de lancer un vaste programme de recherche pluridisciplinaire : le programme SPIN (Séparation-INCinération).

C/ Le programme SPIN

Le programme lancé par le CEA, mais qui associe également des industriels comme la COGEMA et nombreux laboratoires de recherche français et étrangers, doit répondre à plusieurs objectifs qui s'échelonnent dans le temps :

- à court terme : optimiser et rationaliser la gestion des déchets ;
- à moyen terme : améliorer les procédés de conditionnement des déchets C (les verres) ;
- à long terme : séparer et détruire les éléments à vie longue.

Comme on peut le constater, la séparation-transmutation ne constitue que l'objectif ultime du programme SPIN, il faut en effet avant d'aborder cette phase essayer de réduire au maximum le volume et l'activité des déchets et en particulier des déchets secondaires produits par les opérations de fin du cycle nucléaire.

Pour répondre à ces objectifs, le programme SPIN a été divisé en deux volets :

- le sous-programme PURETEX, qui regroupe les recherches tendant à diminuer le volume et l'activité des déchets ;
- le sous-programme ACTINEX qui devrait permettre d'étudier la faisabilité de la séparation-transmutation des actinides et des produits de fission.

a) la réduction du volume et de l'activité des déchets et le programme PURETEX

S'il a des avantages indéniables qui seront rappelés plus tard dans le présent rapport, le retraitement a cependant l'inconvénient de ne pas éliminer certains déchets secondaires (coques, embouts, éléments des assemblages, ...) et de générer des déchets technologiques (boues de traitement, filtres, ...) et des rejets liquides dans l'environnement.

La COGEMA génère les deux tiers des déchets B, ceux-ci sont peu radioactifs (2,5 % de l'activité Bêta et Gamma et 0,25 % de l'activité Alpha de l'ensemble des déchets) mais contiennent des éléments à vie longue qui interdisent leur stockage en surface au Centre de l'Aube.

Le programme PURETEX est conduit par le CEA, mais en étroite collaboration avec la COGEMA qui assure d'ailleurs 50 % du coût des recherches, et sur un outil industriel qui est celui de La Hague.

Cet aspect du programme n'est pas secondaire comme on pourrait le penser a priori. Il ne servirait à rien de se lancer dans des techniques très ambitieuses de réduction des déchets C (les déchets à très haute activité et à vie longue) si leur mise en oeuvre devait conduire à une augmentation corrélative des déchets B (à moyenne activité).

La Commission nationale d'évaluation a d'ailleurs été très nette sur ce point : *"Le gain réalisé avec le retraitement poussé n'est effectif que si des progrès substantiels sont réalisés dans la décontamination en corps à vie longue des déchets secondaires qu'il produira, ce qui implique que ceci soit étudié dès maintenant pour les déchets secondaires du retraitement actuel."*

L'optimisation du traitement des déchets B devrait porter sur trois points essentiels :

- tout d'abord, la réduction des volumes par :

- l'incinération des déchets combustibles,
- le compostage des déchets compressibles,
- la fusion des déchets métalliques,
- la minéralisation des déchets oxydables ;

- ensuite, la diminution de l'activité dans les rejets et les déchets en décontaminant et en triant les radioéléments présents ;

- et enfin, l'amélioration des propriétés de confinement des matrices de verre pour les adapter au confinement d'un spectre très large de radioéléments issus du retraitement.

Quel que puisse être l'avenir du programme SPIN, les recherches sur la réduction du volume et de l'activité des déchets doivent être maintenues et poursuivies.

Il serait en effet quelque peu paradoxal de vouloir continuer à développer des techniques de retraitement, de séparation et de transmutation, si celles-ci devaient entraîner, à chaque stade des opérations, l'augmentation du volume de déchets, certes secondaires, mais qui devraient cependant être obligatoirement envoyés dans des centres souterrains de stockage.

- b) la séparation et l'extraction des éléments à vie longue et le programme ACTINEX-séparation

Les opérations de retraitement telles qu'elles sont actuellement pratiquées permettent de séparer et d'isoler la quasi-totalité des actinides majeurs, uranium et plutonium, contenus dans le combustible irradié sorti des réacteurs.

Les techniques de séparation et d'extraction prévues dans le programme SPIN auraient cette fois pour objectif de séparer puis d'extraire dans la solution de fission qui reste après le retraitement les éléments à vie longue, actinides mineurs et produits de fission, qui s'y trouvent.

Actuellement, 99 % des produits de fission, 99,7 % des actinides mineurs et 0,2 % du plutonium qui n'a pas été extrait lors du retraitement constituent les déchets de catégorie C qui sont vitrifiés et entreposés temporairement dans les usines de retraitement.

Comme on l'a vu précédemment, ces éléments ont une toxicité immédiate, dite toxicité potentielle, très forte et leur entreposage et leur manutention doivent se faire avec des précautions toutes particulières.

Mais la plupart d'entre eux ont aussi une durée de décroissance de leur activité extrêmement longue qui se chiffre par centaines, milliers et même parfois par centaines de milliers d'années.

La décroissance naturelle de la radioactivité fait que la radiotoxicité potentielle diminue avec le temps, ce qui n'est d'ailleurs pas le cas, il faut le noter, avec certains produits chimiques dont la toxicité demeurera inchangée, quelle que soit la période de temps considérée.

Il faut toutefois comparer cette décroissance naturelle de la radioactivité avec la durée de résistance prévue par les différentes barrières qui devront assurer le confinement des déchets : verres, conteneurs, formation géologique, ...

Dès lors apparaît une notion nouvelle, celle de radiotoxicité résiduelle, c'est-à-dire la radiotoxicité qui pourrait s'échapper des centres de stockage vers l'environnement quand les différentes barrières n'assureront plus un confinement suffisant.

D'où l'idée de séparer puis d'extraire les éléments dont la durée de vie risquerait d'être supérieure à celle des centres de stockage souterrains.

Les opérations de séparation-extraction de certains éléments à vie longue, autrefois appelées retraitement poussé, envisagées dans le programme ACTINEX, devraient s'appuyer sur des solutions techniques d'ores et déjà utilisées dans le retraitement de l'uranium et du plutonium.

Le programme ACTINEX, pour son volet séparation-extraction, repose en effet essentiellement sur le perfectionnement des techniques utilisées par la COGEMA dans ses usines de Marcoule et de La Hague.

Le retraitement industriel, tel qu'il est aujourd'hui pratiqué, constitue donc un préalable obligatoire à toute recherche sur la séparation-transmutation.

Il s'agit là d'une évidence, mais qu'il faut néanmoins toujours rappeler. On ne peut pas en effet préconiser le recours à la transmutation comme substitut au stockage souterrain tout en s'opposant dans le même temps au développement des activités de retraitement.

Un programme de recherche sur la séparation-transmutation n'a de sens et ne peut être mis en oeuvre que dans le cadre d'une politique globale du cycle du combustible dans laquelle le retraitement constitue une étape essentielle et obligatoire.

Si la séparation et l'extraction des actinides mineurs ne seront en quelque sorte que la continuation et le perfectionnement du retraitement des actinides majeurs, uranium et plutonium, il ne faut cependant pas se cacher que les techniques à mettre en oeuvre seront très sophistiquées et qu'elles reposeront sur l'utilisation de produits "extractants" qui n'en sont, pour le moment, en général qu'au stade des études.

Heureusement, toutefois, certains éléments à vie longue, comme le neptunium, peuvent d'ores et déjà être considérés comme séparables grâce à de simples aménagements des procédés actuels et en particulier du procédé PUREX utilisé à La Hague pour extraire l'uranium et le plutonium.

Malgré tout, les recherches sur l'extraction de ces éléments doivent se faire dans des installations spécialisées comme celles d'Atalante à Marcoule. Il n'est en effet pas question d'utiliser un outil industriel pour des expérimentations même s'il ne s'agit que d'une extension de procédés existants et s'il n'y a pas véritablement d'étape scientifique à franchir.

Les recherches actuellement se concentrent surtout sur la séparation de l'américium et du curium, "*le verrou à faire sauter*", selon la Commission nationale d'évaluation.

L'américium 241 au cours de sa décroissance se transforme en effet spontanément en neptunium. C'est donc après un laps de temps de 100 000 ans environ, au moment où les barrières des centres de stockage souterrain commenceront peut-être à perdre de leur efficacité qu'apparaîtront les dangers liés à cet élément.

La "chaîne" de l'américium représente à elle seule 83 % de la radiotoxicité des déchets. Un progrès considérable sera donc réalisé dès lors que ce radionucléide pourra être séparé puis transmuté.

Pour le moment, les premiers essais effectués semblent montrer qu'il serait possible d'extraire quantitativement l'américium et le curium grâce à de nouvelles "molécules extractantes", mais ces essais ont aussi mis en évidence un certain nombre de difficultés qui sont encore loin d'être résolues.

Etant donné toutes les contraintes qui entourent ces recherches, il s'agit là d'objectifs que la Commission nationale d'évaluation qualifie à juste titre "d'ambitieux" et cela d'autant plus que pour obtenir un résultat véritablement probant, il faudra aussi envisager la séparation et l'extraction des produits de fission.

Les actinides mineurs, sur lesquels semblent se concentrer les recherches, ne sont en effet pas les seules sources possibles de radiotoxicité résiduelle dans les stockages de déchets à haute activité. Des produits de fission tels que le strontium 90 ou le césium 135 dont la période de décroissance est de $2,3 \cdot 10^6$ années devront aussi être séparés et extraits.

Des recherches sont en cours sur l'extraction du césium, mais elles font appel à des techniques nouvelles et extrêmement sophistiquées (calixarèmes, membranes liquides, ...), les méthodes habituelles d'extraction se révélant peu performantes pour cet élément.

Toutes ces recherches sur la séparation des actinides et des produits de fission devront se faire sous le contrôle des autorités de sûreté en évitant autant que faire se peut la production de déchets technologiques et les rejets de radioactivité.

Il ne faudrait pas en effet que les manipulations successives de produits hautement radioactifs se soldent, en définitive, par des conséquences négatives sur l'environnement ou sur la santé humaine : le mieux peut parfois être l'ennemi du bien.

C'est ce que semble d'ailleurs craindre la Commission nationale d'évaluation ⁽¹⁴⁾, qui prévient que "*... dans un premier temps, il semble inéluctable que le retraitement poussé conduise à de nouveaux déchets de type B*".

Dans un dossier relatif à la séparation des actinides mineurs établi en 1990, donc avant la loi sur les déchets nucléaires, le CEA se montrait d'ailleurs très réservé sur une gestion séparée des actinides en faisant notamment remarquer que celle-ci "*conduirait à une augmentation du nombre des personnes exposées à court terme*".

¹⁴ Commission nationale d'évaluation. Rapport déjà cité.

Cette opinion s'appuyait sur les travaux du Conseil scientifique du CEA qui dans un rapport de mars 1990 indiquait clairement que : *"Pour les conséquences à court terme, l'option séparation-transmutation des actinides représente un accroissement des doses, mais surtout une augmentation du nombre de personnes exposées (exploitation des ateliers de séparation des actinides des solutions de fission, ateliers de fabrication d'aiguilles combustibles et si l'option transmutation en réacteur est choisie, création de nouveaux déchets liés à ces ateliers ...)"*.

Le volet "ACTINEX séparation" du programme SPIN paraît d'ores et déjà engagé et conforme aux objectifs qui avaient été tracés par la loi de 1991. Mais l'étape "séparation-extraction", si elle est indispensable, n'a pas de sens en elle-même et doit être indissociablement liée aux recherches sur la transmutation.

A quoi servirait-il en effet de séparer et d'extraire des éléments dont on ne saurait pas ensuite assurer soit la destruction, soit la transmutation en éléments à vie plus courte ?

c) le transmutation des éléments à vie longue et le programme ACTINEX-transmutation

Comme on vient de le voir pour nous, la séparation de certains éléments à vie longue présents dans les déchets C n'a d'intérêt que si elle n'est que la première étape d'un processus conduisant à une réduction significative de leur durée de vie.

Un autre concept est parfois développé, celui de la séparation-conditionnement où l'extraction des éléments à vie longue ne serait plus effectuée dans l'optique de leur transformation en radionucléides à vie courte, mais simplement pour améliorer leur conditionnement avant le stockage définitif en couches géologiques profondes.

La Commission nationale d'évaluation estime pour sa part que le retraitement poussé *"doit être développé indépendamment des recherches sur la transmutation"* et que *"les deux concepts (séparation-transmutation et séparation-conditionnement) peuvent être développés en même temps"*.

Compte tenu du coût des recherches, du prix des installations industrielles qui devraient prendre le relais des laboratoires de recherche, des rejets de radioactivité qu'entraîneront ces manipulations et des doses que recevront les opérateurs, on peut légitimement s'interroger sur l'intérêt que présenterait un programme de recherche sur la séparation qui ne déboucherait pas sur des opérations de transmutation.

Si dans quelques années on constate que les recherches sur la transmutation se soldent par un échec, c'est l'ensemble du programme ACTINEX qui devra être remis en question à moins que d'ici là les experts nous aient apporté la preuve qu'un conditionnement élément par élément pourrait constituer un progrès

véritablement significatif par rapport à la technique actuelle de vitrification en vrac des déchets.

Le troisième volet du programme ACTINEX concerne donc la transmutation ou incinération, les deux termes étant employés indifféremment, des éléments à vie longue contenus dans les déchets.

Il s'agit en fait de faire "changer de case" un élément dans la classification périodique pour le transformer, soit en un élément à vie plus courte, soit en un élément stable donc non radioactif.

Pour obtenir cette réaction, il faut soumettre le noyau de l'élément à transmuter à un flux intense de neutrons. Deux réactions sont alors possibles :

- le noyau radioactif capture un neutron et se transforme en noyau à vie plus courte ou même stable. Ainsi le neptunium 237 à vie très longue, sa période étant de 2,14 millions d'années, peut se transformer successivement en plutonium 238 à vie plus courte (période de 88 ans), puis en uranium 234 et enfin en plomb 206 qui lui est stable et donc non radioactif ;

- l'action du neutron sur le noyau peut également le scinder en deux, les deux fragments obtenus par la réaction de fission sont alors des produits de fission qui, pour la plupart d'entre eux, ont une durée de vie assez courte puisqu'ils perdent le plus gros de leur activité en un siècle environ.

Le problème principal de la transmutation sera donc d'obtenir un flux de neutrons suffisant pour provoquer ces réactions de capture ou de fission.

Pour produire ces neutrons, on peut utiliser soit un réacteur à eau pressurisée classique (REP), soit un réacteur à neutrons rapides (Phénix et Superphénix) ou encore, comme cela est étudié au Japon et aux Etats-Unis, un accélérateur de particules.

En pratique, le problème de la transmutation est et demeurera compliqué, en dehors même des difficultés purement techniques, car la façon dont les neutrons ainsi produits interagissent avec les noyaux des éléments à traiter dépend, bien entendu, de la nature de chaque noyau mais aussi de l'énergie de ces neutrons.

Cela induit que pour chaque opération, il y a plusieurs réactions possibles. A côté de celle que l'on recherche, en général la rupture d'un noyau lourd à vie longue en deux morceaux à vie plus courte, on peut aussi avoir des réactions où le neutron est capturé par le noyau lourd, ce qui entraîne l'apparition d'un autre noyau qui peut parfois, mais rarement, être stable, mais qui la plupart du temps sera également à vie longue et quelquefois même plus toxique que le noyau d'origine.

Quand on envoie des neutrons sur une cible, il ne se produit jamais uniquement que la réaction recherchée et l'effet des réactions parasites peut parfois retirer tout l'intérêt à l'opération. Compte tenu de l'ordre de grandeur des probabilités des réactions possibles, il faudra donc avoir recours à de nombreuses études théoriques pour, à chaque fois, disposer de tous les critères de comparaison qui permettront de déterminer si une opération présente ou non finalement un intérêt véritable.

Les experts estiment également qu'il ne sera jamais possible d'obtenir d'un seul coup le résultat recherché et qu'il faudra passer par des recyclages multiples qui nécessiteront, avant chaque nouveau passage en réacteur, un retraitement poussé.

Ces multi-recyclages entraîneront donc un étalement des opérations dans le temps sur une très longue durée et, les rendements de séparation se cumulant, le résultat final, en matière de déchets résiduels, sera inférieur à ce que pourrait laisser prévoir un calcul purement théorique.

Comme l'efficacité de la transmutation dépendra en grande partie du spectre en énergie des neutrons auxquels seront exposés les éléments à traiter, il est certain que les réacteurs à neutrons rapides donneraient des résultats beaucoup plus favorables que ceux des REP.

Les réacteurs à fission ne sont toutefois pas les seuls moyens de transmutation étudiés par les physiciens en France et dans le monde. Les accélérateurs de particules devraient aussi permettre d'obtenir des résultats satisfaisants, les très hautes énergies produites dans ces installations provoquant des réactions dites de "spallation" destinées à obtenir des éléments possédant une masse nettement inférieure.

Toutefois, il ne faut pas oublier que l'utilisation d'un accélérateur conduirait à consommer de l'énergie alors que la transmutation dans un REP ou dans un réacteur à neutrons rapides au contraire en produirait. Si on devait un jour passer à un stade industriel, cette différence sur le plan économique devrait très largement influencer sur les choix à effectuer.

Bien qu'il s'agisse de recherches à très long terme qui n'aboutiront, si elles doivent aboutir, que dans 30 ou 40 ans, les premières expériences conduites par le CEA avec de nombreux partenaires français (IN₂P₃ du CNRS) et surtout étrangers (INR en Allemagne, Institut des transuraniens de l'Union européenne, Institut Paul Scheuer en Suisse, ECN en Suède, Laboratoire de Los Alamos aux Etats-Unis, ...) permettent d'entrevoir quelques pistes prometteuses.

Ces expériences autorisées par les autorités de sûreté et qui ne doivent pas changer de manière significative les caractéristiques physiques et de sûreté du coeur du réacteur ont porté en priorité sur le recyclage du neptunium qui paraît, à l'heure actuelle, le plus rapidement réalisable.

L'expérience préliminaire SUPERFACT 1 conduite depuis 1987 avec le réacteur Phénix ayant donné les résultats attendus, il serait désormais possible d'entreprendre avec le réacteur Superphénix une démonstration de destruction du neptunium en mode homogène (cibles mélangées en faible pourcentage au combustible normal) ou en mode hétérogène (cibles de forte concentration séparées du combustible normal).

Un assemblage dit NACRE 1 de 271 aiguilles à 2 %, soit au total 2 kg de neptunium et quatre assemblages NACRE 2 contenant au total 10 kg de neptunium et quelques aiguilles à base d'américium devraient être chargés dans le coeur de Superphénix.

Parallèlement une expérience SUPERFACT 2 en cours de préparation devrait être conduite dans le réacteur Phénix.

Les expériences avec des réacteurs à eau pressurisée (REP) qui sont conduites dans une installation spéciale, la boucle OPERA, du réacteur expérimental OSIRIS de Saclay sont beaucoup plus en retard et ne devraient pas donner de résultat avant 1997.

En ce qui concerne la transmutation des produits de fission, dont certains peuvent aussi avoir une durée de vie très longue, les experts semblent beaucoup plus réservés que pour les actinides mineurs car elle serait très gourmande en neutrons.

Pour le CEA, à l'heure actuelle il semble, en effet, possible d'envisager le recyclage de quelques produits de fission à vie longue, mais certainement pas de la totalité d'entre eux.

Bien que les produits de fission soient moins toxiques que les actinides, l'impossibilité de leur transmutation, si elle devait se confirmer, ne manquerait pas d'avoir des conséquences négatives sur l'évaluation de l'intérêt du dispositif d'ensemble.

Ce bref et incomplet recensement des expériences en cours appelle toutefois une première remarque : **l'avenir de la transmutation semble étroitement lié à celui des réacteurs à neutrons rapides et en particulier à la remise en marche du réacteur Phénix.**

Le développement de la transmutation conduirait en effet à envisager des parcs nucléaires mixtes constitués pour une part de réacteurs classiques et, d'autre part, d'un nombre limité de réacteurs dédiés à l'incinération des déchets à vie longue.

Selon des calculs effectués par le CEA, le parc optimum devrait être constitué de 70 % de REP classiques, de 10 % de REP chargés avec du combustible MOX et de 20 % de réacteurs à neutrons rapides brûleurs d'actinides, ce qui

permettrait de consommer, chaque année, l'équivalent de la production annuelle d'actinides mineurs de ce parc.

L'évolution récente des réacteurs à neutrons rapides en France et dans le reste du monde n'incite guère à être très optimiste dans ce domaine.

La "Commission CASTAING" doit rendre dans les mois qui viennent un avis sur la capacité de Superphénix à être employé comme outil de recherche. On doit donc attendre les conclusions des experts mais si la poursuite du fonctionnement de cette installation et de celle du réacteur Phénix devaient un jour être remises en cause, il faudrait, par voie de conséquence, s'interroger sur l'évolution et peut-être même sur le maintien du programme ACTINEX dans sa configuration actuelle.

La Commission nationale d'évaluation, consciente de cet écueil potentiel qui risque de perturber le programme SPIN, estime que *"le renouvellement du parc EDF à partir de l'an 2000 offre l'occasion de définir des REP évolutionnaires qui soient optimisés pour transmuter des actinides mineurs et du plutonium tout en minimisant leur production directe. Bien que ces réacteurs ne soient pas intrinsèquement aussi performants que les réacteurs à neutrons rapides, leur existence future en grand nombre plaide en faveur d'une telle orientation"*.

Mais là aussi l'avenir n'est pas totalement exempt d'incertitudes. Le projet des réacteurs évolutionnaires EPR est un projet franco-allemand. Or à l'heure actuelle, les responsables politiques allemands n'ont pas, c'est le moins que l'on puisse dire, une vision très nette de l'évolution de la production d'énergie nucléaire dans leur pays, les problèmes d'acceptation par le public se superposant avec les problèmes purement politiques de stratégie électorale nationale et régionale des trois principales formations.

Toutes les études sur la transmutation doivent être conduites de front et sans délai car le facteur temps est ici particulièrement important : il faut en effet un an pour fabriquer un combustible expérimental, un an pour procéder aux essais, un an pour le refroidir et enfin au moins un an pour analyser les résultats.

Dans les conditions actuelles, ce n'est vraisemblablement que dans une vingtaine d'années que les chercheurs seront en mesure de dire si on pourra effectivement réduire de façon substantielle la toxicité des déchets à vie longue dans des conditions économiques acceptables et dans le respect des règles essentielles de radioprotection.

Nous risquons donc, sur ce sujet, d'être en contradiction avec la loi de 1991 qui a prévu que le Parlement devrait, en 2006 au plus tard, statuer sur les solutions à retenir en matière de gestion des déchets à haute activité.

Il faudrait donc envisager une certaine accélération des recherches à condition, bien sûr, qu'il soit toujours possible de disposer des installations de Phénix et de Superphénix.

Toutefois, à la date fixée par la loi, les pouvoirs publics devraient au moins être en état de pouvoir juger de la faisabilité de cette filière, même si beaucoup de modalités pratiques resteront à définir.

D/ Les laboratoires ATALANTE : un outil efficace pour les recherches sur l'aval du cycle du combustible

Comme on vient de le mettre en évidence, les recherches sur la séparation-transmutation vont être longues, difficiles et toujours susceptibles de générer des nuisances. Il convenait donc, pour assurer le développement du programme SPIN, de pouvoir disposer d'installations de recherche spécifiques, sûres et spécialement adaptées aux études sur l'aval du cycle du combustible.

Dès le début des années 1980, le CEA avait déjà entrepris de regrouper sur le site de Marcoule l'ensemble des moyens dont il disposait pour mener des études sur le retraitement des combustibles et sur le conditionnement des déchets à haute activité.

Ce pôle de recherche, appelé ATALANTE, a été conçu de manière modulaire et évolutive afin d'étaler dans le temps la charge financière et de transférer progressivement les moyens et les équipes de chercheurs.

En novembre 1992, la première partie de ces installations, ATALANTE 1, a été autorisée à recevoir des produits actifs et donc à commencer véritablement les recherches. Le chantier de la seconde partie, ATALANTE 2, a commencé en 1994, la mise en exploitation étant prévue pour 1998.

Les échantillons qui seront étudiés dans ces installations étant, par nature, extrêmement dangereux, une attention toute particulière a été portée aux problèmes de sûreté afin d'assurer, au maximum, la protection de l'environnement et des personnels (à terme 200 à 250 personnes).

Cette recherche de la sûreté et de l'efficacité a cependant un prix : ATALANTE 2, qui devrait en particulier permettre de démontrer la faisabilité de la séparation des divers radionucléides en vue de leur éventuelle transmutation, coûtera 418 millions de francs, auxquels s'ajouteront 145 millions de francs pour la transformation et l'amélioration de certains laboratoires d'ATALANTE 1 et 104 millions de francs destinés à équiper un bâtiment de recherches sur le conditionnement des déchets à haute activité.

Avec ces installations, que nous avons visitées à deux reprises, le CEA disposera des moyens les plus modernes de recherche et de développement sur le

retraitement, la séparation des actinides et des produits de fission et le conditionnement des déchets.

Bien que la décision initiale de création soit antérieure à 1991, les installations d'ATALANTE 1 et 2 sont parfaitement adaptées pour répondre aux objectifs qui ont été fixés par la loi du 30 décembre 1991.

E/ Les moyens budgétaires et les effectifs sont pour le moment adaptés aux objectifs fixés par la loi

Dans le rapport de l'Office qui a préparé la loi de 1991, nous avons déploré la faiblesse des moyens en crédits et en personnels consacrés par le CEA aux recherches sur la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue.

Depuis l'adoption de la loi, le CEA a opéré un redéploiement de ces moyens, qu'on peut considérer comme satisfaisant compte tenu du fait que la montée en puissance, dans un domaine aussi techniquement difficile, ne peut se faire que très progressivement.

Selon le CEA, les éléments budgétaires relatifs au programme SPIN se présentent ainsi :

	1994	1995	1996	1997	1998
Effectifs	237	241	251	260	270
Investissements (en MF)	30	49	92	75	53

Etant donné le coût des recherches dans les domaines de la séparation et de la transmutation, il ne pourra y avoir de véritable réussite que si l'effort financier est supporté par l'ensemble des pays concernés.

D'ores et déjà, le CEA participe à un vaste programme de recherche conduit sous l'égide de l'Agence de l'énergie nucléaire de l'OCDE et entretient de nombreuses collaborations avec des instituts, en particulier au Japon et en Russie.

Il n'en demeure pas moins que de grands pays pourtant très largement impliqués dans le secteur nucléaire, comme les Etats-Unis, ne semblent plus porter à ces recherches une attention suffisante. La démobilisation du Département de l'énergie que nous avons pu constater en novembre 1995 lors d'une visite à Washington laisse penser que les Etats-Unis ne tiendront plus, dans un avenir immédiat, la place qui devrait être la leur dans la recherche sur l'aval du cycle du combustible nucléaire, même si certains membres du Congrès semblent préoccupés par cette situation.

* * *

*

En conclusion, on peut globalement estimer que, pour la première voie de recherche préconisée par la loi de 1991, la volonté du législateur a bien été respectée.

Les recherches sur la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue ont repris et se développent à un rythme satisfaisant compte tenu de la difficulté du sujet.

Les moyens en crédits et en chercheurs semblent pour le moment suffisants, la montée en puissance du programme SPIN ne peut être, en effet, que très progressive parce qu'elle doit, entre autres, suivre le calendrier de mise en service des laboratoires d'Atalante. Etant donné les qualifications exigées des chercheurs, il n'est d'autre part pas certain qu'une accélération du programme soit possible et souhaitable.

Même si les résultats ne sont encore qu'embryonnaires, il faut souligner qu'il existe désormais chez les responsables des organismes et chez les chercheurs une véritable volonté d'explorer la voie de la séparation-transmutation, ce qui n'a pas toujours été le cas avant la loi de 1991.

Comme cela a été prévu par cette loi, ce n'est qu'en 2006 que le Parlement, au vu d'un rapport global d'évaluation, aura véritablement à se prononcer sur les conclusions des recherches qui sont actuellement en cours. Il paraît toutefois possible de dégager d'ores et déjà quelques enseignements qui ne devraient pas être remis en cause par la suite.

Il semble tout d'abord acquis -c'est du moins l'avis de tous les experts qu'il a été possible de contacter- que la séparation-transmutation des radionucléides à vie longue contenus dans les déchets de retraitement ne constitue pas une option de remplacement, mais une technique complémentaire destinée à améliorer la sécurité à long terme des stockages.

En d'autres termes, quels que soient les progrès qui pourraient être enregistrés dans les recherches sur la séparation-transmutation, on n'échappera pas, selon l'avis de tous les spécialistes français et étrangers, au maintien et à la création de centres de stockage. Ce qui, en revanche, devrait changer en fonction du résultat, c'est la nature et la durée de vie des éléments qui seront stockés dans ces centres.

Ce ne sont là, bien entendu, que des opinions d'experts que nous avons recueillies directement ou qui ont été publiées dans les actes des nombreux congrès qui se tiennent sur ce sujet de par le monde.

Néanmoins, l'unanimité des avis est telle que le doute ne paraît désormais plus possible sur ce point.

La deuxième remarque qui s'impose, c'est que même si ces recherches difficiles, longues et par voie de conséquence relativement coûteuses aboutissent un jour, cela n'impliquera pas automatiquement et obligatoirement un passage au stade industriel.

Il faudra bien, en effet, à un moment donné prendre en compte les aspects économiques d'une filière séparation-transmutation. L'amélioration du retraitement, la séparation des différents éléments, la fabrication des cibles et des nouveaux combustibles et l'adaptation des réacteurs aurait un coût qui serait loin d'être négligeable et qu'il faudra peut-être bientôt commencer à analyser.

Enfin, il ne faudrait pas s'imaginer que, dans le contexte mondial actuel peu favorable au nucléaire, ces nouvelles technologies pourront s'implanter sans faire naître de mouvements de contestation d'autant que toute manipulation supplémentaire d'éléments hautement radioactifs entraîne, il est vrai, des risques accrus pour l'environnement et pour la santé des travailleurs concernés.

Malgré ces quelques restrictions, nous ne pouvons cependant que recommander, comme l'a fait la Commission nationale d'évaluation, la poursuite et même l'intensification de l'effort de recherche sur la séparation-transmutation.

La poursuite des recherches n'aura toutefois de sens que si un certain nombre de conditions sont effectivement respectées.

Il faut tout d'abord rappeler qu'une stratégie de séparation-transmutation ne peut valablement être mise en oeuvre que dans le cadre d'une politique de l'aval du cycle de combustible nucléaire où le retraitement permet déjà le recyclage des actinides majeurs, uranium et plutonium. Toute modification de cette politique conduirait à s'interroger sur le bien-fondé de recherches qui ne s'appliqueraient plus qu'à une partie du combustible, le reste étant envoyé directement et en l'état vers les centres de stockage.

La seconde condition concerne le maintien en activité des réacteurs à neutrons rapides Phénix et Superphénix. Il est totalement exclu, dans le présent rapport, de vouloir interférer de quelle que façon que ce soit avec les avis et les décisions qui seront bientôt rendus par la "Commission CASTAING" et les autorités de sûreté.

La sûreté des installations nucléaires est un impératif qui ne se discute pas. Si les réacteurs à neutrons rapides présentent un quelconque danger, ils devront impérativement être arrêtés.

Il n'empêche que la fermeture de Phénix et de Superphénix aurait sans aucun doute des conséquences graves sur l'avenir des recherches sur la séparation-transmutation. Dans l'état actuel des connaissances, la transmutation la plus efficace des actinides mineurs serait effectuée dans les réacteurs à neutrons

rapides, l'arrêt des installations françaises remettrait donc en cause tout le processus actuellement prévu d'autant qu'il n'existe pas de solution de rechange à l'étranger, le Japon et la Russie ne paraissant pas, pour des raisons d'ailleurs différentes, susceptibles d'accueillir les expériences françaises.

Enfin, dernière constatation : le programme SPIN sera à la fois ambitieux, long et coûteux. L'effort actuellement consenti devra donc se poursuivre pendant des dizaines et des dizaines d'années avant que l'on puisse éventuellement passer à un stade industriel. Etant donné le coût considérable que nécessiterait la mise en oeuvre de cette nouvelle stratégie de gestion des déchets nucléaires, il importe absolument d'y associer le maximum de partenaires étrangers.

La coopération internationale dans le domaine des déchets ayant aussi l'avantage de contribuer à maintenir un minimum de recherche nucléaire dans des pays qui n'ont pas ou qui n'ont plus d'industrie nucléaire.

3°) Le programme de construction des laboratoires souterrains est en bonne voie, mais le calendrier sera serré

Lors d'un séminaire de l'AEN qui s'est tenu en Finlande en juin 1995 sur les enjeux de l'information dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, M. Jean-Pierre PAGÈS et Mme France BRÈS-TATINO, de la direction de la Communication du CEA, ont déclaré :

"L'époque où, au nom du savoir et de l'intérêt général, des décisions pouvant avoir des conséquences à plus ou moins long terme sur l'environnement et les populations pouvaient être prises en vase clos, parfois en toute impunité, semble aujourd'hui définitivement révolue.

Sous la pression des événements, les entreprises, les administrations et les élus ont compris, pour la plupart, qu'une révolution culturelle s'imposait : ne plus considérer le Public comme une agrégation d'êtres irresponsables auxquels il faut apporter réconfort, connaissance et raison, mais comme un partenaire privilégié avec lequel un dialogue constructif peut être engagé. Un vaste chantier d'expérimentations s'est donc ouvert dans toutes les démocraties pour faire passer ces idées dans les faits : il s'agit finalement de montrer qu'une politique bien construite d'ouverture sur l'environnement, de dialogue avec les populations et de transparence, peut conduire à plus d'efficacité."

Cette déclaration provenant de représentants officiels du CEA suffit à montrer le chemin qui a été parcouru depuis l'échec, en 1989, des tentatives de l'ANDRA, alors simple service du CEA, pour implanter un laboratoire de recherche sur le stockage souterrain des déchets à haute radioactivité.

Il est également réconfortant de constater que les efforts du Parlement, et en particulier ceux de l'Office parlementaire d'évaluation, ont très largement contribué à faire évoluer les mentalités et les comportements.

La loi du 30 décembre 1991 avait expressément prévu que les recherches sur le stockage souterrain devaient être poursuivies. Tous les experts dans le monde sont aujourd'hui de cet avis et l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE ⁽¹⁵⁾ vient d'ailleurs de réaffirmer que *"l'évacuation dans les formations géologiques est la stratégie qui, aujourd'hui, rallie la majorité des suffrages"*.

Il restait cependant à en persuader les populations concernées et à organiser une concertation susceptible de permettre la réalisation des projets de laboratoire dans le respect des principes qui viennent d'être exposés : démocratie, transparence mais aussi responsabilité.

A/ La mission du médiateur

Le décret du 17 décembre 1992 portant application de l'article 6 de la loi du 30 décembre 1991 avait prévu qu'un médiateur *"est chargé de mener la concertation préalable au choix des sites sur lesquels des travaux préliminaires à la réalisation d'un laboratoire pourraient être menés"*. Ce décret précisait également que le médiateur *"procède à toutes les consultations utiles auprès des élus, des associations et des populations concernées, à qui il présente l'économie de l'ensemble du projet, et notamment les objectifs du programme de recherche, son intégration dans la politique de gestion des déchets radioactifs, les nuisances potentielles des travaux préalables à sa réalisation et les moyens mis en oeuvre afin de les pallier"*.

Chargé en 1992 de cette médiation, j'ai été confirmé dans ma mission par le nouveau Premier Ministre le 13 août 1993.

Les résultats de cette mission ayant été consignés dans un rapport remis aux ministres de l'Industrie et de l'Environnement le 20 décembre 1993 et publié à la Documentation française ⁽¹⁶⁾, je ne reprendrai pas ici le détail des négociations que j'ai menées dans différents départements pendant six mois et qui m'ont conduit à proposer quatre sites potentiels :

- le canton de Bagnols-sur-Cèze dans le Gard ;
- les cantons de Chevillon, Poissons, Jouville, Doulaincourt-Saucourt et Saint-Blin-Semilly dans la Haute-Marne ;
- la plus grande partie du département de la Meuse ;

¹⁵ AEN. Fondements environnementaux et éthiques de l'évacuation géologique, OCDE, 1995

¹⁶ Christian BATAILLE. Rapport sur la mission de médiation sur l'implantation de laboratoires de recherche souterrains, Documentation française, 1994

- les cantons de Charroux et Civray dans la Vienne.

Ces sites ont été sélectionnés après examen des critères de faisabilité géologique parmi la trentaine de candidatures qui m'étaient spontanément parvenues, en accord avec les Conseils généraux des quatre départements concernés qui ont, par un avis quasi unanime, fait connaître leur intérêt pour le projet de construction de laboratoires.

Bien que n'ayant jamais caché à mes interlocuteurs qu'un de ces sites pourrait un jour être utilisé pour l'implantation d'un centre de stockage, j'ai insisté à chaque occasion sur le fait que ce qui est à l'étude actuellement, c'est la création d'un laboratoire destiné exclusivement à la recherche qui ne pourra en aucun cas, la loi l'interdit, abriter de déchets.

Dans ces laboratoires, il sera possible d'étudier, in situ et dans des conditions réelles, les systèmes de confinement des éléments radioactifs contenus dans les déchets destinés à empêcher leur retour dans la biosphère ou du moins à retarder jusqu'à ce que le niveau de la radioactivité qui, éventuellement, pourrait revenir à la surface soit devenu acceptable aussi bien pour l'environnement que pour les populations voisines.

Pour cela, il faudra compter tant sur la barrière que constitue la formation géologique elle-même que sur les barrières artificielles qui pourront être créées par l'homme.

B/ Les travaux de l'ANDRA sur la caractérisation géologique des sites

A partir du moment où l'on souhaite garantir le confinement des éléments radioactifs contenus dans les déchets pendant des dizaines de milliers d'années, il faut avant tout étudier les conditions dans lesquelles ces radioéléments pourraient éventuellement migrer à l'intérieur de la formation géologique dans laquelle ils seront disposés.

La capacité de la roche à empêcher ou du moins à freiner la migration des éléments radioactifs vers la biosphère doit rester le critère décisif du choix des sites d'implantation des laboratoires souterrains. Les autres paramètres et en particulier l'acceptabilité par les populations concernées ont certes leur importance mais ne doivent, en aucun cas, prendre le pas sur l'évaluation des capacités naturelles du milieu géologique d'accueil.

Cette remarque semble aller de soi, elle n'est cependant pas innocente. Il semble, en effet, que dans certains pays les critères politiques et sociaux aient tendance à supplanter quelque peu les données purement scientifiques et qu'on s'achemine vers l'implantation des dépôts de déchets dans des sites qui ont pour propriété principale d'être à l'abri des réactions de la population (anciennes centrales nucléaires, centres de recherche, terrains militaires, ...).

Depuis 1994, l'ANDRA a entrepris de recueillir les données géologiques des sites qui avaient été proposés en conclusion du rapport de médiation. Sur les trois sites, la Haute-Marne et la Meuse ayant été regroupées en un site unique, l'ANDRA conduit donc des travaux destinés à :

- connaître la géométrie et la configuration des différentes formations rocheuses,
- définir les propriétés physiques et chimiques de chacune d'elles,
- déterminer la circulation des eaux qui les parcourent,
- prévoir les conditions géotechniques des interventions lors du creusement des puits et des galeries.

Le calendrier prévu par l'ANDRA est le suivant :

- fin du premier trimestre 1996 : formalisation des conclusions de l'ANDRA sur les caractéristiques géologiques des sites ;
- juin 1996 : dépôt des demandes d'autorisation de travaux, de construction des laboratoires ;
- juin 1996 à fin 1997 : instruction des demandes ;
- fin 1997 : décret en Conseil d'Etat ;
- 1998 à 2001 : construction des laboratoires.

A l'heure actuelle, les travaux de l'ANDRA sont avant tout destinés à vérifier si les sites retenus sont aptes à recevoir un laboratoire. Ce n'est que dans une deuxième phase des recherches, une fois le laboratoire construit, qu'il sera alors possible de rechercher si la formation géologique étudiée pourra se révéler bien adaptée au confinement de la radioactivité. Or, compte tenu des délais de construction des laboratoires, l'ANDRA ne disposera que de cinq années environ pour conduire ses recherches in situ. Ce délai peut paraître court mais il ne faut pas oublier que la plupart des expériences sont depuis longtemps préparées en surface ou dans des laboratoires souterrains situés dans des pays voisins (Belgique, Allemagne, ...).

Comme le montre le tableau ci-après, la coopération entre l'ANDRA et les organismes étrangers chargés du stockage des déchets nucléaires est très active. Cette coopération aurait cependant intérêt à être institutionnalisée et entourée d'une certaine publicité pour bien montrer qu'il s'agit d'un problème auquel tous les pays développés ont à faire face.

Les travaux préliminaires de la première phase de recherches (1994 à 1995) avaient donc pour but de vérifier et d'approfondir les connaissances existantes sur la géologie des zones concernées. Pour cela, l'ANDRA a fait appel aux techniques classiques utilisées dans les prospections minières ou pétrolières : forages géophysiques et sismique réflexion afin d'obtenir, depuis la surface, une définition générale du sous-sol des sites prévus pour l'implantation des laboratoires.

Selon les responsables de l'ANDRA, les trois sites retenus présentent, a priori, des structures géologiques intéressantes bien que très différentes :

- le site de l'Est (à cheval sur la Haute-Marne et la Meuse) présente à 400 mètres de profondeur une couche d'argile d'environ 130 mètres d'épaisseur sans faille majeure et de très bonne qualité mécanique.

Cette formation géologique, qui était d'ailleurs assez bien connue à la suite des travaux de prospection effectués par des sociétés pétrolières, serait, selon les deux forages effectués par l'ANDRA, simple et certainement bien adaptée à la construction d'un laboratoire.

- le site du Gard (à proximité de Marcoule) était beaucoup moins bien connu, sur le plan géologique, que celui de l'Est. Les trois forages de l'ANDRA ont permis de révéler la présence d'une couche d'argile très épaisse (plus de 300 mètres) qui contiendrait très peu d'eau et qui offrirait également une très forte résistance mécanique.

Alors qu'avant ces recherches de nombreuses personnes émettaient des doutes sur les capacités de ce site, l'ANDRA considère aujourd'hui que rien ne permet, sur le plan géologique, d'écarter cette zone du Gard.

ACCORDS DE COOPERATION BILATERAUX AVEC L'ETRANGER



PAYS	ORGANISME	TYPE D'ACCORD	NATURE	DATE	DUREE	REMARQUES
ALLEMAGNE	BMFT	Accord cadre CEA/ANDRA	Traitement des déchets Gestion déchets HA	06/05/91	5 ans	Renouvellement de l'accord prévu en mai 1996 avec BMBF, coordonnateur de l'ensemble des organismes allemands
BELGIQUE	KfK/KFA/GSF ONDRAF	Accord d'application de l'accord cadre En projet : accord de coopération ANDRA / ONDRAF	Stockage des déchets radioactifs	19/04/94 Sept. 95	5 ans	Echange d'informations et travaux communs en laboratoire souterrain
CANADA	AECL	Accord cadre ANDRA / AECL	Etudes géologiques Concepts de stockage	09/07/90	5 ans	A réactualiser.
ESPAGNE	ENRESA	Accord d'application	Mine By Test (HRL)	05/02/92		Echange d'informations et travaux communs en laboratoire souterrain
ETATS-UNIS	DOE OCRWM	Accord cadre ANDRA / ENRESA + CEA	Gestion FMA et HA	15/12/93	5 ans	Coopération générale : * stockage de surface * stockage profond * stockage direct * séparation / transmutation
JAPON	JNFL	Accord d'application	Petits producteurs	29/04/94		
MAROC	PNC CNESTEN	Accord cadre ANDRA / USDOE	Gestion des déchets Etudes géologiques	20/09/95	5 ans	Accord d'application à développer
ROYAUME-UNI	NIREX	Accord cadre ANDRA / JNFL	Gestion des déchets Etudes géologiques	05/04/94	5 ans	Accord ANDRA / PNC à développer pour les applications. Discussion engagée
SUEDE	SKB	Accord PNC / CEA / ANDRA	Concepts de stockage	14/06/91	5 ans	
SUISSE	CEDRA	Accord cadre	Gestion des déchets	Fin 94	5 ans	Stockage de surface
TAIWAN	AEC/RWA	Convention	Travaux au HRL	28/09/94	5 ans	Echange d'informations possible
REPUBLIQUE TCHEQUE	NRI	Accord cadre	Gestion des déchets	1994-95	1 an	Travaux en laboratoire souterrain, en commun
			Gestion des déchets	12/09/90	5 ans	A réactualiser. Travaux en laboratoire souterrain menés en commun
			Gestion des déchets	10/01/96	5 ans	Applications à négocier
			Gestion, Etudes, Concepts	03/05/94	5 ans	Applications en cours de négociation

Il faut toutefois noter que la relative profondeur de la couche argileuse conduirait à une augmentation certaine du coût de construction du laboratoire et qu'il existe à proximité de cette zone des failles qui obligerait à prendre en compte le risque sismique.

- pour le site de la Vienne, le programme d'acquisition de données dans le massif granitique concerné a été beaucoup plus important et surtout beaucoup plus complexe (15 forages profonds). La détermination de la masse rocheuse à retenir sera donc plus difficile puisqu'il faudra éviter les failles importantes, mais le savoir-faire industriel pour le creusement du granit est aujourd'hui parfaitement maîtrisé, ce qui faciliterait les travaux d'implantation du laboratoire.

Pour le moment, il semble donc que les prospections effectuées par l'ANDRA donnent des résultats positifs pour les trois sites. Chacun d'entre eux présentent des inconvénients mais aussi des avantages spécifiques. Si, comme on peut le prévoir, le rapport de l'ANDRA ne conclut à aucune hiérarchisation des sites, le problème du choix va être reporté sur les instances gouvernementales, à moins qu'il soit décidé de construire simultanément trois laboratoires.

Une telle solution augmenterait bien entendu le coût de l'opération d'au moins un milliard et demi de francs ; elle permettrait toutefois de disposer d'une masse beaucoup plus importante d'informations et d'une plus grande sécurité. Il ne faut pas, en effet, oublier que ces premières investigations de surface ne permettent pas de savoir si on ne découvrira pas lors du creusement des défauts majeurs de la structure géologique qui rendraient l'implantation d'un laboratoire sans intérêt et peut-être même inutile.

Les reconnaissances géologiques effectuées jusqu'ici ne permettent pas, en effet, de disposer de connaissances approfondies sur la donnée essentielle qui déterminera la qualification définitive du site : son hydrologie.

La connaissance de la circulation et de la chimie des eaux présentes dans la structure géologique est absolument indispensable pour prédire le comportement des éléments radioactifs qui pourraient, au bout d'un certain temps, être relâchés par les colis de déchets. Certaines études ont déjà permis de modéliser le comportement des fluides, en particulier dans les formations argileuses, mais seules les constatations in situ permettront d'établir un modèle précis des qualités de la masse rocheuse susceptible d'être retenue.

Les sites étudiés présentant des caractéristiques a priori favorables mais très différentes, il serait donc peut-être préférable, pour éviter des déconvenues ultérieures, de poursuivre les travaux dans les trois formations géologiques.

Aux Etats-Unis, où il a été décidé de construire, sans passer par le stade préalable du laboratoire, un seul centre de stockage, de nombreux experts se demandent aujourd'hui ce qu'il adviendrait si la roche d'accueil se révélait en

définitive inapte au stockage des déchets. Des milliards de dollars auraient alors été dépensés en pure perte puisqu'il n'existe pas dans l'immédiat de solution de rechange.

Si le rapport de l'ANDRA qui sera publié au cours du premier semestre 1996, les expertises complémentaires et l'avis de la Commission nationale d'évaluation, devaient conclure que les trois sites sont a priori favorables et que le Gouvernement décide de n'en retenir que deux, il deviendrait alors évident que des critères de choix autres que scientifiques tels que le coût des travaux, l'adhésion de la population ou les impératifs de l'aménagement du territoire, risqueraient de prendre une très grande importance.

Il serait donc nécessaire que le Gouvernement précise dès maintenant selon quelles modalités il va faire procéder à la contre-expertise des conclusions de l'ANDRA et à quel moment interviendra cette contre-expertise. La Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN) va-t-elle donner un avis formel et détaillé en amont du processus de choix ou seulement dans le cadre de la procédure officielle, ce qui conduirait le Gouvernement à faire un choix initial sur des critères d'opportunité ?

On peut également s'interroger sur le rôle que la Commission nationale d'évaluation va être amenée à jouer dans cette phase préliminaire de la procédure.

En tout état de cause, le calendrier prévu doit être impérativement suivi, rien ne serait pire qu'un enlèvement administratif du dossier qui conduirait en définitive au non-respect des échéances prévues par la loi. Tout retard se traduirait également par une augmentation des coûts et par une démobilisation des équipes travaillant sur le terrain. Les conséquences de ce qui pourrait apparaître comme une hésitation des pouvoirs publics sur les populations et les élus des zones concernées sont également à prendre en compte, le consensus actuel pouvant toujours être remis en cause. Le respect du calendrier prévu par la loi constitue un élément décisif pour la crédibilité du dossier.

L'exemple américain est là pour nous rappeler que l'absence de décision claire au moment opportun par les pouvoirs publics en ce domaine conduit à des situations politiquement et juridiquement inextricables dont on ne peut plus ensuite sortir.

Nous souscrivons donc totalement aux conclusions de la Commission nationale d'évaluation selon lesquelles *"la Commission est unanime à considérer que la planification présentée par l'ANDRA pour remplir sa mission dans les meilleurs délais et en conformité avec la loi du 30 décembre 1991 est très tendue. Elle s'interroge de ce fait sur l'incidence d'éventuels aléas sur le déroulement de ce calendrier. En effet, elle ne souhaite en aucun cas que ceux-ci conduisent à écourter la durée de la phase ultime de reconnaissance et d'expérimentation dans les laboratoires."*

L'ANDRA vient de publier un plan à moyen terme chiffré qui permet de se faire une idée plus précise du coût des recherches sur le stockage en formation géologique profonde.

Ces estimations présentent bien entendu des incertitudes et sont donc sujettes à révision. Le tableau ci-après retient l'hypothèse de la création de deux laboratoires seulement mais avec trois scénarios possibles selon les sites qui seront retenus :

- Est + Vienne,
- Est + Gard,
- Gard + Vienne.

Dans ce tableau ne figurent pas les dépenses de la période 2001-2005, qui correspondent à la phase d'exploitation scientifique des laboratoires souterrains.

Les mesures d'accompagnement qui seront accordées aux régions concernées et les actions de communication ne figurent pas non plus dans le tableau de l'ANDRA.

COUT TOTAL DES LABORATOIRES

DT/RLS 95.475, le 04/09/1995

**Coût total de mise à disposition, maintenance et fermeture
hors activités scientifiques, actions de communication et mesures d'accompagnement**

	EST	GARD	VIENNE	Non spéc.	Scenario E+V	Scenario E+G	Scenario G+V	
Conception préliminaire	5	6	6	36	53	53	53	3 sites
Conception détaillée (1)	56	95	79		134	151	174	2 sites
Travaux reco.construction	5	3	6	1	15	15	15	3 sites
Construction (1)	600	1148	808		1409	1749	1957	2 sites
Travaux suivi construction	4	2	8	1	13	8	12	"
Maîtrise d'ouvrage (2)	204	204	204	113	521	521	521	"
Exploitation (2)	400	371	393		793	771	765	"
Fermeture-réhabilitation	11	14	12		24	26	26	"
Toutes activités	1284	1844	1517	152	2962	3293	3523	

(1) Hors Bâtiment d'Accueil du Public

(2) Le personnel ANDRA encadrant l'exploitation est compté en "Maîtrise d'ouvrage"

C/ Les recherches sur le conditionnement des colis de déchets et sur les barrières ouvragées

L'objectif du stockage souterrain est d'isoler les déchets pour une période la plus longue possible et de faire en sorte que les éléments radioactifs qui pourraient éventuellement remonter dans la biosphère aient une activité résiduelle la plus faible possible. Le milieu géologique lui-même, comme cela vient d'être exposé dans le chapitre précédent, doit constituer la première barrière entre les déchets et la biosphère. Tous les experts estiment cependant que pour améliorer le confinement des radionucléides, il sera indispensable de prévoir deux autres barrières successives et relativement indépendantes :

- le colis tout d'abord, dont la matrice de conditionnement doit assurer l'insolubilité des radionucléides et freiner leur migration,

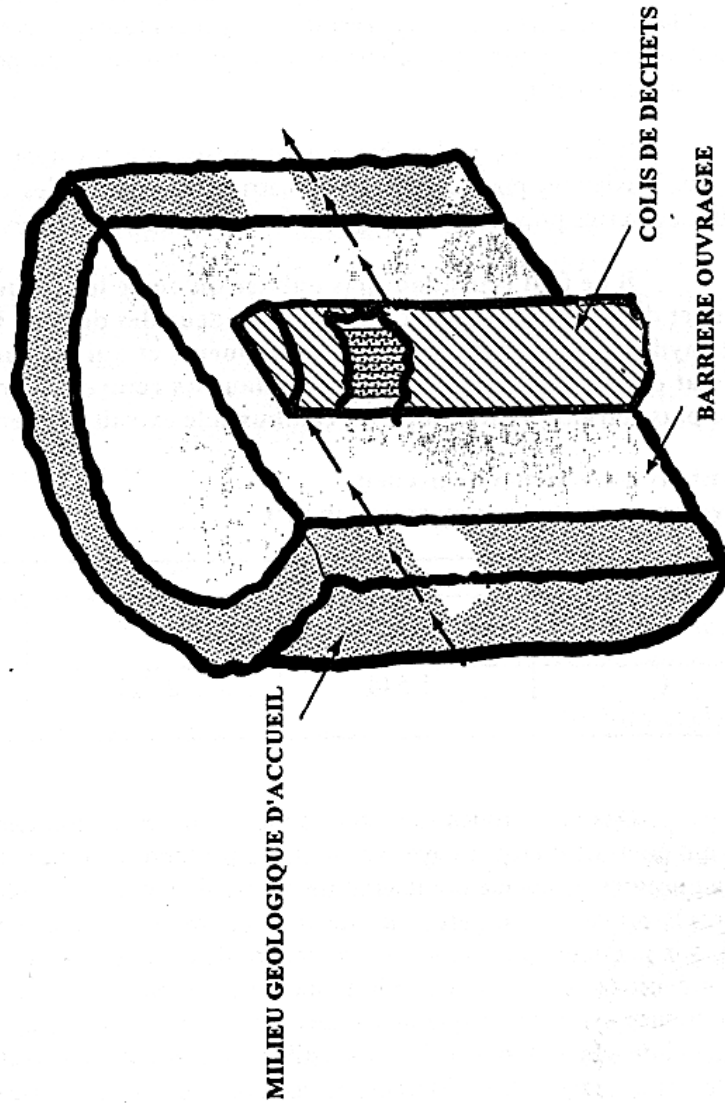
- la barrière ouvragée, qui protégera le colis et qui limitera son contact avec l'eau.

Cette conception d'une protection multibarrières a d'ailleurs été retenue par tous les pays qui conduisent des recherches sur le stockage souterrain des déchets à haute activité comme le moyen de maintenir une sécurité suffisante au cas où un des éléments du système de confinement viendrait à être défaillant.

En multipliant les moyens de protection indépendants les uns des autres et en prévoyant en quelque sorte une redondance des barrières, on espère protéger les déchets des effets de la circulation souterraine des eaux, qui risquerait d'avoir un rôle déterminant dans le processus susceptible de ramener dans la biosphère les éléments qui se seraient échappés des déchets.

PRINCIPE DE SURETE DU STOCKAGE

CONCEPT MULTIBARRIERE



a) Les colis de déchets

Si on met généralement l'accent sur le problème du choix de la formation géologique d'accueil, il ne faut pas oublier que la conception même du colis aura une importance considérable dans la sûreté de la gestion des déchets à haute activité.

La conception des colis de déchets devra en effet, dans un premier temps, les rendre aptes à l'entreposage temporaire dans les usines de retraitement ou à proximité des centrales. Elle devra également permettre de les transporter dans de bonnes conditions du site de production jusqu'au centre de stockage souterrain et de les manipuler en toute sécurité à l'intérieur même de ce centre.

Les colis constitueront ensuite la première des barrières de confinement et au fond la plus importante car ce n'est que s'il y a dégradation éventuelle des colis que les radionucléides pourront être mis en solution dans l'eau qui pourrait être présente dans le site de stockage.

Il faut donc rechercher des matériaux qui résistent à la dissolution par l'eau (ou lixiviation) pour constituer la matrice qui englobe les déchets. Les déchets vitrifiés ou verres présentent à cet égard de très bonnes propriétés de confinement.

Il ne faut cependant pas oublier qu'outre les déchets C vitrifiés, il est d'ores et déjà envisagé de stocker en profondeur des déchets B enrobés dans des liants hydrauliques ou des produits bitumineux, et que les combustibles irradiés en l'état devront eux aussi être envoyés dans les centres souterrains si on décide de ne plus retraiter l'intégralité du combustible extrait des centrales françaises.

**Prévisions des volumes de déchets
à envoyer en stockage souterrain (en m³)**

	2000	2010	2020
B	55 332	62 877	81 458 à 88 058
C (déchets vitrifiés)	1 544	2 717	4 490

Des incertitudes subsistent donc sur la répartition des différents types de colis qui pourraient être envoyés en stockage profond. Ces incertitudes tiennent d'une part au progrès technique qui devrait permettre de réduire sensiblement le volume des déchets B provenant en particulier des opérations de retraitement mais, d'autre part aussi, à la politique qui sera suivie en matière de retraitement. En effet, si on en reste aux prévisions actuelles de 850 tonnes de combustible usé retraitées sur les 1 200 tonnes extraites chaque année des réacteurs, il faudrait ajouter aux chiffres du tableau ci-dessus 350 tonnes de combustible usé à stocker en l'état et qui poseront

des problèmes techniques très différents de ceux des verres ou des enrobés bitumineux.

Le Conseil scientifique de l'ANDRA, dans une note interne du 5 octobre 1995, a d'ailleurs attiré l'attention de cet organisme sur les difficultés qui risquent de se présenter dans ce domaine : *"... il subsiste des incertitudes très importantes tant sur les quantités des différents types de déchets et les types de colis que le stockage devra accueillir... L'action connaissance de la quantité et de la nature des produits à stocker doit être poursuivie."*

L'ANDRA, sur ce sujet, ne doit pas en effet adopter une attitude passive et attendre que les producteurs de déchets lui envoient leurs colis. L'ANDRA doit être partie prenante, dès maintenant, dans la définition des caractéristiques propres à chacun des différents types de colis.

Cela est particulièrement important pour les combustibles usés à stocker en l'état, qui présenteront une très grande hétérogénéité aussi bien dans leur structure que dans leur composition. Or à l'heure actuelle, les connaissances sur le comportement à long terme des éléments de combustible usé et sur les relâchements de radionucléides par ces futurs colis sont, selon les termes mêmes du Conseil scientifique de l'ANDRA, encore fragmentaires.

Créée par la loi et dotée du statut d'établissement public, l'ANDRA n'est pas un simple prestataire de services subordonné à ses clients. Selon la loi, l'ANDRA participe à la définition des programmes de recherche et définit les spécifications de conditionnement et de stockage des déchets radioactifs. L'ANDRA doit donc continuer à jouer un rôle actif très en amont dans la conception de la gestion des déchets. La Commission nationale d'évaluation a recommandé de veiller à ce que la recherche sur les colis de déchets soit bien coordonnée. Il revient à l'ANDRA d'assurer cette coordination et d'exiger que les colis de déchets soient dès l'origine conditionnés selon les critères qui seront requis pour le stockage souterrain.

En ce qui concerne les verres, les recherches sont beaucoup plus avancées et les problèmes beaucoup mieux connus, puisque l'étude des procédés de solidification des solutions concentrées de produit de fission a commencé il y a plus de 35 ans et que la COGEMA maîtrise parfaitement cette technique sur le plan industriel. Il faut rappeler à cet égard que le verre nucléaire n'est pas un enrobage des déchets mais que des liaisons chimiques s'établissent entre les deux à l'échelle de l'atome, et qu'il n'y a pas de séparation mais un mélange intime entre le contenant et le contenu.

Malgré les résultats déjà obtenus, les chercheurs du Laboratoire DHA (Déchets à haute activité) du CEA de Marcoule, que nous avons rencontrés à plusieurs reprises, tentent d'augmenter la durabilité et la résistance à la lixiviation des verres actuels et de créer des nouveaux conditionnements vitrifiés qui pourraient

s'adapter à chacun des radionucléides si, un jour, la voie de la séparation-conditionnement devait être retenue.

Des recherches sont également entreprises sur des roches artificielles (monazites, zirconites, britholites, ...) à partir de l'expérience que l'on peut retirer des roches naturelles qui confinent depuis des milliers d'années les radionucléides du réacteur naturel d'Oklo au Gabon.

En 1995, 160 millions de francs ont été consacrés à ces recherches dans lesquelles la France a acquis une très nette avance. La mise en service prochaine, dans le laboratoire Atalante de Marcoule, d'une chaîne de cellules blindées équipées des matériels les plus modernes spécialement créés pour les études de caractérisation physique et chimique des verres devrait permettre de conforter cette avance.

Les études sur les conteneurs et sur les surconteneurs qui devraient contenir les verres et les colis de déchets B enrobés dans du bitume semblent en revanche beaucoup moins avancées. Pourtant, cette protection pourrait également constituer une barrière supplémentaire freinant la migration des radionucléides. La Suède et la Finlande travaillent actuellement à la mise au point de conteneurs qui pourraient résister aux agressions externes et internes pendant 10 000 et peut-être même 100 000 ans.

La nécessité de protéger les conteneurs par un surconteneur en cuivre ou en alliage inoxydable est un problème qui reste à trancher. Les producteurs de déchets hésitent devant le surcoût qu'entraînerait cette protection supplémentaire.

Il n'en demeure pas moins que ces surconteneurs seraient absolument indispensables si l'option du stockage réversible devait être retenue. Ne pas étudier dès maintenant les caractéristiques propres aux surconteneurs reviendrait à avouer que l'on veut faire l'impasse sur la réversibilité.

Comme on le verra dans la dernière partie de ce rapport, ces surconteneurs peuvent également jouer un rôle important dans la sûreté des transports et des entreposages temporaires.

La diversité des fonctions que pourraient potentiellement remplir les surconteneurs doit conduire à accentuer les recherches sur leur résistance à l'altération et sur leur durabilité. Bien entendu, toutes ces recherches devraient être organisées en étroite coopération avec les pays qui ont pris une très nette avance sur la France en ce domaine.

Le problème des surconteneurs destinés à protéger les colis de combustible irradié, dans l'hypothèse du stockage direct, sera étudié plus en détail dans la dernière partie de ce rapport.

Malgré toutes les expérimentations qui ont pu être réalisées en surface, l'apport des laboratoires souterrains sera certainement déterminant, l'eau étant le facteur essentiel d'altération. Il convient en effet d'avoir des données très précises sur les eaux présentes dans les formations géologiques choisies et sur leur teneur en silice.

Pour ralentir au maximum l'altération des verres, il faut effectivement :

- que le milieu d'environnement soit saturé en silice, ce qui pourrait se faire grâce à des ajouts siliceux ;

- que les colis soient stockés à une température inférieure à 100°C compte tenu de la chaleur dégagée par les colis eux-mêmes ;

- et que le pH des eaux soit compris entre 6 et 9.

Cet ensemble de paramètres ne peut valablement être vérifié qu'in situ, dans le cadre d'un laboratoire souterrain.

La loi du 30 décembre 1991 n'autorisant l'utilisation de sources radioactives dans les laboratoires souterrains que "*temporairement*", une réflexion est actuellement conduite pour savoir s'il ne conviendrait pas de réaliser en surface une maquette en grandeur réelle, pour étudier les effets de l'irradiation sur les colis, sur leurs enveloppes et sur la roche elle-même. Ces recherches essentielles, puisqu'elles conditionnent la tenue à long terme des matériaux employés, n'en seront pas moins très difficiles à mener. Il est en effet pratiquement impossible de recréer artificiellement, et en un temps très court, les conditions qui détermineront le comportement des matériaux soumis à irradiation pendant des siècles. Pour accélérer le phénomène, il est effectivement possible d'augmenter considérablement le débit de dose mais il peut alors y avoir des phénomènes de dégradation radicalement différents tenant à l'intensité même de la source. Des doses identiques d'irradiation administrées en quelques mois ou en quelques siècles ne produiront certainement pas les mêmes effets et les extrapolations n'auront, dès lors, qu'une fiabilité toute relative.

Une des grandes difficultés des études sur le comportement des colis et des barrières sera en quelque sorte de "contracter le temps" et de démontrer que des expérimentations sur des temps courts permettent d'obtenir des modèles suffisamment précis pour comprendre ce qui se passera sur des temps longs, que ce soit en matière d'irradiation, de circulation des eaux ou de chimie des transferts d'éléments.

Assez curieusement, c'est l'archéologie qui peut apporter les éléments de réponse les plus intéressants grâce à l'étude de l'altération des verres archéologiques même si ceux-ci sont, de par leur composition, très éloignés des mélanges utilisés pour les matrices de déchets à haute activité.

b) Les barrières ouvragées

Entre le colis de déchets tel qu'il vient d'être défini et la roche d'accueil, il est prévu, en fonction des critères de conception du système multibarrières, d'interposer un niveau supplémentaire de confinement : les barrières ouvragées.

Deux fonctions sont dévolues à ces barrières ouvragées :

- protéger le colis des atteintes extérieures et en particulier de l'eau,
- limiter le flux des radionucléides qui pourraient migrer vers la formation géologique.

Les barrières ouvragées ne seront par conséquent véritablement utiles qu'en cas de défaillance éventuelle des constituantes du colis (matrice, conteneurs, surconteneurs). Leur durée de vie devrait donc, en principe, être supérieure à celle du colis lui-même.

Outre ces deux fonctions principales, les barrières ouvragées devraient également permettre :

- d'évacuer la chaleur des colis calorigènes,
- de résister aux contraintes que pourrait exercer le milieu géologique,
- d'évacuer les gaz qui seraient éventuellement produits,
- et enfin de garantir la compatibilité chimique avec le milieu géologique.

Actuellement, des études ont été entreprises sur les modalités de transfert des radionucléides à travers les différents matériaux prévus pour la construction des barrières ouvragées. Les propriétés physico-chimiques, et en particulier le degré de solubilité, des radionucléides sont en effet encore mal connues, ces questions n'intéressant en fait qu'assez peu jusqu'ici les responsables du nucléaire. Un des objectifs de l'ANDRA est donc de constituer une base de données cohérente sur les produits de fission et les actinides, permettant de se faire une idée plus précise du temps de transfert de ces éléments à travers la barrière ouvragée puis de les comparer avec leur durée de vie.

Une barrière ouvragée efficace devrait permettre d'obtenir un haut niveau de sûreté des ouvrages de stockage puisque les radionucléides ne pourront commencer à migrer vers la biosphère que quand ils auront atteint la formation géologique d'accueil.

Reste à déterminer les matériaux qui pourront être utilisés pour constituer ces barrières ouvragées. Ils devront tout d'abord avoir une très faible perméabilité à l'eau mais ils devront aussi présenter une certaine plasticité pour assurer un

remplissage optimum des vides et avoir un contact étroit d'un côté avec le colis et de l'autre avec la formation géologique. La forme des colis et la configuration de la roche constituant des données difficilement modifiables, ce sera donc à la barrière ouvragée de s'adapter aux différentes contraintes qui se présenteront.

Comme les matériaux utilisés pour ces barrières devront avoir une stabilité dans le temps aussi longue que possible, il paraît exclu d'avoir recours à de nouvelles technologies sur lesquelles on ne possède pas un recul suffisant. Tous les experts estiment donc qu'il faudra choisir des matériaux qui seront à la fois naturels, simples et très largement disponibles pendant plusieurs dizaines d'années.

Internationalement, un consensus semble se dégager sur :

- des matériaux à base d'argiles gonflantes (bentonite par exemple),
- ou sur des matériaux à base de liants hydrauliques.

**CARACTERISTIQUES GENERALES DES STOCKAGES DE DECHETS RADIOACTIFS DE TYPE C
ENVISAGES A L'ETRANGER**

PAYS	ROCHE d'ACCUEIL/ PROFONDEUR	ALVEOLE de STOCKAGE	TYPE de DECHETS C	CONTENEUR (SURCONTENEUR)	BARRIERES OUVRAGEES
BELGIQUE (ONDRAF)	ARGILE 190 - 280 m	Galerie	Verre	Acier inoxydable	BENTONITE*
CANADA (AECL)	GRANITE 500 - 1 000 m	Puits	Combustible irradié	Alliage titane	BENTONITE/ SABLE
FINLANDE (VJT)	GRANITE 500 m	Puits	Combustible irradié	Alliage cuivre + Acier doux	BENTONITE*
ALLEMAGNE (BMU/Bfs)	SEL 840 m	Puits	Verre	Acier doux	SEL
JAPON (PNC)	GRANITE 1 000 m	Galerie	+ Combustible irradié	+ Acier inoxydable	BENTONITE*
ESPAGNE (ENRESA)	GRANITE (Sel, Argile)	Galerie	Verre	Acier doux	BENTONITE*
SUEDE (SKB)	GRANITE 500 m	Puits	Combustible irradié	Acier carbonate ou Alliage titane	BENTONITE*
SUISSE (NAGRA)	GRANITE (Argile) 500 m	Galerie	Combustible irradié	Alliage cuivre + Acier doux	BENTONITE*
USA (DOE)	TUFF 400 m	Puits	Verre	Acier	BENTONITE*
			Combustible irradié	Acier inoxydable + Acier doux	

* Compactée

Toutefois, une fois encore, l'étude des composants de la barrière ouvragée ne pourra véritablement se faire qu'in situ dans les laboratoires car, comme le notait très justement la Commission nationale d'évaluation : *"L'intégrité des barrières ouvragées est très intimement liée aux caractéristiques chimiques des eaux qui viendront à leur contact [...] dès la création des laboratoires souterrains, un effort important devra être fait sur le suivi de l'évolution de la chimie des eaux et sur les expériences de mise en contact avec les barrières ouvragées et les colis de déchets."*

Il ne servirait à rien de définir in abstracto une solution idéale si, dans le contexte du stockage, elle devait se révéler inadaptée. Il faut donc une fois encore réaffirmer que le laboratoire souterrain constitue une étape absolument indispensable dans le processus de recherche de solutions durables de stockage des déchets à haute activité.

* *

*

Ce bref et certainement très incomplet survol de la recherche dans le domaine de la gestion des déchets nucléaires à haute activité appelle un certain nombre de remarques.

On constate tout d'abord, n'en déplaise à un certain nombre de juristes aussi pointilleux qu'irréalistes, que le vote de la loi de 1991 était parfaitement justifié. Le législateur, en apportant de façon solennelle des garanties incontestables, a permis une reprise sereine du débat, qui se déroule depuis dans des conditions qui suscitent la surprise et même l'admiration de nombre de nos partenaires étrangers.

Le fait que l'on puisse désormais examiner de façon positive et réfléchie les différentes options possibles en matière de traitement des déchets constitue un progrès considérable, qui paraissait totalement hors de portée en 1989 quand j'ai commencé à m'intéresser à ce dossier. Des débats comme ceux qui sont organisés régulièrement par l'Instance locale de concertation et d'information de la Meuse montrent qu'il est désormais possible en France de discuter de questions particulièrement délicates et controversées en évitant d'en arriver aux insultes et aux menaces.

Il reste bien entendu des opposants irréductibles, soit pour des raisons purement locales, soit pour des prises de position globales sur l'énergie nucléaire, qui refusent toute discussion mais l'écho de leurs protestations reste très faible. **Quelle que soit l'opinion qu'elle puisse avoir sur l'énergie nucléaire,**

toute personne sensée comprend bien qu'il faudra trouver une solution raisonnable pour traiter un problème qui existe et sur lequel on ne peut pas revenir. Les pressions qu'exercent les opposants ne sont toutefois pas inutiles, elles obligent les responsables à faire toujours mieux et à envisager toutes les hypothèses, et même celles que les scientifiques n'auraient pas spontanément prises en compte.

En fixant un cadre précis à la recherche, la loi de 1991 a également permis de revitaliser certains domaines d'étude qui, comme la transmutation, risquaient d'être peu à peu abandonnés. Elle a également limité la dérive qui apparaît déjà dans certains pays : la recherche pour la recherche. Ce n'est pas en effet parce que les crédits sont dans ce domaine alloués assez généreusement qu'il faut les gaspiller dans des études inutiles entreprises pour le seul plaisir des écologistes ou des chercheurs eux-mêmes.

Si, dans l'état actuel des connaissances, la séparation-transmutation ne paraît pas constituer une solution en elle-même suffisante pour assurer une élimination totale des déchets, il n'en demeure pas moins que cette voie de recherche doit être poursuivie et encouragée car elle devrait permettre de mieux faire concorder la durée d'activité des déchets avec les performances attendues pour les centres de stockage.

D'autre part, nous n'en sommes aujourd'hui qu'au tout début de l'acquisition des connaissances dans ce domaine. Vu les progrès déjà enregistrés, il est tout à fait possible que les positions actuelles quelque peu pessimistes des experts seront un jour battues en brèche par les avancées de la science. Fort prudemment, la loi de 1991 a d'ailleurs prévu que les études devront aussi porter sur le stockage réversible. Si cette solution devait être adoptée, il serait donc possible de récupérer, tout du moins pendant toute la durée de fonctionnement des centres de stockage, les colis de déchets déjà entreposés pour les traiter à partir du moment où ce traitement serait devenu techniquement possible.

Réunis en 1995 par l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE ⁽¹⁷⁾, 47 experts ont estimé que le stockage géologique était inéluctable mais qu'en revanche, *"l'évacuation dans les formations géologiques profondes ne doit pas nécessairement être considérée comme un processus totalement irréversible interdisant tout changement ultérieur de politique"*.

S'il existe aujourd'hui un consensus quasi général sur la nécessité et sur les modalités du stockage souterrain comme le montre le tableau de la page 59, la France est un des rares pays à avoir mis l'accent sur l'importance déterminante des laboratoires "in situ". De nombreux laboratoires souterrains fonctionnent déjà dans plusieurs pays (Allemagne, Belgique, Suisse, ...) mais ils sont en quelque sorte déconnectés des conditions réelles dans lesquelles pourrait s'effectuer le stockage.

¹⁷ Fondements environnementaux et éthiques de l'évacuation géologique, AEN, déjà cité

Les laboratoires prévus par la loi de 1991 et qui sont en train de se mettre en place seront tout au contraire situés dans des formations géologiques qui pourront devenir des roches d'accueil pour un futur centre de stockage.

Ce n'est en effet qu'après une étude précise des conditions réelles de comportement des formations géologiques que le Parlement décidera si le site d'un des laboratoires pourra, le cas échéant, accueillir un centre de stockage. Cette progressivité dans la démarche constitue une garantie essentielle pour s'assurer de la faisabilité et surtout de la sûreté des installations de stockage. Les Etats-Unis, qui ont voulu sauter cette étape du laboratoire "in situ" et passer immédiatement à la réalisation du centre souterrain de stockage, se heurtent à des difficultés telles qu'on peut se demander si le projet de Yucca Mountain verra en définitive le jour.

Bien entendu, la réalisation puis le fonctionnement des laboratoires aura un coût surtout si, comme je le souhaite, on devait en arriver à la construction de trois installations. Toutefois ce coût, comparé aux investissements du reste du cycle du nucléaire et aux enjeux en cause, ne représentera pas une charge insurmontable.

Le principal aujourd'hui, comme l'a souligné la Commission nationale d'évaluation, c'est que le calendrier, déjà très tendu, soit respecté.

L'absence de décision rapide des pouvoirs publics sur l'ouverture des laboratoires pourrait conduire à une remise en cause de tout un processus que nous avons eu beaucoup de mal à mettre en place et à faire accepter par les populations concernées. Rien ne serait plus démobilisateur en effet, aussi bien pour les responsables des projets que pour les régions engagées dans ces projets, qu'une hésitation des responsables de l'Etat d'autant plus, il faut toujours le rappeler, qu'il s'agit là de décisions qui ne portent que sur des recherches et qu'il n'y a pour le moment aucun choix définitif à opérer. Ce n'est qu'en 2006, au plus tard, que la décision d'arrêt ou de poursuite du processus devra être prise, raison de plus pour ne pas marquer d'hésitation pendant toute la période préparatoire uniquement consacrée à la recherche et à l'acquisition de connaissances.

II - LES INCERTITUDES SUR LA QUANTITE DE COMBUSTIBLE A RETRAITER RISQUENT TOUTEFOIS DE REMETTRE EN QUESTION UNE PARTIE DU DISPOSITIF PREVU PAR LA LOI

La loi du 30 décembre 1991 a donné un cadre précis à la recherche sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité.

Longuement préparée, notamment par l'étude réalisée dans le cadre de l'Office, cette loi a été bien accueillie dans tous les milieux, y compris chez un grand nombre de défenseurs de l'environnement.

Elle a également suscité un grand intérêt à l'étranger, où votre rapporteur a été à de multiples reprises sollicité pour en faire la présentation.

L'intervention du législateur était nécessaire, mais en était-elle pour autant définitive ?

Nous ne sommes plus à l'époque du Code civil où l'on espérait légiférer pour l'éternité. La rapidité du progrès scientifique et technique est tel que des pans entiers de notre appareil législatif deviennent rapidement obsolètes et doivent être adaptés et complétés.

Les avancées de la science et de la technique, mais aussi les bouleversements que connaissent nos économies, font sans cesse naître de nouveaux problèmes qu'il était impossible de prévoir quelques années auparavant.

En 1990 et en 1991, quand la loi sur la gestion des déchets nucléaires a été préparée, nous avons tenu compte des données et des prévisions fournies par les principaux partenaires intéressés. Quatre ou cinq ans après, il semblerait déjà que quelques-uns des axes essentiels sur lesquels s'appuyait la loi ne sont plus aussi clairement définis, bien que l'on reste la plupart du temps dans un certain flou et dans le domaine du non-dit.

Ainsi toute la loi de 1991 reposait sur l'hypothèse, que personne ne contredisait alors, que l'intégralité du combustible irradié sortant des centrales françaises serait inéluctablement retraitée.

Peu à peu des conversations privées, puis des allusions dans certaines publications ou dans des congrès, ont laissé penser que la position d'EDF changeait et qu'il était désormais admis qu'une partie du combustible irradié ne serait pas, tout du moins immédiatement, retraitée et qu'il faudrait envisager que le bouclage du cycle du combustible qu'on nous avait tant vanté ne serait peut-être plus aussi "bouclé" qu'on avait bien voulu le dire quelques années avant.

Quelle peut être la position d'un rapporteur de l'Office dans de telles circonstances ?

Faire comme si tout ce qui avait été prévu dans la loi demeurait intangible quitte un jour à avoir un réveil douloureux face aux réalités, ou prendre en compte immédiatement les évolutions quitte cette fois à contredire ce qu'il avait annoncé quelques années auparavant, tel est le dilemme qui nous est aujourd'hui posé.

L'évaluation des choix scientifiques et technologiques, le "technology assessment" des anglophones, que l'Office est chargé d'assurer pour le compte du Parlement, nous impose de rendre compte de toutes évolutions constatées, que leurs conséquences soient positives ou négatives.

Dans le cas présent, il est toutefois permis de se demander si le malaise ne vient pas de la trop grande importance attachée à la recherche des solutions techniques pour ce qui n'est en fait essentiellement qu'un problème économique et politique.

1°) Le retraitement facilite la gestion des déchets nucléaires à haute activité

Dès le début d'une plaquette publiée en 1991, la COGEMA, à la question : "Pourquoi retraiter ?", répondait : *"Sous l'angle de la bonne gestion des combustibles usés, le retraitement est actuellement la seule solution opérationnelle qui, pour l'ensemble des instances de sûreté internationales, garantit la sécurité du stockage des déchets."*

Ainsi mis en exergue, l'objectif de sécurité de la gestion des déchets paraît primordial et semble justifier à lui seul le choix du retraitement. Il ne faut cependant pas oublier que cette explication est relativement récente et que les premiers chercheurs et techniciens qui ont imaginé le recyclage du combustible nucléaire avaient bien d'autres idées en tête.

A partir de l'uranium utilisé comme combustible nucléaire, il se forme dans le cœur des réacteurs un certain nombre d'éléments nouveaux, ce qui fait que le combustible usé est alors composé :

- de l'uranium résiduel appauvri en uranium 235 par rapport au combustible neuf ;
- de plutonium ;
- des actinides dits mineurs (neptunium, américium, curium, ...) ;
- des produits de fission (lanthanides, zirconium, césium, ...).

Ainsi, une tonne d'uranium ⁽¹⁸⁾ donnera après irradiation :

- 955 kg d'uranium,
- 10 kg de plutonium,
- 1 kg d'actinides mineurs,
- 34 kg de produits de fission.

Retraiter le combustible usé va donc consister à séparer l'uranium et le plutonium qui pourraient être réutilisés, des autres éléments qui seront alors considérés comme des déchets et qui devront être traités en tant que tels.

A l'origine, le retraitement avait été créé dans un but purement militaire. Il s'agissait de disposer de quantités suffisantes de plutonium pour construire des armes nucléaires.

Cette priorité donnée aux objectifs militaires explique très largement le peu de cas que les Etats-Unis ont fait dans les années 1950 des impératifs de sûreté et de protection de l'environnement, d'où le gigantesque programme actuel ("Clean up") pour tenter de réparer les dégâts occasionnés par les techniques de retraitement des déchets du nucléaire.

Cette technologie militaire a, dans les années 1970, été transposée au traitement des combustibles civils car on pensait alors que le développement rapide des programmes nucléaires allait entraîner une hausse des cours du minerai d'uranium et même peut-être une certaine pénurie.

Il devenait dès lors tout à fait justifié de récupérer les 97 % d'éléments qui composent le combustible irradié et qui peuvent être réutilisés pour produire de l'énergie, d'autant que le développement prévu des réacteurs à neutrons rapides allait également permettre d'utiliser des quantités croissantes de plutonium.

L'extension en secteur civil de la technique du retraitement n'a pas au début soulevé de critiques particulières malgré tous les incidents et accidents, à Windscale au Royaume-Uni par exemple, qui ont émaillé le passage du retraitement au stade industriel.

Il s'agit, en effet, d'une technique longue, coûteuse et qui présente des risques évidents en raison de l'intense radioactivité que dégagent les combustibles irradiés.

Le procédé PUREX actuellement utilisé comporte par exemple six groupes principaux d'opérations qu'il faut toutes conduire à l'abri des radiations et en évitant tout rejet de radioactivité à l'extérieur :

- tout d'abord le cisailage des éléments pour séparer le combustible des pièces métalliques qui l'entourent ;
- la dissolution du combustible dans de l'acide nitrique ;

¹⁸ Oxyde d'uranium enrichi à 3,5 % en isotopes 235 irradié à 33 000 mégawatts/jour par tonne après refroidissement de trois ans

- la séparation des produits solides non dissous ;
- la séparation par extraction liquide de l'uranium et du plutonium d'avec les produits de fission et des actinides ;
- la purification de l'uranium et du plutonium ;
- la conversion du plutonium en solution en dioxyde solide.

A la fin des opérations de retraitement proprement dites, il faut encore conditionner sous forme de "verres" les déchets à haute activité constitués par les actinides et les produits de fission et enrober dans du bitume les boues de moyenne activité.

Même si la technique du retraitement est aujourd'hui bien au point, il ne faut pas oublier que ces opérations ne sont pas sans conséquences sur la protection des travailleurs et de l'environnement.

Grâce aux efforts de la COGEMA, les deux usines de La Hague UP2 et UP3 ont considérablement réduit leurs rejets d'effluents liquides et gazeux, mais des exemples fâcheux comme celui qui a conduit à l'abandon de l'usine de Windscale viennent rappeler qu'il s'agit d'un processus industriel particulièrement complexe qui ne peut se faire que dans un respect absolu des normes et des réglementations.

Comme toutes les installations nucléaires, l'établissement de la COGEMA à La Hague procède à de nombreuses mesures de la radioactivité sur terre, en mer et dans l'atmosphère afin de pouvoir déceler d'éventuels dépassements des normes réglementaires de rejet.

Toutes ces mesures font l'objet d'une synthèse mensuelle largement diffusée auprès du public, des élus et des médias.

Jusqu'ici, les rejets de radioactivité sont restés très en deçà des limites réglementaires et des innovations techniques permettant d'espérer qu'ils continuent à diminuer. Dans leur future usine de retraitement, les Japonais espèrent d'ailleurs arriver à des rejets voisins de zéro.

Toutefois, malgré tous les progrès enregistrés par cette industrie, certains pays comme les Etats-Unis ou la Suède ont décidé de ne plus retraiter leur combustible usé et de le garder en l'état.

La valorisation des éléments énergétiques encore contenus dans le combustible irradié, qui semble pourtant une solution de bon sens, n'est plus pour ces pays un impératif en raison des profonds bouleversements survenus sur le marché de l'uranium lors de ces dernières années et des risques que pourrait entraîner une trop grande production de plutonium.

En effet, dans le courant des années 1980, il est apparu que les prévisions sur les réserves d'uranium, et par voie de conséquence sur les cours de ce minerai, étaient très largement erronées et qu'il n'y avait, dans un avenir prévisible, aucun risque de pénurie à redouter.

La justification première du retraitement ayant ainsi disparu, de plus en plus de responsables ont commencé à se poser des questions sur l'intérêt de cette technique.

A ces raisons purement économiques sont venues s'ajouter des considérations politiques sur les risques de prolifération des armes nucléaires que pourrait faciliter une production massive de plutonium.

Ainsi désormais, les Etats-Unis, du fait du moratoire qui frappe sa production, ne disposent plus que de la quantité de plutonium (150 tonnes environ) strictement nécessaire aux besoins militaires, le plutonium "civil" restant en quelque sorte stocké dans le combustible non traité.

D'ailleurs, dans tous les pays qui ont signé le Traité de non-prolifération, le plutonium provenant des réacteurs électronucléaires ne peut plus être utilisé pour la fabrication d'armements.

Peu à peu, les campagnes des associations de pacifistes et d'écologistes ont en quelque sorte "diabolisé" le plutonium et par voie de conséquence le retraitement qui permet de le produire.

Indépendamment de toutes les considérations économiques et politiques qui entourent ce domaine, il ne faut cependant pas oublier que le retraitement peut aussi jouer un rôle essentiel dans la gestion des déchets à haute activité.

Déjà en 1982, la Commission du Conseil supérieur de la sûreté nucléaire, dite "Commission CASTAING", avait très largement insisté sur la double justification du retraitement, qui constitue en même temps :

- un moyen de récupérer de l'énergie ;
- mais aussi une solution pour séparer les produits de fission et les actinides et faciliter ainsi la gestion de l'aval du cycle du combustible militaire.

Même si les motivations premières qui avaient conduit à opter pour la voie du retraitement ne sont plus aujourd'hui aussi évidentes, le seul fait que cette technique puisse aider à gérer et à stocker les déchets à haute activité doit nous conduire à examiner avec beaucoup d'attention les arguments en faveur des solutions alternatives.

Si on s'en tient au seul problème de la gestion et du stockage des déchets à haute activité, il est indéniable que le retraitement, malgré son coût et certains des inconvénients qui viennent d'être examinés, présente des avantages considérables qui pourraient eux aussi justifier le recours à cette technique.

Le retraitement apparaît en effet comme le meilleur moyen d'arriver à un tri et à un confinement sûr et relativement peu volumineux des déchets, objectifs que tous les responsables de l'aval du cycle du combustible nucléaire se doivent de rechercher et d'atteindre.

A/ Le retraitement facilite la gestion des déchets en réduisant le volume des déchets à stocker

Le stockage en couches géologiques profondes est une des solutions envisagées pour se débarrasser définitivement des déchets les plus radioactifs.

Comme les centres souterrains de stockage ne seront pas, contrairement à ce que soutiennent certains opposants, des poubelles mais bien au contraire des installations très sophistiquées, le coût du stockage sera, à l'évidence, très élevé. La réduction du volume des déchets deviendra donc un impératif et ne devront être

descendus dans ces stockages souterrains que des déchets ultimes sous une forme aussi concentrée que possible.

L'OCDE estime que les pays membres de cette organisation produiront, d'ici l'an 2000, 150 000 tonnes de combustible irradié, volume qui dépasserait, si ce combustible était stocké en l'état, très largement les capacités des centres qui sont actuellement en projet.

Selon la solution retenue, retraitement ou stockage direct, pour chaque tonne de combustible usé sortant d'un réacteur, on aura soit 30 kg, soit 1 000 kg de déchets à stocker ; une telle différence entre les volumes à traiter mérite que l'on s'arrête quelque peu sur les avantages et les inconvénients des deux orientations possibles de la fin du cycle du combustible nucléaire.

L'exemple des Etats-Unis illustre bien le dilemme auquel sont confrontés les responsables de l'énergie nucléaire. Les centrales électronucléaires de ce pays ont en effet d'ores et déjà accumulé 24 000 tonnes de combustible irradié qui restent stockées à proximité immédiate de ces centrales. Comme ce stock s'accroît de 2 000 tonnes par an, il devrait atteindre 60 000 tonnes en 2010 et 80 000 tonnes en 2020.

Or le centre de stockage souterrain de Yucca Mountain dans le Nevada n'a été prévu que pour 80 000 tonnes de combustible irradié.

Comme les travaux que votre rapporteur a visités en juin 1994 ne font que commencer et qu'ils peuvent à tout moment être interrompus par de nouveaux recours en justice, cet unique centre américain de stockage souterrain risque fortement d'être saturé dès sa mise en service !

Par ailleurs, les centrales qui, faute de mieux, continuent à entreposer le combustible usé dans leur enceinte commencent à connaître de graves problèmes d'encombrement.

Les Etats-Unis comptent actuellement 100 réacteurs en fonctionnement et les experts estiment que d'ici quatre ans, 23 d'entre eux auront totalement épuisé leurs capacités d'entreposage en piscine ou à sec et que d'ici 2010, date la plus optimiste pour l'ouverture de Yucca Mountain, 73 autres seront également arrivés à saturation.

Comme les différents lobbies antinucléaires continuent avec efficacité à paralyser toutes les tentatives pour accroître les capacités d'entreposage des centrales en multipliant les manoeuvres dilatoires et les recours en justice, les Etats-Unis s'acheminent progressivement vers la paralysie de tout le secteur électronucléaire.

Conscientes de ce risque, les autorités américaines et le Congrès ont demandé au Département de l'énergie (DOE) de créer des installations d'entreposage intérimaire en surface : les Monitored Retrievable Storages (MRS).

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, les oppositions et les manoeuvres des associations antinucléaires ainsi que de tous les multiples partisans du NIMBY⁽¹⁹⁾ ont jusqu'ici empêché toutes les implantations de ces centres d'entreposage en surface.

¹⁹ Not in my backyard : pas dans mon jardin

Deux "wastes negociators" ont été successivement nommés par le président américain pour tenter de débloquer la situation et pour essayer de trouver un accord avec les autorités locales concernées.

Malgré les moyens importants qui leur ont été accordés, ces deux médiateurs, que nous avons rencontrés à plusieurs reprises, n'ont jamais pu arriver à surmonter les réticences des populations, les seuls contacts sérieux qu'ils ont pu avoir l'ont été avec des tribus indiennes, mais n'ont finalement toujours pas abouti.

Le DOE, qui dispose d'un fonds de 8 milliards de dollars destinés au stockage des déchets, en a déjà dépensé plus de 3 pratiquement en pure perte.

Lors de la Conférence mondiale sur les déchets nucléaires de Las Vegas, en juin 1994, le bruit courait avec insistance qu'un MRS serait finalement implanté à proximité du site de Yucca Mountain sur un terrain fédéral ; les autorités du Nevada n'ont cependant pas caché, lors de cette conférence, leur hostilité et leur détermination à faire capoter ce projet.

Le Nuclear Waste Policy Act de 1982, le texte fondamental sur les déchets nucléaires, ayant prévu que le DOE devait, à partir de 1998, s'engager à débarrasser les producteurs d'électricité de leur combustible usé moyennant une redevance de 1 million de dollars par kWh vendu, ce qui constitue d'ailleurs un véritable cadeau aux sociétés propriétaires de centrales, on voit mal comment le DOE va pouvoir s'acquitter de ses obligations légales.

La National Academy, dans un rapport approuvé par le National Research Council, avait attiré l'attention des autorités sur le fait que le retraitement aurait permis de transformer les 30 tonnes de combustible irradié produites chaque année par chacun des réacteurs de 1 000 Mégawatts en un volume de déchets vitrifiés de 4 à 11 m³, ce qui serait alors conforme aux capacités de stockage prévues. On aurait donc pu penser que le débat sur l'opportunité du retraitement allait être réouvert. Les craintes de prolifération nucléaire de l'administration démocrate, se conjuguant avec l'intérêt à court terme des exploitants de centrales, font que l'hypothèse d'une révision de l'option du stockage direct n'était jusqu'ici ni envisagée, ni même sérieusement étudiée. De nombreux experts américains pensent que le retraitement différé, qui n'est en fait qu'une absence de choix, et le stockage direct ne sont pas des solutions à long terme, mais que le retour au retraitement ne se fera pas avant de longues années et certainement pas avant que le problème du plutonium issu du démantèlement des armes nucléaires ne soit résolu.

Toutefois, les contacts récents que nous avons pu établir avec certains sénateurs influents du Parti républicain, soit lors de leur visite en France des installations de La Hague, soit lors d'une rencontre en octobre 1995 à Washington, peuvent laisser présager un éventuel retournement de situation. L'intérêt pour le retraitement est désormais manifeste mais même si la décision de retraiter devait être prise, il resterait encore à lever tous les obstacles politiques, économiques, mais surtout juridiques, qui ne manqueraient pas de se dresser contre une telle décision.

Pour les Suédois, en revanche, la situation se présente très différemment si tant est que la politique actuelle soit maintenue, ce dont doutent de nombreux responsables suédois, en particulier dans les milieux économiques.

A partir du moment où, par référendum, il a été décidé d'arrêter totalement l'exploitation des centrales électronucléaires en 2010, les volumes de déchets qui devront être stockés définitivement restent relativement modestes et peuvent ainsi justifier le refus du retraitement qui a été adopté par ce pays.

On comprend dès lors que la société suédoise du combustible (SKB) ait revendu à d'autres pays les contrats qu'elle avait passés avec la COGEMA.

La politique suédoise de l'aval du cycle paraît plus logique que celle des Etats-Unis à condition bien entendu que la production d'électricité nucléaire ne soit pas poursuivie au delà de 2010, auquel cas les capacités de stockage du centre souterrain qui est actuellement à l'étude se retrouveraient certainement insuffisantes.

Selon les responsables suédois que nous avons rencontrés en 1990 lors de la préparation du premier rapport de l'Office, la décision de ne pas retraiter le combustible usé, conjuguée avec l'annonce de l'arrêt programmé de la production électronucléaire, devrait faciliter l'acceptation par la population du stockage dans la couche de granite.

Le résultat négatif du référendum local sur l'implantation d'un centre de stockage souterrain montre que les autorités suédoises avaient peut-être sous-estimé les oppositions à leur projet.

B/ Le retraitement facilite la gestion des déchets en permettant l'extraction du plutonium, principal facteur de radiotoxicité

Comme cela a été exposé précédemment, un peu partout dans le monde, des équipes de chercheurs travaillent à la mise au point de techniques destinées à réduire la durée de vie et l'activité des actinides et des produits de fission contenus dans les déchets.

Il ne faudrait cependant pas oublier que le plutonium est aussi un des éléments les plus toxiques du combustible irradié.

La plupart des isotopes ⁽²⁰⁾ du plutonium sont essentiellement des émetteurs de rayonnement alpha, donc très faiblement pénétrants dans l'air puisqu'ils peuvent être arrêtés par une feuille de papier et que leur manipulation se fait dans une simple boîte à gants.

Toutefois, d'autres isotopes sont différents. Le plutonium 241, par exemple, est un émetteur bêta et surtout donne naissance par décroissance naturelle à de l'américium 241 qui, lui, émet des rayonnements gamma très pénétrants, qui ne peuvent être arrêtés que par une forte épaisseur de béton ou de plomb.

Les périodes ⁽²¹⁾ de ces différents isotopes sont très variables puisqu'elles peuvent aller de 2,85 ans à 379 000 ans pour le plutonium 242.

Le plutonium est surtout dangereux en cas de contamination interne à la suite d'inhalation, d'ingestion d'aliments contaminés ou de pénétration par la peau ou par des blessures. Dans ce cas, le plutonium se concentre dans quelques organes du corps humain particulièrement radiosensibles et peut entraîner la formation de tumeurs. Comme tous les métaux lourds, le plutonium présente également une très forte toxicité chimique et cela pour des doses extrêmement faibles, de l'ordre du microgramme, au niveau des cellules sensibles.

²⁰ Isotopes : éléments chimiques ayant le même nombre de protons et d'électrons mais un nombre différent de neutrons

²¹ Période : intervalle de temps au bout duquel la moitié des atomes ont été spontanément transformés. Appelée aussi demi-vie.

Pour certains experts, le problème principal dans la gestion des déchets à haute activité est donc d'éliminer le plutonium. Avant d'entreprendre des opérations longues, coûteuses et compliquées pour transmuter les actinides, il conviendrait selon eux de s'assurer que tout a été fait pour extraire le maximum de plutonium en accord avec le principe ALARA (as low as reasonably achievable : aussi bas que cela est raisonnablement possible).

On estime en effet généralement que pendant la première période, qui va jusqu'à 10 000 ans environ, les verres assureront un confinement suffisant pour assurer la sûreté des centres de stockage souterrains. En revanche, pour la seconde période, de 10 000 à 100 000 ans, la gestion du plutonium devient le problème central. Ce n'est qu'au delà de 100 000 ans que l'américium et le neptunium deviennent le principal sujet de préoccupation.

Il est donc peut-être quelque peu paradoxal de concentrer tous les efforts de la recherche sur la séparation du neptunium et de l'américium alors que le recyclage intégral du plutonium n'est pas encore réalisé au niveau industriel.

L'usine UP2 de La Hague extrait en effet le plutonium à 99 % et l'usine UP3, qui fait appel aux technologies les plus avancées, obtient un taux de récupération de 99,88 %.

Toutefois, selon la COGEMA, la récupération totale du plutonium est d'ores et déjà techniquement possible, les seuls obstacles à sa mise en oeuvre étant d'ordre économique et financier.

D'ailleurs, si les chercheurs semblent concentrer l'essentiel de leurs travaux sur la séparation du neptunium et de l'américium, c'est avant tout parce que l'extraction du plutonium ne présente plus guère d'intérêt scientifique.

Le plutonium représentant, à 10 000 ans, 97 % de la radioactivité contenue dans le combustible irradié, il va de soi que toute stratégie de diminution de la radiotoxicité des déchets n'a de sens que si elle s'inscrit dans un processus de cycle fermé où le plutonium est intégralement recyclé.

On voit mal dès lors comment un pays pourrait valablement poursuivre des recherches sur la transmutation et l'incinération des actinides sans disposer, en amont, d'une industrie performante du retraitement.

Les organisations antinucléaires américaines s'emploient d'ailleurs activement pour faire supprimer tous les crédits de recherche sur la transmutation des actinides et sur le développement du réacteur expérimental à neutrons rapides ER II, car elles ont très bien compris que ces recherches n'avaient de sens que si elles étaient précédées par une relance des activités de retraitement.

La position des écologistes américains a au moins le mérite de la logique. On ne saurait en dire autant de ceux qui, en France, préconisent de substituer la transmutation et le brûlage des actinides à leur enfouissement tout en s'opposant, dans le même temps, à la poursuite des activités de retraitement.

Les acquis provenant de l'exploitation des usines de retraitement, tant sur le plan de la chimie, du génie climatique que sur celui des appareillages nécessaires à l'extraction des différents éléments, serviront à développer et surtout ensuite à porter au stade industriel des opérations très complexes qui ne sont, pour le moment, que partiellement réalisables en laboratoires.

Lors d'une réunion organisée à Ispra par l'OCDE sur la transmutation des actinides, les responsables de l'Oak Ridge National Laboratory ont présenté un rapport très complet dans lequel ils concluaient à la faisabilité des procédés envisagés, tout en reconnaissant in fine que *"la séparation et la transmutation des actinides ne pouvaient pas être mises en oeuvre aux Etats-Unis en raison d'une politique nucléaire qui avait suspendu le recyclage du plutonium"*.

C/ Le retraitement facilite la gestion des déchets en améliorant le confinement des colis

Toutes les solutions retenues pour le stockage définitif des déchets nucléaires, quel que soit leur degré d'activité, reposent sur un même principe : isoler les substances radioactives qu'ils contiennent de la biosphère aussi longtemps qu'elles présenteront un danger potentiel.

Pour les déchets à faible activité stockés en surface, on est assuré que le confinement prévu correspondra bien à la période de décroissance à l'issue de laquelle ils auront perdu leur nocivité vis-à-vis de l'environnement ou de la santé humaine.

En revanche, la très longue durée de vie de certains des éléments contenus dans les déchets à très haute activité fait qu'il est impossible d'apporter la preuve qu'un type de confinement pourra rester efficace jusqu'à la décroissance totale de leur radioactivité.

L'objectif va donc être de multiplier les barrières de confinement pour retarder au maximum le moment où les radionucléides pourraient éventuellement revenir à la surface.

Comme on vient de le voir, la formation géologique d'accueil constituera une des principales barrières de confinement.

Entre la roche et les déchets viendront également s'interposer des conteneurs et éventuellement des surconteneurs qui apporteront un surcroît de sûreté.

Mais dans la conception française de la gestion des déchets à haute activité, le colis de déchets, qui se présente sous une forme insolubilisée, doit constituer en lui-même une barrière de confinement efficace renforçant ainsi les barrières naturelles et les barrières ouvragées.

Grâce au retraitement, il est en effet possible de stabiliser les différents radionucléides dans une masse monolithique : les verres.

A l'issue du retraitement, les produits de fission et les actinides se présentent sous la forme d'une solution très concentrée dégageant une grande quantité de chaleur et possédant une très forte activité radioactive. Dans un premier temps, ces solutions sont entreposées dans des cuves en acier inoxydable où elles connaissent un début de décroissance de leur activité.

Cet entreposage sous forme liquide présente de nombreux inconvénients, notamment parce que les cuves doivent être en permanence refroidies sous peine d'entraîner l'ébullition des solutions. Il y a quelques années, on a ainsi frôlé l'accident à l'usine de La Hague et l'URSS a connu, dans le Caucase, une très grave catastrophe certainement due à l'explosion d'une cuve de stockage.

On a donc cherché, il y a plus de trente ans déjà, à solidifier les solutions de produits de fission en les encapsulant dans des matériaux inertes, solides et durables.

L'eau étant pratiquement le seul véritable agent de dégradation des confinements susceptible de ramener les radionucléides en surface, il fallait donc trouver un matériau ayant un très faible taux de lixiviation⁽²²⁾. Les verres borosilicatés utilisés en France répondent parfaitement à ces exigences, présentent en plus une très grande stabilité aux rayonnements et ne sont pratiquement pas altérés par les irradiations.

De nombreuses expériences sont actuellement en cours pour vérifier la tenue à long terme de ces "verres" et leur vitesse de corrosion au contact des différents éléments qui pourraient être présents dans les centres de stockage.

Si les chercheurs du CEA à Marcoule s'intéressent à l'augmentation de la tenue et de la durabilité des verres nucléaires, ils tentent également de créer des conditionnements sur mesure qui seraient adaptés aux caractéristiques spécifiques de chaque radionucléide.

Dans l'hypothèse où la voie de la séparation-conditionnement, c'est-à-dire la séparation non suivie de la transmutation, devrait se développer comme le recommande la Commission nationale d'évaluation, il serait en effet nécessaire de disposer de nouvelles matrices de conditionnement adaptées à chacun des éléments.

Un programme de recherche sur les matériaux vitrocristallins (proches des vitrocéramiques qui sont déjà utilisées dans certains appareils domestiques de cuisson) a été lancé en 1993 et devrait durer dix ans.

Dans le cadre du programme PURETEX, le CEA étudie également la possibilité, pour supprimer les conditionnements en bitume des boues des traitements d'effluents, de provoquer leur évaporation afin de mélanger le concentrat obtenu avec des solutions de produits de fission destinées à la vitrification. Ce procédé aurait l'avantage de réduire le volume des déchets B qui ne peuvent pas être acceptés en stockage de surface en les transférant sur les verres, mais il se heurte toutefois à des difficultés dues à la présence de quantités de sodium très supérieures à celles que tolère le procédé actuel de vitrification.

Il est certain que l'optimum serait à terme de ne plus avoir que des déchets stockables en surface et des verres qui offrent des garanties de sûreté supérieures aux autres conditionnements et cela sous un volume très inférieur.

Pour une période de plusieurs milliers d'années, les experts estiment que le verre présente une stabilité garantissant le confinement des radioéléments ; l'archéologie nous montre d'ailleurs que certains verres antiques ont pu franchir les siècles sans altération notable. Les spécifications françaises applicables aux produits vitrifiés ont été agréés au Japon, en Allemagne, en Belgique, en Suisse, aux Pays-Bas et en Grande-Bretagne, donc par sept autorités de sûreté indépendantes entre elles, ce qui tendrait à prouver que la vitrification apporte des garanties sérieuses dont il faudra tenir compte avant d'envisager toute autre forme de gestion des combustibles irradiés.

²² Lixiviation : dissolution des matières solubles d'un mélange par un solvant

Comme le constate la Commission nationale d'évaluation : *"Le verre nucléaire constitue le conditionnement actuellement le mieux caractérisé et les études conduites jusqu'à ce jour montrent une bonne tenue à l'agressivité des principaux facteurs qui conduisent à son altération."*

La sûreté des stockages devra reposer sur une combinaison de différentes barrières qui joueront des rôles bien définis selon les périodes de temps. Les verres constituent une des pièces essentielles de ce dispositif ; l'arrêt du retraitement, même pour une partie seulement du combustible usé, conduirait donc à un affaiblissement des dispositifs de sûreté des stockages en supprimant une des barrières de confinement.

Certains experts estiment d'ailleurs qu'en l'absence de tout retraitement, il ne sera pas possible de stocker définitivement le combustible irradié sans lui avoir fait, au préalable, subir des traitements destinés à améliorer leur stabilité et leur résistance aux agressions extérieures.

La France dispose maintenant d'une expérience industrielle de dix-huit ans dans le domaine de la vitrification. Grâce aux nouvelles installations d'Atalante, il sera désormais possible de conduire de multiples expériences sur toutes sortes de matériaux différents. On peut donc espérer qu'en 2006, le CEA et la COGEMA seront à même de proposer les plus sûres et les moins onéreuses solutions pour le stockage ultime des déchets nucléaires.

2°/ EDF n'envisage cependant plus de retraiter immédiatement la totalité de son combustible usé

La loi du 30 décembre 1991 reposait sur l'hypothèse, démentie par personne à l'époque, que la totalité du combustible irradié sortant des centrales françaises serait retraitée.

L'usine UP2 800, qui était alors en construction à La Hague, constituait la dernière étape du programme d'extension des capacités de retraitement du combustible français, décidé en 1979, l'usine UP3 étant réservée au retraitement du combustible étranger.

En 1994, le ministre de l'Industrie ⁽²³⁾ réaffirmait que ne pas retraiter revenait à accepter *"un formidable gaspillage"* et l'on pouvait donc jusque là estimer, à juste titre, que la France s'en tiendrait au schéma du cycle fermé du combustible nucléaire mis en place dans les années 1970.

L'ensemble des installations de La Hague permet de retraiter 1 600 tonnes de combustible par an et fait de la COGEMA le numéro un mondial du retraitement.

Pour des raisons économiques mais aussi -comme on vient de le voir- pour des raisons tenant à la sûreté de la gestion des déchets nucléaires, le retraitement apparaissait donc en France à la fin des années 1980 comme absolument *"incontournable"*.

²³ Allocution prononcée le 4 février 1994 par M. Gérard LONGUET, ministre de l'Industrie

Bien entendu, dès cette époque, de nombreuses voix, en particulier chez les écologistes, s'élevaient déjà pour critiquer ce qui paraissait être la doctrine officielle française en matière de gestion de l'aval du cycle.

Dès 1977, un rapport préparé à la demande de la Fondation Ford aux Etats-Unis⁽²⁴⁾ remettait en cause le bien-fondé du retraitement et critiquait *"la croyance largement répandue que le retraitement est une étape nécessaire dans le processus du stockage des déchets"*. Au cours de la même année, le Président CARTER devait d'ailleurs interdire le retraitement aux Etats-Unis, essentiellement pour éviter la prolifération des armes atomiques. Il tenta également d'obtenir, mais sans succès, que les autres puissances nucléaires adoptent la même attitude.

Malgré tout cela, en France et en Grande-Bretagne, les organismes chargés d'établir les programmes nucléaires et les producteurs d'électricité continuaient à présenter le retraitement comme la seule voie rationnelle pour gérer le cycle du combustible et le traitement des déchets.

Dans le rapport annuel d'activité d'EDF pour 1993, il est encore indiqué : *"Les déchets à vie longue [...] proviennent des combustibles usés. Après retraitement, 97 % de ceux-ci peuvent être réutilisés. Les résidus du retraitement sont vitrifiés puis entreposés [...]"*. Comme on peut le constater, il n'est nullement fait mention de la part du combustible usé qui ne sera pas retraité et des conditions dans lesquelles il sera entreposé.

Après le vote de la loi, petit à petit et au début de façon quasi confidentielle, EDF a commencé à laisser entendre que la réalité ne serait peut-être pas aussi simple et qu'il faudrait certainement à terme envisager d'autres solutions.

Depuis quelques mois, ce qui n'était qu'une hypothèse devient une certitude : EDF n'entend plus, au moins dans l'immédiat, retraiter l'intégralité du combustible irradié qui sort de ses centrales.

Dans une contribution au grand Débat national énergie-environnement qui a eu lieu à la demande du ministre de l'Industrie en 1994, M. Dominique FINON⁽²⁵⁾ constatait : *"Le choix d'EDF de ne plus retraiter tous ses combustibles (ou tout du moins de différer le retraitement d'une partie d'entre eux) pour atteindre à une cohérence satisfaisante avec ses besoins de plutonium, n'en constitue pas moins une évolution indéniable vers une meilleure rationalité des choix. Elle marque un véritable changement culturel. Mais ce changement s'est fait très tardivement et il demeure fortement contraint par les décisions antérieures."*

Au cours des auditions qui ont servi à préparer le présent rapport, les représentants d'EDF ont été parfaitement clairs à ce sujet :

- Tous les combustibles utilisés par EDF dans ses centrales sont "retraitables", le choix de ne pas retraiter n'est pas lié à une impossibilité technique. Les autorités de sûreté imposent d'ailleurs que tout le combustible chargé en réacteur puisse être retraité en fin de cycle.

²⁴ Rapport du groupe de travail sur la politique nucléaire, parrainé par la Fondation Ford et réalisé par la Mitre Corporation, 1977

²⁵ Dominique FINON, directeur de l'Institut d'économie et de politique de l'énergie (UPR-CNRS)
Une comparaison coût/avantage des différentes voies de gestion des combustibles irradiés

- En moyenne, chaque année, il sort des réacteurs d'EDF 1 200 tonnes de combustible irradié. Sur ces 1 200 tonnes, il a été décidé de n'en retraiter que 850 tonnes.

- Le chiffre de 850 tonnes correspond aux capacités de l'usine UP2 de La Hague.

- A partir des 850 tonnes de combustible irradié, les opérations de retraitement produisent 8,5 tonnes de plutonium.

- Ces 8,5 tonnes de plutonium permettent d'obtenir de 120 à 135 tonnes de combustible MOX, ce qui correspond aux capacités de fabrication de l'usine Melox.

- Ces 120 à 135 tonnes de combustible MOX correspondent à leur tour aux possibilités, à terme, d'utilisation de ce combustible dans les réacteurs 900 MW CP1 CP2, c'est-à-dire tous les réacteurs ayant reçu l'autorisation d'utiliser ce combustible.

Ce dispositif, en apparence parfaitement cohérent, fait toutefois abstraction d'un détail qui a pourtant son importance : que va-t-on faire des 350 tonnes de combustible qu'EDF n'envisage pas "à court terme" de retraiter ?

Si la stratégie d'EDF, du moins sa stratégie publiquement annoncée, a ainsi évolué au cours de ces dernières années, ce n'est pas sans raison. EDF, entreprise de production d'énergie, est confrontée aux réalités économiques et doit être en mesure de faire face à une concurrence qui risque de se révéler de plus en plus dure dans les années qui viennent.

A/ Les conditions économiques actuelles ne sont pas favorables au retraitement

Si le retraitement a été à l'origine mis au point à des fins strictement militaires, il est très rapidement apparu que cette technique allait se développer essentiellement pour des raisons économiques qui étaient parfaitement justifiées à la fin des années 1970.

a) Le prix du minerai d'uranium

Dans les années 1970, la France, qui ne disposait plus de ressources énergétiques économiquement rentables, a voulu se libérer des contraintes de l'approvisionnement extérieur. L'uranium extrait sur le territoire national étant rare et cher, il fallait donc trouver une solution pour ne pas se placer également, pour ce minerai, sous la dépendance étrangère.

Le recours au retraitement constituait donc un moyen idéal pour recycler l'uranium et utiliser le plutonium de deux façons complémentaires :

- dans les surgénérateurs ou réacteurs à neutrons rapides qui devaient produire plus de combustible qu'ils n'en consommaient et épuiser progressivement tout le pouvoir énergétique de l'uranium,

- dans les réacteurs à eau pressurisée en remplaçant le combustible ordinaire par du MOX, mélange de plutonium et d'uranium.

Même si le retraitement faisait appel à des techniques très sophistiquées et donc très coûteuses, la rentabilité de l'opération semblait être assurée, d'autant plus que le développement de l'industrie nucléaire dans le monde allait logiquement raréfier les ressources en uranium et faire monter les cours de ce minerai.

Malheureusement, ces prévisions se sont révélées erronées, les réserves de minerai d'uranium ne cessent d'augmenter (en particulier au Canada) et les programmes de construction de centrales sont un peu partout dans le monde à leur plus bas niveau.

Au lieu de la croissance exponentielle des besoins en uranium, on assiste en fait à un effondrement de la production. Selon l'OCDE, les ressources minières d'uranium raisonnablement récupérables actuellement connues s'élèveraient à 1,5 million de tonnes, ce qui correspondrait à peu près aux besoins mondiaux pour les trente prochaines années.

De nombreuses études ont été réalisées pour comparer les coûts respectifs du cycle fermé du combustible et le stockage direct des éléments usés sortant du réacteur.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur les coûts réels des centres de stockage, ces comparaisons nous semblent pour le moment quelque peu hasardeuses, d'autant plus que toutes ces évaluations sont fondées bien évidemment sur des données qui résultent de l'état actuel du marché.

Le marché de l'uranium est resté longtemps déprimé mais qu'en sera-t-il demain si la demande se met à croître de façon exponentielle, comme le pensent beaucoup d'experts ?

La très nette et très rapide remontée des cours de l'uranium à laquelle on assiste depuis quelques semaines montre bien que rien n'est définitif en ce domaine et que l'avenir pourrait nous réserver bien des surprises.

Comme le faisait remarquer l'Agence internationale de l'énergie atomique en 1994 : *"Les perspectives à long terme de l'énergie nucléaire militent en faveur de l'option cycle fermé. On estime que la population mondiale, qui est actuellement de 5,5 milliards d'individus, va augmenter de 100 millions d'habitants par an et qu'en 2010 la consommation d'énergie électrique aura pratiquement quadruplé. On ne pourra faire face à un tel accroissement sans mettre en danger l'environnement sauf si on fait davantage appel au nucléaire [...] avec l'escalade inévitable des prix de l'uranium, il sera économiquement plus justifié d'utiliser du plutonium pour alimenter des réacteurs rapides et par conséquent d'avoir des circuits fermés."*

On pourrait objecter que l'AIEA prêche pour sa paroisse mais les conclusions de l'Agence internationale de l'énergie sont identiques. Pour l'AIE, qui étudie et surveille toutes les formes de production d'énergie, la demande devrait être de 45 % plus élevée en 2010 qu'à l'heure actuelle et l'Agence estime, par voie de conséquence, que sans un recours accru à l'énergie nucléaire, il ne pourra pas y avoir de réduction sensible des émissions de CO² dans les quinze années qui viennent.

L'avenir du nucléaire, et donc de la demande d'uranium, dépend de décisions intégrant désormais des facteurs industriels et économiques mais aussi politiques et environnementaux.

EDF va, dans l'esprit communautaire dominant actuellement, être de plus en plus durement confrontée aux impératifs d'un marché concurrentiel de l'énergie.

Par voie de conséquence, ses dirigeants cherchent désormais avant tout à équilibrer leurs comptes et à fournir de l'électricité au meilleur prix.

Il ne faudrait cependant pas que ces objectifs à court terme fassent oublier que le plutonium et l'uranium issus du retraitement sont aussi des matières énergétiques qui se révéleront peut-être dans l'avenir très précieuses.

b) La primauté accordée à la concurrence

Si la France a su en quelques décennies se doter d'une des plus puissantes industries nucléaires, c'est en grande partie grâce à ses entreprises publiques qui ont permis de rationaliser la production et d'assurer un haut degré de sûreté des installations.

Les difficultés dans lesquelles se débattent les entreprises privées aux Etats-Unis montrent bien que le nucléaire n'est pas une industrie comme les autres, ce que lui reprochent d'ailleurs la plupart de ses opposants.

Quoi qu'il en soit, les résultats sont là : nous disposons en France, pays dépourvu de ressources énergétiques fossiles, d'une source d'énergie indépendante gérée de façon satisfaisante par les grandes entreprises publiques que sont EDF et la COGEMA.

Cette forme de service public est en butte depuis quelques années déjà aux attaques répétées et parfois forcenées de certaines instances communautaires qui ne rêvent que de démanteler un système qui, du moins dans le secteur de l'énergie, avait pourtant fait largement la preuve de son efficacité.

S'exprimant sur ce sujet, M. Franck BOROTRA ⁽²⁶⁾, alors député et membre de la Délégation pour l'Union européenne, avait été on ne peut plus clair : *"Il s'agit d'un combat idéologique par excellence, puisqu'au nom d'une vision abstraite de la concurrence, la Commission entend détruire un système qui fonctionne au profit d'une incertitude. Les seules certitudes que l'on peut avoir, tirées de l'expérience britannique, tiennent à ce qu'en privilégiant le consommateur et le court terme, l'on rend difficile une politique énergétique tendant à optimiser la consommation et à réduire la dépendance énergétique et impossible tout programme nucléaire. Qui voudrait, dans un tel contexte, lancer un investissement s'amortissant sur quarante ou cinquante ans"*.

Il est indéniable qu'à l'heure actuelle, une entreprise de production d'électricité qui n'aurait pour seul objectif que la rentabilité immédiate de ses investissements aurait plutôt intérêt à abandonner la voie du recyclage du combustible usé et à se tourner vers la solution du stockage direct.

Mais le problème est justement là : est-ce qu'une entreprise de production d'électricité ne doit pas aussi prendre en compte d'autres impératifs comme l'indépendance nationale et la protection à long terme de l'environnement ?

Comme le disait également M. Franck BOROTRA dans le document précité : *"Le risque est grand que nous passions d'une société conduite par la politique, qui émane du suffrage universel, à une société régie par les seules voies du marché..."*

²⁶ Franck BOROTRA, Faut-il défendre le service public ?

Rapport de la Délégation pour l'Union européenne de l'Assemblée nationale n° 2260

Or jusqu'ici, c'est la politique qui a été garante de l'intérêt général, surtout dans un domaine aussi sensible que celui de l'énergie nucléaire. En votant la loi du 30 décembre 1991, le Parlement français avait nettement affirmé qu'il entendait désormais contrôler et même orienter la politique de l'aval du cycle du combustible nucléaire.

Il faut espérer que cette position, jusqu'ici clairement arrêtée, ne sera pas un jour remise en question. Il ne serait pas, en effet, acceptable que notre pays se soumette aux décisions arbitraires d'une autorité supranationale et renonce, pour satisfaire les lois du marché, à des impératifs de sûreté conformes à l'intérêt national.

B/ L'abandon de la filière des réacteurs à neutrons rapides modifierait profondément les données du problème

Lors du lancement du programme nucléaire français, le processus de production d'électricité se présentait comme un enchaînement d'opérations parfaitement cohérentes entre elles : extraction et traitement du minerai d'uranium, conversion, enrichissement, élaboration du combustible, utilisation du combustible dans les réacteurs, recyclage du combustible irradié et enfin réutilisation de l'uranium et du plutonium issus du retraitement dans des réacteurs à neutrons rapides (RNR).

Ces réacteurs à neutrons, alors aussi appelés surgénérateurs, constituaient donc un élément essentiel du cycle dit "fermé" du combustible qui devait peu à peu se mettre en place.

Si ce programme avait été suivi, aujourd'hui les quantités de plutonium qui sont extraites chaque année des 54 réacteurs à eau pressurisée du parc de centrales d'EDF seraient recyclées dans une dizaine de réacteurs à neutrons rapides du type de Superphénix.

En réalité, le programme de construction de RNR s'est arrêté après la mise en service de Superphénix et rien ne permet de penser qu'il puisse être repris, du moins dans un avenir immédiat.

Cet abandon ou, du moins, cette suspension à long terme de la construction des RNR a conduit les autorités à modifier assez profondément leur programme et à quelque peu "improviser" des solutions de rechange qui en tout état de cause n'avaient pas été envisagées au départ, en notant toutefois que les responsables du nucléaire réfutent toujours cette explication.

a) Le programme CAPRA

A partir du moment où on pensait, dans les années 1970, que l'uranium allait devenir de plus en plus rare et donc de plus en plus cher, il était tout à fait raisonnable de chercher à exploiter au maximum son pouvoir énergétique.

Or, les réacteurs à eau pressurisée qui sont actuellement utilisés en France ne consomment au mieux qu'un peu plus de 1 % de ce pouvoir énergétique de l'uranium.

Dans tous les pays qui utilisent l'énergie nucléaire, on a donc envisagé de construire des réacteurs à neutrons rapides qui réutilisent l'uranium appauvri et le plutonium produits par les réacteurs à eau pressurisée.

La question qui se posait alors était : aura-t-on assez de plutonium pour faire fonctionner tous les RNR qui sont en projet ?

Aujourd'hui nous sommes, et certainement pour quelques décennies encore, dans un contexte totalement différent : l'uranium est abondant et bon marché, à tel point que des mines ferment un peu partout dans le monde.

La France, contrairement aux autres pays, le Japon excepté, a pris la décision de construire un réacteur à neutrons rapides qui succéderait à l'installation expérimentale Phénix. Nous disposons donc aujourd'hui avec Superphénix d'une installation sophistiquée, coûteuse, sujette à de nombreuses avaries et qui en tout état de cause ne peut plus servir à atteindre les objectifs qui lui avaient été fixés au départ.

Dans le même temps était lancé le programme MOX, lui aussi destiné à éponger les surplus de plutonium mais, comme on le verra un peu plus loin dans le présent rapport, il ne s'agit que d'une solution temporaire qui ne permet pas le multirecyclage et qui donc ne permettrait pas de venir à bout des 11 tonnes de plutonium produites chaque année, auxquelles s'ajoutent peut-être un jour certaines quantités de plutonium d'origine militaire.

Au début de l'année 1994, le Gouvernement, s'appuyant sur un rapport préparé à la demande du ministre de la Recherche, M. Hubert CURIEN, et au vu des résultats d'une enquête publique et d'une consultation de la Direction de la sûreté des installations nucléaires, décidait que Superphénix pourrait, après un arrêt prolongé dû à un incident, redémarrer mais en devenant une installation expérimentale où seraient étudiées l'incinération du plutonium et l'élimination de certains éléments contenus dans les déchets.

La production d'électricité, objectif premier, de ce réacteur passait donc au second plan, ce qui provoqua quelques difficultés avec les partenaires de la France car Superphénix n'appartient que pour 51 % à EDF. Le reste du capital est en effet partagé entre l'électricien italien ENEL (33 %) et le consortium SBK (13 %) qui regroupe des producteurs d'électricité allemands, belges, hollandais et anglais.

Ce brusque changement d'orientation ne déconcerta pas que les partenaires d'EDF et de nombreuses voix s'élevèrent alors pour critiquer la transformation d'une installation prévue pour fonctionner en surgénération en un sous-générateur consommateur de plutonium.

Un des opposants à la filière des RNR, M. Dominique FINON ⁽²⁷⁾, notait ainsi que *"le CEA s'est approprié un grand projet technologique dont la transformation en succès commercial a échoué"*.

Le programme CAPRA (Consommation Accrue de Plutonium dans les RAPides), mis au point par le CEA, doit permettre de tester les réacteurs à neutrons rapides dans ces nouvelles fonctions et de dire s'il sera possible, un jour, de concevoir une installation qui sera effectivement capable de consommer plus de plutonium qu'elle n'en produit.

Deux voies de recherche sont actuellement poursuivies dans le cadre du programme CAPRA.

²⁷ Dominique FINON, Que faire de Superphénix ?, La Recherche n° 252, mars 1993

La première consisterait à utiliser un combustible contenant de l'uranium et du plutonium, donc proche du MOX, mais dont la teneur en plutonium serait toutefois largement supérieure (jusqu'à 45 % environ). Cela impliquerait une modification du coeur du réacteur mais sans bouleversement technologique complet, ce qui permettrait, le cas échéant, de réutiliser les installations en surgénération.

La seconde consisterait à utiliser cette fois un combustible "tout plutonium" où l'uranium serait remplacé par un élément inerte.

Cette étude n'en est qu'à son tout début et se révélera certainement très compliquée car l'absence d'uranium poserait des problèmes de sûreté qui devraient conduire à reconcevoir complètement le coeur du réacteur.

Pour le moment, toutes ces études n'existent que sur le papier ou ne sont poursuivies que dans des installations expérimentales de faible puissance. Il faudra donc attendre l'expérimentation en vraie grandeur dans Superphénix, vers 2000 si tout va bien, pour se faire une idée plus juste des avantages mais peut-être aussi des inconvénients de cette nouvelle filière.

Les deux premiers combustibles du type CAPRA seront chargés dans le coeur de Superphénix prochainement. Un des éléments sera constitué de plutonium standard mais l'autre, ce qui est plus intéressant, de plutonium provenant de combustible MOX irradié puis retraité.

Budgétairement, selon le CEA, le programme CAPRA se présenterait comme suit, étant entendu que tout ce qui concerne le soutien à Phénix et à Superphénix y a été intégré :

(en MF)	1995	1996	1997	1998
Effectifs	259	259	285	300
Investissements	17	17	30	50
Budget	245	241	293	334

Comme on peut le constater, il s'agit d'un programme relativement lourd dont les résultats ne sont encore, pour le moment, que très aléatoires.

Bien qu'il soit encore beaucoup trop tôt pour porter un jugement sur un programme qui vient tout juste d'être engagé, il n'en est pas moins possible de dégager, d'ores et déjà, quelques premières constatations.

Il est tout d'abord indispensable de rechercher le moyen de se débarrasser d'une partie du plutonium produit chaque année, le MOX ne pouvant en aucun cas constituer une solution suffisante et définitive.

Le deuxième aspect intéressant du programme CAPRA, c'est que le CEA étudie également la possibilité d'intégrer au combustible des actinides mineurs (américium et neptunium) pour qu'ils puissent être également brûlés. On rejoint donc ici le programme de recherche sur la transmutation, une des voies de recherche préconisée par la loi de 1991.

Enfin, on constate que le concept de la consommation du plutonium dans les réacteurs à neutrons rapides fait désormais l'objet d'un très large consensus international.

Le CEA a dans ce domaine passé de nombreux accords avec des organismes de recherche étrangers (allemand, japonais, russe, italien, hollandais, ...). Le programme CAPRA s'inscrit d'ailleurs dans le cadre du projet européen "European Fast Reactor" (EFR), conduit conjointement par l'Allemand SIEMENS et le Français FRAMATOME.

Un des intérêts majeurs de cette coopération, c'est de maintenir un minimum de recherche nucléaire dans des pays qui ont abandonné ou qui sont en voie d'abandonner cette forme d'énergie, la gestion des déchets étant souvent le seul sujet sur lequel la coopération peut se maintenir.

Il ne faut cependant pas se cacher que le développement de ce programme, que d'aucuns considèrent comme essentiel pour l'avenir du nucléaire, est étroitement lié au sort qui sera réservé à Superphénix dans l'avenir.

b) L'avenir de Superphénix

Il n'entre pas dans le cadre du présent rapport de discuter de l'opportunité technique ou économique de la filière des réacteurs à neutrons rapides.

Ces installations ne nous intéressent ici qu'en ce qu'elles peuvent contribuer à la destruction, ou au moins à la non-augmentation, du stock de déchets nucléaires à haute activité.

Comme on vient de le voir, la première voie de recherche proposée par la loi de 1991 dépend très étroitement de l'utilisation des réacteurs à neutrons rapides. Sans eux, en effet, la transmutation des actinides ou le brûlage du plutonium excédentaire ne seront pas réalisables.

Il faut cependant constater que si le prototype de RNR Phénix installé à Marcoule a connu, jusqu'à très récemment, de longues périodes de fonctionnement sans problèmes majeurs, Superphénix, depuis son démarrage en 1985, a collectionné une série impressionnante d'incidents.

S'il est vrai que ces incidents n'ont jamais véritablement, ni menacé la sûreté de l'installation, ni porté atteinte à l'environnement ou à la santé des personnels de la centrale, il n'en demeure pas moins qu'ils ont donné une image très négative de cette réalisation et par voie de conséquence au principe même du réacteur à neutrons rapides.

Le réacteur à neutrons rapides de Monju au Japon, qui avait été réalisé postérieurement à Superphénix avec un luxe de précautions tout particulier, vient lui aussi de connaître un incident relativement important dû à une fuite de sodium sur le circuit de refroidissement. Le sodium liquide utilisé comme caloporteur dans les RNR requiert une grande maîtrise technique puisqu'il s'enflamme spontanément au contact de l'air ou d'une source d'humidité.

Le Japon, comme la France, estime toutefois que la filière des RNR n'est pas condamnée définitivement même si, actuellement, la lenteur du développement des programmes nucléaires et le faible prix du minerai d'uranium dans les années récentes font que la surgénération ne semble plus être d'actualité.

La croissance rapide de la population mondiale et le développement exponentiel de certaines économies, en Asie en particulier, laissent présager que la demande d'énergie va elle aussi connaître une très forte augmentation. Si on doit faire appel massivement au nucléaire, ne serait-ce que pour limiter les émissions de

gaz à effet de serre, il est évident que les réacteurs classiques épuiseront rapidement les réserves connues d'uranium.

Il peut donc être prudent, c'est du moins ce que pensent les responsables français et japonais, de conserver une certaine maîtrise de la filière des réacteurs à neutrons rapides, d'autant plus que ces installations permettront aussi de continuer les recherches sur la gestion du plutonium et sur la transmutation de certains éléments contenus dans les déchets nucléaires à haute activité et à vie longue.

Cette double justification de la poursuite de l'exploitation de Superphénix répond à une certaine logique surtout depuis qu'il a été officiellement décidé d'en faire avant tout un instrument de recherche. Il faut toutefois être clair sur ce point : même si les objectifs finaux ont été changés, le fonctionnement de Superphénix restera fondamentalement identique et il continuera entre autres à produire de l'électricité.

Malheureusement, depuis la décision du Gouvernement qui devait relancer l'intérêt pour les RNR, Superphénix a continué à connaître des difficultés tant et si bien que le 11 septembre 1995, les ministres de l'Industrie et de l'Environnement ont confié à une commission composée d'experts indépendants le soin d'évaluer les capacités de cette installation à fonctionner comme "outil de recherche".

Cette commission de huit membres dont deux étrangers, présidée par le Professeur Raymond CASTAING, devrait rendre ses conclusions à la fin du premier semestre de 1996.

Du fait de sa composition très diversifiée, on peut légitimement penser que l'opinion de cette commission se formera en toute indépendance. Nous lui accorderons d'ailleurs toute notre attention, comme aux avis que la Direction de la sûreté des installations nucléaires aura à rendre avant la remise en marche de l'installation.

Les impératifs de sûreté doivent l'emporter sur toute autre considération, mais il n'en demeure pas moins qu'un arrêt définitif de Superphénix serait lourd de conséquences dans le domaine de la gestion des déchets et qu'il conduirait à remettre très largement en question le processus qui a été initié par la loi du 30 décembre 1991.

Telle qu'elle a été conçue, l'installation de Superphénix ne pourrait en tout état de cause éliminer qu'une faible quantité de plutonium mais elle n'en est pas moins essentielle pour faire une démonstration, à l'échelle industrielle, de la faisabilité de la sous-génération.

L'expérience qui sera ainsi recueillie devrait ensuite permettre de concevoir une nouvelle génération de réacteurs à neutrons rapides "optimisés" pour consommer le maximum de plutonium. Il existe bien à l'heure actuelle le projet communautaire EFR (European Fast Reactor) qui pourrait bénéficier de l'acquis des recherches qui doivent être conduites avec l'aide de Superphénix, mais il n'est pas certain que nos partenaires européens manifestent beaucoup d'enthousiasme pour le développement de toute une filière de réacteurs à neutrons rapides, même si on leur démontre qu'ils pourraient constituer une solution pour résorber le plutonium excédentaire.

En 1992, l'OCDE avait demandé à 15 experts internationaux, venant de Belgique, de France, d'Allemagne, d'Italie, du Japon, de Grande-Bretagne et des

Etats-Unis, s'il convenait ou non de conserver la filière des réacteurs à neutrons rapides ⁽²⁸⁾. Leur réponse était claire et dénuée de toute ambiguïté : *"En conclusion, il existe des raisons stratégiques solides pour poursuivre le développement des réacteurs rapides, compte tenu des prévisions de croissance continue de la demande d'électricité et des contraintes pesant sur l'utilisation des autres modes de production de l'énergie électrique. Il deviendra souhaitable, si ce n'est essentiel, que cette technologie soit prête à être utilisée. Il faut donc être capable de démontrer la faisabilité technique de tous les éléments contribuant à l'exploitation de cette filière, y compris le retraitement et la combustion des actinides. Il faut aussi pouvoir démontrer que ces éléments peuvent être exploités économiquement, en toute sécurité et sans mettre en danger la politique de non-prolifération des armes nucléaires."*

Existerait-il, en cas d'arrêt de la filière des réacteurs à neutrons rapides en France, des solutions de rechange ?

Pour le moment, il ne semble pas y avoir de possibilités de repli sur un RNR étranger mais des experts de la Commission européenne estiment qu'il existe en Russie, avec le BW 600, des compétences et des installations qui pourraient être utilisées au sein d'un accord de coopération ; nous leur laissons la responsabilité de cette affirmation.

Les Japonais disposent d'un réacteur expérimental qui pourrait reprendre certaines expériences conduites dans Phénix, si cette installation ne devait pas non plus être remise en marche. En ce qui concerne le RNR de Monju, en période de démarrage et qui connaît lui aussi quelques difficultés, il semble hors de question que ses responsables puissent autoriser, pendant les premières années, des expériences qui sortiraient du cadre du protocole de validation de cette installation.

Selon certains experts, il y aurait cependant d'autres méthodes pour détruire le plutonium, en particulier en utilisant un accélérateur de particules. La Commission nationale d'évaluation souhaite d'ailleurs que le CEA et le CNRS engagent un programme d'étude sur ce sujet.

Il faut toutefois noter que l'utilisation d'accélérateur à haute intensité conduirait à consommer de grandes quantités d'énergie, alors que le plutonium est quand même avant tout une matière fissile destinée à en produire.

La Commission nationale d'évaluation préconise aussi que le prochain renouvellement du parc de réacteurs d'EDF *"offre l'occasion de définir des réacteurs à eau pressurisée évolutionnaires qui soient optimisés pour transmuter des actinides mineurs et du plutonium, tout en minimisant leur production directe. Bien que ces réacteurs ne soient pas intrinsèquement aussi performants que les RNR, leur existence en grand nombre plaide en faveur d'une telle orientation."*

Les études en cours sur le projet franco-allemand EPR devraient prendre en compte cette donnée mais les incertitudes qui planent sur ce projet, en raison de l'hostilité d'une partie de la population et des responsables politiques allemands, font qu'il ne faut pas trop attendre, pour le moment, de cette solution.

C/ L'utilisation du combustible MOX connaîtra des limites

Lors de la combustion de l'uranium dans les réacteurs standard, l'uranium 235, seul isotope fissile, disparaît en libérant des neutrons qui sont capturés

²⁸ Réacteurs rapides, supplément au Bulletin de l'AEN volume 10, OCDE 1992

par un autre isotope, l'uranium 238, présent en grande quantité dans le combustible. C'est cette réaction qui produit le plutonium, que l'on retrouve dans le combustible irradié déchargé du coeur du réacteur.

La quantité de plutonium ainsi créé représente environ 1 % de l'uranium original, mais 70 % seulement de ce plutonium (Pu 239 et Pu 241) sont eux-mêmes fissiles.

S'il n'est pas en partie différé, le retraitement du combustible irradié permet d'obtenir chaque année environ 11 tonnes de plutonium auxquelles il faut trouver une destination, faute de quoi il deviendrait un déchet comme ce sera le cas dans les pays qui opteront pour le stockage direct sans retraitement.

Or le plutonium est une source d'énergie valorisable : 1 gramme de plutonium = 100 grammes d'uranium = 1 tonne de pétrole.

Comme on vient de le voir, à l'origine, quand la France, comme quelques autres pays, a décidé de procéder au retraitement du combustible irradié, le plutonium ainsi que l'uranium appauvri devaient être recyclés dans des réacteurs à neutrons rapides ou surgénérateurs.

L'échec, même s'il n'est peut-être que momentané, de la filière des surgénérateurs posait le problème de la pertinence du retraitement. Pourquoi, en effet, continuer des opérations compliquées et coûteuses s'il n'existe plus de débouché pour les produits issus du recyclage ?

Certains pays ont d'ailleurs tiré les conclusions de ce changement de stratégie dans la gestion de l'aval du cycle du combustible. Ainsi, en Allemagne, le Parlement vient d'amender la loi nucléaire de 1976 et a autorisé les producteurs d'électricité à choisir désormais entre le retraitement et le stockage direct de leur combustible irradié. L'Allemagne avait d'ailleurs, il y a plusieurs années, renoncé à mettre en service un réacteur à neutrons rapides pourtant déjà construit.

Face à cette situation, la France, qui disposait avec les installations de la COGEMA à La Hague d'importantes capacités de retraitement, a décidé de se tourner vers une solution alternative : la fabrication de combustible MOX (Mixed OXides), qui est un mélange de 6 à 7 % de plutonium avec 93 % d'uranium appauvri.

Il faut toutefois reconnaître que l'utilisation du MOX n'était pas une idée nouvelle en Europe puisque, dans les années 1960, l'Allemagne s'était dotée d'une usine de fabrication de ce combustible à Hanau (aujourd'hui fermée) et que la Belgique avait fait de même en 1963 avec l'usine de Dessel.

En France, c'est un décret du 21 mai 1990 qui a autorisé la création de l'usine Melox, destinée à fabriquer du combustible MOX. Cette usine a commencé à produire des crayons de combustible au premier semestre de 1995. Il faut une fois de plus constater que cette importante décision, qui marque un tournant dans la conception même du cycle du nucléaire, a été prise, en France, sans consultation du Parlement comme s'il s'agissait d'un simple aménagement du fonctionnement des centrales.

Pour ses concepteurs, l'opération MOX répond avant tout à des impératifs économiques.

Cette fois encore, de nombreuses critiques ont été formulées par des personnes qui estiment qu'il s'agissait avant tout de justifier a posteriori l'existence de

l'usine de retraitement. Citons par exemple M. Jean-Paul SCHAPIRA ⁽²⁹⁾ : *"Dépourvu de justification écologique et économique, le recyclage du plutonium apparaît davantage comme un appendice du retraitement qui donnerait à ce mode de gestion des combustibles usés l'apparence d'une cohérence [...] le MOX ne trouve donc guère de justification pour lui-même."* Ou encore WISE ⁽³⁰⁾ : *"Aujourd'hui, on tente de justifier l'exploitation continue des usines par la possibilité de réintroduire le plutonium dans des réacteurs ordinaires sous forme de combustible dit MOX. Ce raisonnement découle d'une justification a posteriori, les décisions d'investissement à La Hague ayant été prises bien avant."*

D'autres critiques portent sur la rentabilité de l'opération. Ainsi M. Dominique FINON, directeur de l'Institut d'économie et de politique de l'énergie, dans une étude sur les coûts et avantages des différentes voies de gestion des combustibles irradiés ⁽³¹⁾, soutient que : *"A prix nul du plutonium, le bilan économique du recyclage du plutonium est négatif. La différence de coût de fabrication entre le combustible MOX et le combustible normal (5 000 à 6 000 F/kg pour le premier avec des usines de taille commerciale, 1 600 F pour le second) n'est pas remboursée par les économies d'uranium (20 %) et d'enrichissement (30 %). (Le "point mort" du coût de fabrication du MOX se situerait aux alentours de 4 000 F/kg.) EDF reconnaît qu'elle perdra une ou deux centaines de millions de F pendant la décennie 1990 avec le combustible mixte MOX. L'industrie électrique allemande qui a développé aussi le recyclage pour utiliser le Pu récupéré dans ses combustibles estime à 900 millions de DM les pertes de ce programme jusqu'en 1998."*

En 1990, dans son premier rapport sur la sûreté des installations nucléaires ⁽³²⁾, M. Claude BIRRAUX avait d'ailleurs intitulé un des chapitres : *"Le MOX, un combustible économique ?"* et précisait qu'*"en dépit d'assertions publiées récemment, il est rigoureusement impossible de savoir quelle est l'incidence de l'utilisation du MOX sur le coût du kWh"*.

Comme ce sujet est éminemment controversé, d'autres études conduisent à des conclusions inverses. Ainsi une étude de l'OCDE, en 1989, avait démontré l'intérêt économique du MOX dans une large gamme de situations techniques et économiques, et la COGEMA rappelle que si, à travers le monde, des producteurs d'électricité ont prévu d'utiliser le MOX dans 40 réacteurs, c'est bien parce qu'ils pensent en tirer un avantage économique.

Toutefois, et particulièrement dans le cadre du présent rapport, l'évaluation coûts/avantages de l'utilisation du MOX ne doit pas se limiter aux seuls critères de rationalité économique.

Même si les différents cycles du plutonium, cycle MOX et cycle Réacteurs à neutrons rapides, ne devaient pas apporter d'avantages déterminants en terme de prix de revient du kWh, il ne faudrait en effet pas oublier d'autres critères de choix comme la sécurité future des approvisionnements ou l'amélioration de la sécurité dans la gestion des déchets.

²⁹ Jean-Paul SCHAPIRA, La Recherche n° 226, novembre 1990

³⁰ WISE, COGEMA La Hague : les techniques de production de déchets (rapport commandité par GREENPEACE), décembre 1994

³¹ Dominique FINON, Débat national énergie et environnement, Caen 1994 (déjà cité)

³² Claude BIRRAUX, Rapport sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 1990

Pour tenter de justifier l'intérêt de cette filière, la COGEMA met aussi en avant la contribution que le cycle MOX peut apporter à la limitation de la quantité de déchets à stocker à long terme. La conclusion de sa dernière publication sur le sujet ⁽³³⁾, dont nous lui laissons la responsabilité, est explicite à cet égard :

"Le recyclage du plutonium sous forme de MOX :

- permet la maîtrise de l'inventaire Pu :

- *consomme du plutonium et évite d'en produire*
- *permet de produire des kWh à bilan plutonium constant, voire décroissant*
- *plus le parc est "Moxé", plus faible est la production annuelle de Pu*

- permet de diviser le volume et la toxicité des déchets :

- *dès le premier recyclage, la quantité d'éléments combustibles à gérer est divisée par 8*
- *le multirecyclage réduit d'un facteur 100 la quantité de plutonium présente dans les déchets*

- permet d'importantes économies d'uranium naturel et de pétrole :

- *1 g de Pu recyclé = 1 tonne de pétrole"*

Mais le problème est-il aussi simple et pourra-t-on, grâce à l'utilisation du combustible MOX, assurer une véritable maîtrise du cycle du plutonium ?

Certaines contraintes techniques et les conditions économiques actuelles conduisent à penser qu'il faudra apporter à cette question une réponse beaucoup plus nuancée.

a) Les limites à la "moxification" du parc des centrales

Ce n'est qu'en 1985 qu'EDF a annoncé sa décision d'utiliser du combustible MOX dans certains de ses réacteurs du type 900 MWc.

Il s'agissait toutefois d'une technique très éprouvée car cela faisait près de trente ans que la faisabilité de l'utilisation du plutonium dans les réacteurs thermiques ordinaires avait été démontrée.

Lorsqu'EDF a pris sa décision, des quantités importantes de MOX avaient déjà été fabriquées et utilisées en Europe. Dès 1963, un assemblage de combustible mixte avait été introduit, à titre expérimental, dans un réacteur du centre nucléaire de Mol en Belgique. Des essais furent également conduits aux Etats-Unis, en RFA, en Suède et en Italie, et deux usines à Dessel en Belgique et Hanau en Allemagne continuèrent la fabrication du MOX bien que l'intérêt se soit avant tout porté à cet époque sur le recyclage du plutonium dans les surgénérateurs.

Il faudra attendre au début des années 1980 le constat de quasi-échec de la filière des réacteurs à neutrons rapides pour que le MOX apparaisse à nouveau comme une solution intéressante pour gérer les stocks de plutonium qui allaient s'accumuler dans les usines de retraitement.

Jusqu'à aujourd'hui, les assemblages de combustible MOX utilisés par EDF étaient fabriqués par une société franco-belge, filiale de Belgonucléaire et de COGEMA, à Dessel en Belgique et à Cadarache en France.

³³ COGEMA, Le retraitement et le recyclage des matières nucléaires, avril 1995

Depuis 1995, le relais a été pris par la nouvelle usine Melox de la COGEMA à Marcoule. Cette unité de fabrication, toujours en phase de démarrage, initialement prévue pour livrer 120 tonnes/an, devrait, selon les responsables de la COGEMA, pouvoir passer à 160 et peut-être même à 200 tonnes/an.

La COGEMA envisage même la construction d'une seconde usine, pour faire face à une demande étrangère qui pourrait croître assez rapidement. Les Allemands, qui ont en effet, sous la pression des groupes d'opposants, renoncé à ouvrir leur nouvelle usine de Hanau, et les Japonais envisagent de plus en plus de faire fabriquer leur combustible MOX en Europe au lieu de rapatrier, en l'état, le plutonium issu du retraitement de leur combustible à La Hague.

Il convient de noter qu'une fois de plus, toutes les décisions relatives aussi bien à l'utilisation du MOX qu'à la construction des usines de fabrication de ce combustible ont été prises sans l'avis du Parlement français.

En dépit du fait qu'il s'agit là d'une orientation totalement nouvelle de la politique énergétique de notre pays et que ces choix nous engagent pour plusieurs décennies, la représentation nationale n'a été ni consultée ni même informée, si ce n'est par un rapport de l'Office présenté, en 1990, par mon collègue, M. Claude BIRRAUX.

Sur ce point, on peut estimer que la Belgique nous a donné une leçon de démocratie. En 1992, en effet, à la suite du dépôt d'une résolution ⁽³⁴⁾ par laquelle la Chambre des Représentants demandait au Gouvernement *"de ne pas accorder l'autorisation pour l'utilisation de barres de combustible contenant du plutonium et de l'uranium dans les centrales nucléaires belges et de n'approuver aucun contrat de retraitement entre Synatom et d'autres organismes étrangers avant que ce problème ait fait l'objet d'un débat au Parlement"*, la Commission de l'Economie a présenté un rapport ⁽³⁵⁾ de près de 250 pages très bien documenté où toutes les opinions, y compris celles des opposants au nucléaire, ont pu s'exprimer.

Sur la base de ce rapport, la Chambre des Représentants de Belgique a consacré toute la journée du 22 décembre 1993 à débattre non seulement du problème de l'utilisation du MOX, mais aussi de l'ensemble des questions relatives à la gestion de l'aval du cycle du combustible nucléaire. Ce débat, d'une excellente tenue, montre qu'un Parlement est parfaitement apte à prendre des décisions sur des sujets où les implications scientifiques et techniques sont pourtant fort importantes.

En adoptant la résolution présentée par sa Commission de l'Economie, le Parlement belge a donné comme consigne au Gouvernement *"de ne plus privilégier à l'avenir la stratégie du retraitement par rapport à la stratégie du conditionnement et de l'évacuation directe"*, mais aussi *"de ne pas exécuter le contrat de retraitement conclu en 1990, de ne pas lever les options prévues par ce contrat, de ne négocier aucun contrat nouveau pendant cette période consacrée à l'examen des alternatives"*. En revanche, le Parlement belge autorisait *"l'utilisation du plutonium issu du contrat de retraitement de 1978 sous la forme de combustible MOX dans les centrales nucléaires belges"*.

³⁴ Résolution déposée à la Chambre des Représentants par MM. GEYSELS et MORAEL le 22 juin 1992, n° 541/1-91/92

³⁵ Chambre des Représentants, rapport fait au nom de la Commission de l'Economie, de la Politique scientifique et de l'Education, 16 décembre 1993, n° 541/6-91/92

A titre de comparaison, il faut souligner que le Parlement français n'aura à se prononcer sur la gestion des déchets à haute activité qu'en 2006 et encore parce que l'Office a insisté pour que cette clause soit inscrite dans la loi du 30 décembre 1991, sans quoi le législateur n'aurait jamais été saisi de cette question.

Sur l'ensemble du parc français, 28 réacteurs REP 900 MW ont été conçus, dès l'origine, pour être aptes à recevoir éventuellement du combustible MOX. Pour certains d'entre eux, il faudrait cependant procéder préalablement à quelques modifications relativement minimales, qui pourraient d'ailleurs être programmées en même temps qu'un arrêt pour rechargement du combustible.

Toutefois, dans les décrets d'autorisation, la possibilité d'utiliser du MOX n'a été prévue que pour 16 de ces réacteurs seulement. Pour les 12 autres, toute modification de la composition du combustible exigerait l'ouverture d'une nouvelle enquête publique. Enfin, sur ces 16 réacteurs "autorisés", il n'y en a que 7 qui aient été, jusqu'à maintenant, effectivement chargés avec du MOX : Saint-Laurent B1 et B2, Gravelines B3 et B4, Dampierre 1 et 2 et Blayais 2.

Ce sont donc en tout 320 assemblages de combustible MOX qui sont actuellement en service en France sans que cela ait posé, semble-t-il, de véritables problèmes pour la conduite des centrales. Le mélange utilisé est constitué de 30 % de MOX et de 70 % de combustible conventionnel.

Avec le démarrage de l'usine Melox, dont la production va s'ajouter à celle de l'usine de Cadarache (20 tonnes/an), la COGEMA va disposer de la plus grosse capacité mondiale de fabrication de MOX pour réacteurs à eau pressurisée et les responsables de cette société envisagent donc de construire une troisième usine de production de MOX.

Le problème est donc de savoir si dans quelques années, l'offre de combustible MOX sera effectivement adaptée à la demande. Comme cela a été indiqué précédemment, il existe certainement des opportunités d'exportations vers quelques pays étrangers tels que le Japon ou l'Allemagne, mais ce sont avant tout les intentions d'EDF qui détermineront l'évolution du marché de ce combustible.

Si l'on se réfère aux déclarations des représentants d'EDF lors de la préparation du présent rapport, comme cela a été précédemment indiqué, le processus prévu est parfaitement cohérent et logique : les 120 à 135 tonnes de MOX fabriquées chaque année correspondront aux possibilités d'utilisation offertes par les réacteurs REP 900 MW des types C1 et C2, c'est-à-dire tous les 900 MW à l'exception de ceux de Fessenheim et de Bugey.

Il s'agit là d'un choix clairement annoncé par les responsables d'EDF, qui précisent de façon tout à fait explicite qu'ils ne veulent pas utiliser de MOX dans les réacteurs de 1 300 MW, cette éventualité n'ayant pas été prévue lors de leur construction.

Pour les réacteurs de 1 300 MW, les recherches d'EDF s'orientent plutôt vers l'utilisation de combustible conventionnel mais enrichi à 4 %, avec des durées de campagne portées de 12 à 18 mois. Ce projet, dit programme Gemmes, devrait permettre d'améliorer la disponibilité et la sûreté des installations en réduisant le nombre d'arrêts pour rechargement et entretien (2 arrêts au lieu de 3 sur une période de 3 ans). Ce programme, actuellement soumis aux autorités de sûreté, devrait bientôt être réalisé à Cattenom 2 puis généralisé à l'ensemble des réacteurs de 1 300 MW en 1996 et en 1997.

Force est de constater que ce qui avait parfois été présenté comme la "moxification" du parc des centrales nucléaires françaises ne concernera, en réalité, au maximum que moins de la moitié des 54 tranches actuellement en fonctionnement. D'autre part, il s'agira de réacteurs d'un type ancien dont la fabrication est aujourd'hui arrêtée. Si l'âge moyen de l'ensemble des réacteurs est de 11 ans, celui des 900 MW est en effet de 13 ans.

Même si EDF a exprimé le souhait de pouvoir, à terme, utiliser du MOX dans 28 des REP 900 MW et même si les experts s'accordent pour estimer que les réacteurs pourraient désormais avoir une durée d'exploitation de 40 à 50 ans, il n'en demeure pas moins que le recours au combustible MOX ne devrait constituer pour EDF qu'une solution limitée dans le temps, qui ne pourra pas connaître de développements ultérieurs importants.

Dans ces conditions, il devient difficile de considérer que la filière MOX suffira en elle-même à résoudre les problèmes posés par la présence de plutonium dans le combustible irradié.

EDF, suivant sa logique industrielle, a fondé sa politique sur le principe de l'égalité des flux selon lequel on ne retire le combustible usé que dans la mesure où on peut réutiliser les produits issus du retraitement, ce qui laisse entier le problème du devenir de la part de ce combustible qui ne sera pas retraité.

Comme le reconnaît EDF, l'utilisation du combustible MOX contribuera à la bonne maîtrise du cycle du combustible : *"C'est un moyen de stabiliser la quantité de plutonium produit"* ⁽³⁶⁾. Dans une note interne citée par M. SCHAPIRA ⁽³⁷⁾, EDF reconnaît également que de 20 à 30 tonnes de plutonium s'accumuleront ainsi sur étagère d'ici l'an 2000 et que ce plutonium qui se dégradera avec le temps sera de moins en moins utilisable, à moins de recourir à des techniques coûteuses d'extraction de l'américium.

Dans le même article, M. SCHAPIRA notait également que : *"Cette situation n'est pas propre à la France, elle existe au plan mondial. Les usines de retraitement projetées pour l'an 2000 sépareront entre 40 et 50 tonnes de plutonium par an qui ne pourront pas être absorbées par l'ensemble des usines de fabrication de MOX et encore moins par les réacteurs eux-mêmes."* L'auteur en tirait la conclusion qu'*"il y a donc contradiction entre la volonté affichée par les promoteurs de cette filière de résoudre le problème du plutonium en le brûlant dans les réacteurs et les possibilités industrielles d'atteindre un tel objectif"*.

Qu'on ne s'y méprenne cependant pas : ce n'est pas parce qu'une technique ne permet pas de résoudre à cent pour cent un problème qu'elle est dénuée de tout intérêt.

Le remplacement dans un certain nombre de réacteurs d'une partie des assemblages conventionnels par des assemblages MOX permet de réduire effectivement la production de plutonium. Alors que le combustible MOX contient de 6 à 7 % de plutonium au moment de son introduction dans le cœur du réacteur, au déchargement la teneur en plutonium du combustible MOX n'est plus que de 4 à 5 %, une partie du plutonium ayant été consommée par la fission.

³⁶ EDF, Conférence de presse du 29 mars 1995

³⁷ Jean-Paul SCHAPIRA, La Recherche n° 226, déjà cité

La consommation en plutonium d'un seul assemblage MOX correspond à la production de cet élément par deux assemblages de combustible conventionnel.

L'utilisation du MOX permet donc de diminuer la quantité totale de plutonium produite par les autres réacteurs chargés en combustible conventionnel. En ce qui concerne la gestion de l'aval du cycle, l'utilisation du MOX constitue donc une solution intéressante même si elle n'est que partielle et peut-être temporaire.

Des recherches sont actuellement conduites pour tenter d'améliorer les conditions d'utilisation du MOX. Il serait ainsi peut-être possible de faire passer de 30 à 50 % le pourcentage des assemblages de MOX chargés dans le coeur d'un même réacteur moyennant quelques modifications dans les modalités de fonctionnement (ajout de réservoirs d'eau borée, utilisation de bore enrichi dans le système d'injection de sécurité, ...).

Des équipes de chercheurs travaillent actuellement pour savoir s'il serait possible de concevoir un réacteur conventionnel optimisé pour obtenir une consommation maximale de plutonium et la voie d'un combustible tout plutonium est même en cours d'exploration.

Il ne faut cependant pas se faire d'illusions. La faiblesse des programmes nucléaires, en France comme dans le reste du monde, ne permet pas d'envisager l'arrivée sur le marché, dans l'immédiat, d'un nouveau type de réacteur.

Les producteurs d'électricité obéissent avant tout à une logique économique qui ne conduit obligatoirement pas à retenir les solutions qui seraient écologiquement les plus intéressantes ; l'intervention des pouvoirs publics et en particulier du législateur est donc parfois nécessaire pour arbitrer entre ces intérêts divergents. L'exemple de la Belgique montre bien que le Parlement a un rôle à jouer dans la définition de la politique de l'aval du cycle du combustible nucléaire.

b) Les incertitudes sur le retraitement du combustible MOX

Si les responsables du nucléaire ont depuis quelques années mis l'accent sur les avantages du MOX, il faut bien reconnaître qu'ils ont été beaucoup plus discrets sur le problème que posera son retraitement. Comme pour le combustible classique, après trois ou quatre années, les assemblages MOX seront dégradés et impropres à la production d'énergie. Comme l'utilisation du MOX n'est devenue significative qu'à partir de 1995, ce ne sera en fait que vers 2005 que la question du retraitement se posera de façon pratique. Il n'en demeure pas moins qu'il faut dès maintenant s'interroger sur le sort qui sera réservé au combustible MOX irradié après son refroidissement en piscine.

Selon un tableau publié par l'AEN⁽³⁸⁾, le bilan du plutonium dans les assemblages MOX se présente comme suit :

³⁸ Le combustible au plutonium : une évaluation, AEN, 1989

	U 235	U 236	U 238	Pu 238	Pu 239	Pu 240	Pu 241	Pu 242	Am241	Total U	Total Pu+Am
Combustible MOX au chargement	2,13	0	946,32	0,70	30,19	12,15	5,5	2,48	0,54	948,45	51,55
Combustible MOX au déchargement	1,13	0,21	924,97	0,84	15,62	12,30	6,7	3,2	0,52	926,31	39,18

(en kg par tonne de combustible)

Comme on peut le constater, le passage dans le réacteur entraîne une consommation de plutonium mais il s'agit essentiellement de plutonium 239, les quantités d'autres isotopes augmentant même légèrement.

L'utilisation du MOX permet incontestablement de diminuer la quantité totale de plutonium produit par l'ensemble du parc des réacteurs mais elle laisse en fin de cycle un combustible usé contenant plus d'éléments de moindre valeur fissile et en particulier du PU 240 et du PU 241.

Selon la COGEMA, et cette opinion est partagée par un grand nombre d'experts français et étrangers, le combustible MOX irradié peut être retraité. Les opérations de retraitement du MOX posent des problèmes spécifiques notamment en raison de la faible solubilité de l'oxyde de plutonium mais, toujours selon la COGEMA, ces difficultés techniques sont d'ores et déjà résolues et *"un deuxième, voire un troisième cycle avec retraitement du MOX peut être envisagé mais il produira, en dépit de la dilution, du plutonium de moindre valeur fissile pour les réacteurs à eau légère actuels"*.

Pour contrebalancer cette dégradation de la qualité du plutonium après chaque retraitement, la COGEMA compte sur la mise en service *"au delà de l'an 2000 de réacteurs qui viendront compléter le parc actuel et qui seraient mieux adaptés à l'emploi du plutonium"*.

Mais les possibilités techniques sont une chose et la réalité économique en est une autre. Lors des auditions pour la préparation du présent rapport, les représentants d'EDF ont clairement annoncé qu'*"à court terme, on ne retraitera pas le MOX irradié"*. Ce choix de stratégie est justifié par EDF par des raisons purement économiques : l'utilisation de plutonium de deuxième génération, issu du retraitement du MOX, entraînerait une augmentation des coûts qui risqueraient alors de se situer au dessus de ceux du combustible classique.

La position ainsi prise par EDF, et qui est cohérente avec sa logique de gestion interne, n'en pose pas moins un problème de traitement des déchets auquel à notre connaissance, aucune solution n'a encore été apportée. Que deviendront, en effet, les éléments de combustible MOX irradiés ?

Si leur retraitement devait être définitivement exclu, il faudra bien un jour se résoudre à les stocker en l'état. Or le stockage d'éléments de combustible non retraités, comme on le verra un peu plus loin, n'a pratiquement pas été étudié en France puisque la doctrine officielle était jusqu'à maintenant celle du retraitement intégral et total de tout le combustible nucléaire.

Toutes les imprécisions qui entourent encore l'utilisation du MOX montrent bien qu'il s'agit d'une solution de secours, d'un "replâtrage" selon un de nos interlocuteurs. A l'origine, le plutonium issu du retraitement devait essentiellement

servir à alimenter les réacteurs à neutrons rapides et le développement de cette filière devait être tel qu'on craignait même de manquer de plutonium !

Cette crainte d'une pénurie de plutonium explique d'ailleurs que l'utilisation du MOX n'ait été, à l'origine, prévue que dans 16 des 28 tranches de REP 900 et totalement exclue pour les 1 300 MGW alors qu'il n'y avait en fait aucun obstacle technique à sa généralisation à l'ensemble du parc de centrales.

Pour le moment, le recours au combustible MOX présente un bilan satisfaisant :

- aucune difficulté technique n'est apparue dans l'exploitation des centrales ;
- le comportement du combustible est conforme aux prévisions, aussi bien sur le plan de la rentabilité que sur celui de la sûreté ;
- l'utilisation du MOX permet d'économiser les ressources en uranium et contribue à la réduction du volume des déchets.

Il n'en demeure pas moins, toutefois, que le manque de préparation et même une certaine improvisation dans l'utilisation du plutonium risque de poser à terme des problèmes de gestion des déchets auxquels la France ne s'est manifestement pas encore préparée.

3°/ La relativité de la notion de déchets nucléaires

Lors de la préparation du premier rapport de l'Office mais aussi au cours de la discussion de la loi de 1991, la filière française du combustible nucléaire était apparue homogène et cohérente. Tous les opérateurs semblaient être sur la même ligne de pensée et d'accord sur un schéma qui devait permettre le bouclage du cycle du combustible nucléaire. Grâce au retraitement, les déchets C à haute activité ne devaient être composés que d'actinides mineurs et de produits de fission, le plutonium et l'uranium récupérés redevenant des ressources énergétiques réutilisables.

Cette position était d'ailleurs conforme à la législation française et à la Directive européenne sur le traitement des déchets, qui imposent de tout faire pour parvenir à récupérer et à recycler les déchets toxiques et dangereux. Dans ces conditions, on pouvait effectivement penser que ce qui était considéré comme souhaitable pour l'ensemble des déchets devait aussi s'appliquer aux résidus de la production d'énergie nucléaire.

Malheureusement, aujourd'hui, on aperçoit très nettement des distorsions dans le consensus qui semblait régner il y a seulement cinq ans et on ne peut plus véritablement parler d'une stratégie unique, mais de stratégies divergentes selon qu'elles intègrent ou non les impératifs du marché.

Les intérêts d'EDF, de plus en plus confrontée à la concurrence internationale, semblent en effet quelque peu diverger de ceux des autres opérateurs et en particulier de ceux qui sont chargés du retraitement. Bien entendu, ces évolutions ne sont jamais présentées comme des changements de cap définitifs et EDF prend soin à chaque fois de préciser qu'il s'agit de positions actuelles, à court terme, qui pourraient toujours être révisées en cas de changement de la conjoncture et en particulier en cas de hausse significative et prolongée des cours de l'uranium.

Il n'empêche que les annonces successives du non-retraitement de la totalité du combustible irradié et du non-retraitement du combustible MOX conduisent à s'interroger sur le sort qui sera réservé à une partie des assemblages qui seront extraits des centrales.

L'uranium et le plutonium qui se trouvent dans les assemblages et qui ne seront pas retraités constituent-ils toujours une ressource énergétique ou doivent-ils être considérés comme des déchets ultimes destinés au stockage souterrain ?

Pour le moment, les intéressés évitent de répondre à cette question et estiment qu'on peut très bien attendre quarante ou cinquante ans avant de prendre une décision définitive. Jusque là, le plutonium contenu dans les assemblages non retraités constitue "*une ressource énergétique potentielle*" mais qui pourra cependant se transformer en "*déchet*" dans quelques décennies !

Il semble pourtant que des décisions devront impérativement être prises avant un demi-siècle. En l'absence de réponses précises, nous nous contenterons donc de poser quelques questions :

- Où et comment seront entreposés les assemblages de combustible ordinaires et de MOX qui ne seront pas retraités ?

- Sous quelle forme pourrait-on stocker définitivement ces assemblages et ne faudrait-il pas leur faire subir un traitement préalable avant de les envoyer dans un stockage souterrain ?

- Comment seront aménagés les centres de stockage qui devraient accueillir ces assemblages, les études de l'ANDRA portant jusqu'ici sur le stockage de verres ou d'enrobés bitumineux ?

- Quelle serait la résistance à la lixiviation et à la biodégradation des colis de combustible usé ?

- Que va-t-on faire de l'uranium extrait lors du retraitement et qui n'a pour le moment aucune utilisation ?

Il semble donc urgent de regarder la situation telle qu'elle se présente véritablement et de cesser de se voiler la face en tablant sur un très hypothétique retournement de situation. Les recherches sur l'entreposage à long terme et sur le stockage direct des assemblages de combustible usé qui, il faut bien le reconnaître, ont été quelque peu délaissées au profit des deux autres voies de recherche, doivent impérativement être réactivées et intensifiées.

III - LES RECHERCHES SUR L'ENTREPOSAGE A LONG TERME ET LE STOCKAGE DIRECT DOIVENT ETRE INTENSIFIEES

En plus de la transmutation et stockage en couche géologique profonde, la loi du 30 décembre 1991 a prévu une troisième voie de recherche sur *"l'étude de procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface de ces déchets"*.

Manifestement, le vote de la loi, contrairement à ce qui s'est passé pour les deux autres voies, n'a pas entraîné sur ce point d'avancée significative de la recherche ni de progrès technique véritablement marquants.

A l'origine, l'entreposage de longue durée en surface n'avait, en fait, été perçu par de nombreux opposants que comme un moyen pour rendre plus difficile et retarder la mise en place d'une solution définitive. Une enquête réalisée en 1989⁽³⁹⁾ auprès de populations qui risquaient d'être concernées par l'implantation d'un laboratoire souterrain a bien montré quelles étaient les motivations profondes des partisans de l'entreposage de longue durée en surface : *"Il existe des centrales où sont temporairement stockés les combustibles, qu'ils y restent [...] certaines centrales sont ou vont être désaffectées, il y aura de la place [...] La Hague peut contenir davantage de déchets [...]"*. En clair, cela signifie : nous préférons l'entreposage en surface, surtout parce qu'il ne se fera pas chez nous !

A cette époque, de nombreuses personnes, à commencer par votre Rapporteur, avaient une attitude des plus réservées vis-à-vis de l'entreposage à long terme en surface, solution qui apparaissait surtout comme un moyen dilatoire proposé uniquement pour bloquer toute tentative de gestion rationnelle des déchets.

Aujourd'hui, l'annonce d'éventuels changements de stratégie dans la conception du cycle du combustible nucléaire conduit cependant à s'interroger sur l'intérêt réel de l'entreposage à long terme en surface. A partir du moment où l'intégralité du combustible, ordinaire et MOX, ne sera plus retraitée, il faudra bien, en effet, trouver des solutions techniques pour conserver de façon sûre certains assemblages mis en réserve pour constituer, dans un avenir plus ou moins lointain, d'éventuelles ressources énergétiques. La solution du ni/ni, ni retraitement immédiat ni mise en stockage définitif, préconisée par EDF pour une partie de son combustible irradié, imposera la mise en place de solutions d'attente qui n'en sont pour le moment qu'à l'état de projet ou d'ébauche.

Si cette nouvelle orientation dans la gestion de l'aval du cycle nucléaire devait se confirmer, il ne serait en effet pas souhaitable que cela se fasse dans les conditions d'improvisation que nous avons pu constater récemment aux Etats-Unis.

Il en va de même pour le stockage direct. A partir du moment où cette éventualité n'est plus écartée, il convient, dès aujourd'hui et sans retard, de commencer à étudier les conditions dans lesquelles les futurs centres de stockage pourraient accueillir des assemblages en l'état alors qu'ils n'ont été jusqu'ici prévus que pour des colis enrobés ou vitrifiés.

³⁹ Dossier destiné par des habitants des Deux-Sèvres au Premier Ministre, 30 octobre 1989
Cité dans Les déchets nucléaires, Jean-Paul SCHAPIRA, La Documentation française, 1991

1°) Les différentes techniques d'entreposage à long terme

Depuis plus de quarante ans, on procède au déchargement du combustible irradié ; il a donc fallu mettre au point toute une série de procédés qui permettent d'entreposer temporairement les assemblages en attente de retraitement. En effet, entre le moment où les assemblages de combustible sont extraits du coeur du réacteur et leur retraitement, il est nécessaire de procéder à toute une série d'opérations : refroidissement, transport, conditionnement..., qui, en raison de la très forte radioactivité dégagée, impose le recours à des technologies très élaborées et bien entendu relativement coûteuses.

Toutefois, ce qui caractérisait cette première phase de gestion de l'aval du cycle, c'était sa relative brièveté car il ne s'écoulait en général que quelques années entre la sortie du coeur du réacteur et le début du processus de retraitement à l'usine de La Hague.

Si on envisage d'allonger considérablement -cinquante ans et plus- cette phase d'attente, on peut se demander si les technologies adaptées au court terme offriront des conditions de sûreté suffisantes et si surtout la réversibilité, c'est-à-dire le passage de l'entreposage à la phase du retraitement sera encore possible au terme de cette période d'attente.

Il se posera aussi bien évidemment un problème de volume, les quantités à entreposer risquant d'être sans commune mesure avec celles qui existent actuellement et qui ne sont en quelque sorte que des stocks-tampon intégrés dans un processus industriel somme toute assez rapide.

A/ L'entreposage en piscine

Dès le début de l'industrie nucléaire, on a décidé d'utiliser les propriétés de l'eau pour faciliter l'entreposage des combustibles irradiés. L'eau, en effet :

- a une capacité thermique élevée, ce qui facilite l'évacuation de la chaleur ;
- est transparente, ce qui permet de surveiller facilement la tenue et l'évolution des assemblages ;
- constitue une protection très efficace contre la radioactivité.

L'eau a en outre l'avantage, même si elle doit être préalablement traitée, d'être bon marché. Tout ceci explique que pratiquement toutes les centrales sont équipées de piscines destinées à assurer le refroidissement des combustibles qui viennent d'être extraits du coeur des réacteurs.

Le stockage sous eau des éléments combustibles est aujourd'hui la technologie la plus éprouvée et représente de loin la solution la plus largement utilisée mais, pour le moment, ce mode d'entreposage ne concerne que des assemblages qui sont en attente de retraitement et qui ne resteront que pendant une période très limitée dans les piscines.

En cas d'allongement des délais, on risquerait de connaître, comme c'est déjà le cas dans certaines centrales américaines, un risque de saturation des équipements. La création de nouvelles piscines étant coûteuse et soumise à de multiples contraintes réglementaires, EDF a donc envisagé trois solutions industrielles possibles.

La première, ce que les Américains appellent le "reracking", consiste à densifier le stockage en resserrant les alvéoles qui abritent les assemblages. Il faut alors, pour éviter tout risque de criticité, utiliser des matériaux neutrophages. Cette technique permettrait de gagner de dix à quinze ans de capacité d'entreposage mais elle ne sera pas utilisable dans les réalisations les plus récentes où l'on avait déjà prévu, dès la construction, la présence de matériaux neutrophages. Il faut aussi signaler que selon certaines informations, les Américains auraient rencontré des problèmes sérieux avec un des matériaux utilisés qui aurait tendance à se décomposer au bout de quelques années.

Deuxième solution industrielle en cours d'étude : la construction d'une piscine centrale d'entreposage permettant de regrouper des assemblages provenant de plusieurs centrales différentes. Cette piscine "nationale", qui pourrait être située à proximité de l'usine de retraitement, servirait, en particulier, à entreposer les éléments MOX et les éléments contenant de l'uranium de retraitement pour lesquels la décision de retraiter est très largement "différée". Selon EDF, l'entreposage sous eau d'éléments de combustible pendant plusieurs décennies ne devrait pas poser de problèmes insurmontables. Il est toutefois permis de se demander si certains de ces assemblages ne vont pas se déformer ou se mettre à fuir, ce qui rendrait leur reprise en vue du retraitement tout à fait aléatoire. D'ores et déjà, il a fallu inventer des solutions techniques particulières pour des éléments "fuitards" qu'il faut alors placer dans une enveloppe étanche.

Enfin, il pourrait être envisagé d'étendre les capacités d'entreposage qui existent actuellement à l'usine de La Hague, ce qui poserait toutefois un problème juridique car les installations de la COGEMA n'ont pas été, à l'origine, prévues comme centre d'entreposage.

B/ Le stockage à sec

Si les différentes solutions qui viennent d'être exposées devaient se révéler insuffisantes, il faudrait peut-être alors envisager, comme le font déjà les centrales américaines, un entreposage à sec en surface.

On peut cependant espérer qu'il s'agira de techniques sérieusement étudiées qui permettront, même au terme d'une longue période d'attente, de reprendre le combustible, le système américain, tel que nous avons pu le voir, paraissant quelque peu improvisé sous la pression des circonstances.

La réversibilité des entreposages à sec reste à démontrer. Actuellement, la COGEMA procède à des recherches, en particulier sur le conteneur "TN24" qui permettrait de conserver vingt-quatre assemblages dans un château à usages multiples (Multipurpose cannister).

A partir du moment où l'éventualité d'un retraitement ultérieur n'est pas exclue, la condition essentielle pour que ces entreposages puissent être agréés sera de pouvoir récupérer les assemblages dans un état correct, c'est-à-dire manipulables dans les installations de retraitement.

L'entreposage à sec de conteneurs de produits vitrifiés est couramment utilisé, en particulier à l'usine de La Hague où des puits ventilés contiennent tous les déchets en attente de stockage définitif, mais cet entreposage concerne des colis qui ne nécessiteront plus de traitement si ce n'est leur transfert vers les centres souterrains.

Toutefois, l'entreposage à sec dans les conditions qui seraient celles du retraitement différé existe déjà au CEA pour des combustibles "sans emploi" ou "exotiques". Sous ce terme sont regroupés des combustibles usés qui, de par leurs spécificités, n'entraient pas dans les schémas établis par la COGEMA pour le retraitement. Il s'agit en particulier :

- des combustibles provenant des anciennes filières des réacteurs à eau lourde et à uranium naturel-graphite-gaz (UNGG) ;
- des combustibles autrefois utilisés dans des réacteurs de recherche (Rapsodie, Osiris, ...) ;
- des combustibles des sous-marins nucléaires ;
- des échantillons de laboratoire.

Si les combustibles de la filière UNGG seront en principe retraités jusqu'en 1997 dans l'usine de retraitement UP1 de Marcoule, la COGEMA n'a pas créé, pour des raisons évidentes de coût, d'installations spécifiques pour traiter les autres catégories d'emballages.

Pour tous ces combustibles "exotiques", la fermeture du cycle semble d'ores et déjà exclue et il est très probable qu'ils ne quitteront les installations d'entreposage à sec actuelles que pour être éventuellement stockés définitivement, en l'état, dans un centre souterrain.

La casemate d'entreposage à sec CASCADE située à Cadarache, refroidie par convection naturelle, permet un stockage dans des conditions relativement sûres et relativement économiques. Les 319 puits de cette installation sont prévus pour l'entreposage de 180 tonnes de combustibles ; toutefois, comme le note M. Robert LALLEMENT dans le rapport annuel de la Direction du CEA chargée des déchets ⁽⁴⁰⁾ : *"depuis 1988, le DOE aux Etats-Unis n'assure plus de prestations de retraitement, entraînant ainsi une accumulation de combustible usé issu des réacteurs de recherche dans les installations d'entreposage du CEA, cette situation pourrait entraîner rapidement la saturation de ces équipements car ceux-ci contiennent également des combustibles anciens, quelquefois dégradés, dont le traitement constitue un des trois volets du plan d'assainissement du CEA."*

Si en principe, tous les combustibles "exotiques" retraitables, actuellement entreposés dans les installations de CASCADE, doivent être envoyés à l'usine UP1 avant sa fermeture prévue pour 1997, la COGEMA étudie cependant, dans le cadre du projet HARPE, la possibilité de retraiter certains combustibles "hors norme" à La Hague après la fermeture d'UP1.

L'entreposage de longue durée, qui n'avait pas fait l'objet d'une attention particulière lors de la préparation de la loi de 1991, a pris depuis peu une importance nouvelle. Cette solution, qui aurait incontestablement l'avantage de ménager l'avenir tout en résolvant les problèmes actuels, ne saurait toutefois être mise en oeuvre que si on est assuré d'en maîtriser toutes les modalités techniques.

Si l'on veut vraiment que la voie du retraitement reste ouverte après des décennies d'entreposage, il faudra en effet s'assurer que les combustibles seront bien

⁴⁰ CEA, Rapport d'activité de la Direction chargée de la gestion des déchets, 1994

en état d'être manipulés au moment où la décision de les envoyer à l'usine de La Hague sera prise.

Ces recherches sur les conditions de l'entreposage de longue durée doivent donc être entreprises dès maintenant. Elles ne seront certes pas de la même ampleur que celles qui sont conduites sur la transmutation ou sur le stockage souterrain mais la France, comme les nombreux autres pays qui envisagent d'adopter totalement ou partiellement le stockage différé, devra être en mesure de démontrer qu'il ne présentera aucun risque aussi bien sur le plan de la sûreté que sur celui de la sécurité.

Les conditions économiques devront elles aussi être étudiées sérieusement car l'entreposage de combustibles irradiés pendant de longues années ne sera certainement pas sans conséquences financières.

Si l'on se réfère à ce qui se passe pour l'implantation des laboratoires, la question cruciale sera toutefois celle de la localisation de ces installations d'entreposage. Sauf si on devait systématiquement retenir des sites où sont déjà implantées des installations nucléaires en service ou déclassées, il est certain que l'acceptabilité par les populations concernées de ces entreposages temporaires n'est pas acquise d'avance. Aux Etats-Unis, malgré les efforts des deux médiateurs successifs disposant de moyens financiers considérables, il n'a pas toujours été possible de trouver un site qui accepte d'accueillir un MRS (Monitored Retrievable Storage Facility) qui puisse servir de structure d'entreposage transitoire des assemblages de combustible irradié avant leur stockage définitif au centre souterrain de Yucca Mountain, si toutefois celui-ci ouvre un jour.

2°) L'état des recherches sur le stockage direct

A l'heure actuelle, pour la part du combustible irradié qui n'est pas immédiatement retraité, il n'est officiellement question que d'organiser un "stockage différé" qui devrait laisser ouvertes toutes les possibilités de reprise des assemblages dans un avenir plus ou moins lointain.

Personne ne peut dire aujourd'hui si le plutonium et l'uranium contenus dans le combustible ainsi mis de côté auront un jour une valeur et seront susceptibles de redevenir effectivement une ressource énergétique. Dans l'incertitude où nous sommes actuellement sur la demande future d'énergie nucléaire, l'entreposage à long terme du combustible irradié pourrait constituer effectivement une bonne solution. Il ne servirait en effet à rien de retraiter du plutonium dont on n'aurait pas d'utilisation immédiate, d'autant que la transformation progressive d'un de ses isotopes en américium le rendrait inutilisable au bout de quelques années ou obligerait à pratiquer des opérations d'extraction de l'américium qui s'apparenteraient à un nouveau retraitement.

L'entreposage à long terme du combustible irradié, s'il est pratiqué dans de bonnes conditions, est donc très largement préférable à l'entreposage du plutonium "sur étagère", aussi bien pour des raisons de sûreté et de sécurité que pour des raisons purement économiques. Le retraitement doit donc se faire au moment le plus rapproché de son utilisation.

La question qu'il faut cependant se poser dès maintenant, même si beaucoup de responsables du nucléaire y répugnent encore, c'est de savoir s'il y aura un jour une demande effective pour la réutilisation du combustible ainsi entreposé.

Pour que le plutonium dont le retraitement sera différé ne constitue pas un déchet, il faudrait que nous assistions, dans quelques années, à une explosion de la demande d'énergie, liée en grande partie aux progrès économiques de plusieurs pays d'Asie. Le recours au nucléaire constituerait alors une des solutions possibles pour éviter la pénurie d'énergie ou une utilisation sans limite des combustibles fossiles, avec toutes les conséquences sur l'environnement qui s'ensuivraient.

Il n'est cependant pas possible de dire aujourd'hui que la demande de plutonium dans trente, quarante ou cinquante ans, imposera la reprise des anciens stocks de combustible irradié. Les ressources en uranium naturel, notamment au Canada, semblent en effet beaucoup plus importantes qu'on pouvait le penser il y a quelques années.

Toutes les solutions doivent donc être désormais envisagées et, face à ces incertitudes, les techniciens mais aussi les responsables politiques ont maintenant à s'interroger sur le sort qui serait réservé aux combustibles usés pour lesquels on abandonnerait toute idée de retraitement.

Il ne faut cependant pas non plus oublier qu'une grande partie des pays utilisateurs de l'énergie nucléaire ont, soit déjà opté pour le stockage direct comme la Suède, soit autorisé leurs industriels à prévoir cette solution comme cela vient d'être le cas récemment en Allemagne.

Si aujourd'hui le retraitement nous est toujours présenté comme la meilleure option pour assurer une gestion sûre et rationnellement économique du combustible irradié, il n'en sera peut-être pas toujours ainsi, du moins pour une partie du combustible. Il vaut donc mieux commencer dès maintenant des recherches sur ce que devrait être le stockage direct et sur tous les problèmes spécifiques que cela pourrait poser.

A/ Les études sur les conteneurs

Dans le cas du stockage après retraitement, les verres dont les radionucléides font intimement partie constituent la première barrière et donc la première des garanties contre les éventuelles migrations de ces radionucléides vers la biosphère.

Dans le cas du stockage direct du combustible irradié "en l'état", cette protection n'existe pas et il faudra donc renforcer les protections pour interdire ou tout du moins retarder les mécanismes d'interaction entre le combustible et les eaux environnantes.

Un groupe de travail sur le stockage direct a été mis en place avec des représentants d'EDF, du CEA, de l'ANDRA et de la COGEMA. Il travaille actuellement sur la lixiviation. De son côté, l'ANDRA étudie la répartition des radionucléides dans le combustible usé ainsi que le choix des matériaux métalliques à utiliser et leur tenue à la corrosion et la modélisation du relâchement des radionucléides par les colis de déchets.

De l'aveu même des experts en France et dans les pays qui ont pourtant d'ores et déjà pratiquement opté pour le stockage direct, il n'y a que très peu de données disponibles sur la tenue à très long terme de la matrice qui contient les actinides, les produits de fission mais aussi le plutonium et l'uranium qui n'ont pas été séparés et récupérés comme cela aurait été le cas dans les opérations de retraitement.

Les études doivent donc essentiellement porter sur la mise au point du ou des conteneurs qui protégeront les assemblages de l'action des eaux souterraines.

Selon le Bilan des travaux de recherche récemment publié par l'ANDRA ⁽⁴¹⁾, "il s'agit de :

- *spécifier les conditions d'environnement favorables à la protection du combustible usé (nature du conteneur + matériau de remplissage éventuel + matériau de barrière ouvragée) ;*

- *évaluer l'altération et le relâchement des radioéléments en condition de stockage (perte d'étanchéité et corrosion du conteneur) ;*

- *fournir un modèle de relâchement des radionucléides par les colis de déchets de combustibles usés en situation de stockage".*

Suivant le concept du Multipurpose Cannister initialement développé aux Etats-Unis, des études sont actuellement conduites au CEA pour mettre au point un conteneur à triple usage transport-entreposage-stockage (TES) qui pourrait servir à la fois à transporter, à entreposer puis à stocker définitivement les éléments de combustible usé.

Dérivé à l'origine du conteneur allemand, ce conteneur TES devrait, mais le CEA n'en est qu'au début de son étude, être constitué de deux enveloppes concentriques en acier ou en fonte dans lesquelles seraient disposés les éléments combustibles de huit assemblages REP et leurs éléments de structure compactés. Le conditionnement serait effectué après un refroidissement de trois ans en piscine (dix ans pour les combustibles MOX). Le conteneur doit bien entendu être totalement étanche, les espaces vides à l'intérieur peuvent être comblés par un matériau de blocage possédant des propriétés confinantes.

Dans un premier temps, le conteneur sera placé dans un hall d'entreposage refroidi par convection naturelle et simplement destiné à le mettre à l'abri des intempéries et des intrusions.

S'il est décidé en définitive de stocker le colis ainsi constitué dans un centre souterrain, aucune intervention autre que les opérations de manutention ne sera nécessaire.

Les conteneurs TES devraient rester parfaitement étanches pendant au moins 500 ans dans des conditions normales de stockage.

B/ Le problème de la réversibilité des stockages

La loi du 30 décembre 1991 prévoit que les laboratoires souterrains devront permettre d'étudier les conditions dans lesquelles les déchets nucléaires pourraient être stockés dans des formations géologiques profondes de façon réversible ou irréversible.

Lors de la discussion de la loi, il était clairement apparu que le problème de la réversibilité des stockages constituait un sujet de discordance entre certains experts, partisans de la fermeture définitive du centre de stockage, et l'opinion publique, généralement favorable à un dispositif qui permette le maintien de l'accès

⁴¹ ANDRA, Bilan annuel des travaux, novembre 1995

constant aux galeries et la possibilité permanente d'extraire les déchets qui y avaient été placés.

Prendre parti pour l'irréversibilité du stockage souterrain revenait en quelque sorte à nier le progrès technique qui permettrait un jour de se débarrasser définitivement de la radioactivité contenue dans les déchets.

Le problème de la réversibilité se pose quelle que soit la catégorie de colis que l'on envisage de stocker en profondeur, mais elle prend une acuité toute particulière quand il s'agit du stockage direct de combustibles usés non retraités. En effet, même après un entreposage de longue durée en surface, il pourrait arriver que la reprise des assemblages de ce combustible soit justifiée, soit par des raisons de sûreté du stockage, soit par des impératifs purement économiques en cas de pénurie de plutonium et d'uranium par exemple.

Les colis contenant du combustible usé devraient donc pouvoir être repris à tout moment, ce qui imposera d'utiliser des "conteneurs à haute intégrité" (CHI) capables de résister à la corrosion et aux attaques externes au moins pendant toute la phase d'exploitation et de surveillance.

Les centres souterrains de stockage devront également être étudiés pour permettre une manipulation facile des colis.

La réversibilité imposera donc des contraintes techniques particulières ; il faudra en effet, selon le Conseil scientifique du CEA, s'assurer :

- de la durabilité des excavations, compte tenu du vieillissement des matériaux de soutènement et du comportement mécanique des parois des cavités ;

- du choix des matériaux de la barrière ouvragée afin qu'ils soient à même de protéger les colis ;

- de l'absence de venue d'eau au contact des colis ;

- de la bonne ventilation des galeries afin d'évacuer une partie du flux thermique dégagé par les déchets ;

- des conditions de manutention des colis qui devront également assurer une bonne protection radiologique du personnel ;

- du suivi de l'évolution des colis et des ouvrages, ...

L'analyse de ces différentes contraintes, d'abord isolément puis ensemble, devrait permettre de définir sur quelle durée on pourra raisonnablement compter sur la réversibilité.

Il ne faudrait pas, en effet, se faire d'illusion ; la réversibilité ne sera possible que pendant un certain laps de temps. Plusieurs niveaux de réversibilité pourront d'ailleurs être définis en fonction des études qui seront conduites sur les colis, mais aussi sur les roches d'accueil.

La réversibilité, même si elle doit entraîner des difficultés et des coûts supplémentaires, doit impérativement être étudiée de façon sérieuse. Elle constitue un élément décisif de la confiance des populations concernées vis-à-vis de la construction d'un centre de stockage souterrain. Elle laissera également ouvertes, pour les générations futures, toutes les possibilités que

pourrait offrir l'apparition de techniques plus performantes ou moins contraignantes que celles dont nous disposons actuellement.

CONCLUSION

A l'issue d'une enquête de plus d'un an pendant laquelle j'ai rencontré ou revu, parfois à plusieurs reprises, les responsables de l'industrie nucléaire et visité les principales installations du cycle du combustible, j'ai pu vérifier que la loi du 30 décembre 1991 a marqué une évolution irréversible dans la politique de gestion des déchets nucléaires à haute activité.

Comme tous les pays qui font appel à l'énergie nucléaire, notre pays rencontre des difficultés pour mettre en oeuvre des solutions qui soient en même temps techniquement sûres et acceptées par les populations concernées. De ce point de vue, le cadre que le législateur a fixé en 1991 a permis de restaurer un débat beaucoup plus serein que chez beaucoup de nos partenaires.

Par l'intermédiaire de l'Office parlementaire d'évaluation, le Parlement a souhaité continuer à suivre ce dossier, que nos concitoyens placent au premier rang de leurs préoccupations en matière d'environnement.

Le présent rapport qui, je l'espère, sera suivi d'autres études jusqu'à la décision finale en 2006 montre bien que **le Parlement se doit de remplir son rôle de contrôle. En fait, il n'est aucun domaine, même d'apparence technique, qui soit hors du champ de la démocratie.** Cette vision plutôt nouvelle, en tous cas inhabituelle en France en ce qui concerne certaines politiques d'Etat, est désormais bien acceptée des divers interlocuteurs. Avant tout parce que les parlementaires se sont appliqués à bien maîtriser cette démarche délicate.

Dans l'ensemble, la volonté du législateur a été respectée. Les études sur la transmutation ont connu un renouveau certain et les travaux préalables à l'implantation des laboratoires souterrains sont conformes au déroulement annoncé.

Toutefois, comme dans d'autres domaines, l'accélération du progrès technique et la rapide évolution du contexte économique européen sont venues très largement modifier les données à partir desquelles la loi de 1991 avait été préparée.

Le temps des codes napoléoniens où l'on pouvait légiférer pour l'éternité n'est plus. Nous devons maintenant traiter les problèmes au fur et à mesure de leur apparition dans un monde en perpétuelle évolution.

Si, comme tout le laisse penser, une partie du combustible utilisé ne pourra plus désormais être retraitée immédiatement, **le cycle du combustible ne sera plus bouclé de manière parfaite depuis le minerai jusqu'au retraitement et aux déchets. Cette hypothèse était une version idéalisée qui s'est modifiée à l'épreuve des faits.** Il faudra prévoir les modalités de l'entreposage à long terme, problème qui n'avait été que très peu souligné en 1991.

Bien que les responsables du nucléaire hésitent encore à envisager cette éventualité, **il faut d'ores et déjà poser le problème du sort du combustible qui ne serait pas retraité à la fin de ce que l'on appelle aujourd'hui le retraitement différé.**

A ses débuts, l'industrie nucléaire n'avait pas fait une priorité des déchets qu'elle allait générer. Nous savons désormais que la gestion de ce dossier est particulièrement difficile, qu'il faut du temps pour trouver les solutions techniques et créer les conditions du dialogue avec les populations concernées. Nous ne devons donc pas, comme c'est le cas actuellement dans certains pays, nous laisser surprendre et nous retrouver dans un état d'impréparation totale quand les problèmes deviendront cruciaux.

L'énergie nucléaire ne supporte pas l'improvisation et le pilotage à vue, chacune de ses évolutions doit s'inscrire dans la durée. **Il ne serait pas acceptable, pour sacrifier à une application myope de principes idéologiques temporairement en vogue, de laisser remettre en cause un système qui a bien fonctionné et qui a surtout permis jusqu'ici correctement la sûreté de nos installations nucléaires.**

Sous l'angle historique, l'industrie nucléaire semblait être un creuset de réflexion commun et avoir une stratégie de connivence définie par les grands partenaires (ministères concernés, CEA, COGEMA, EDF, ANDRA). Aujourd'hui, l'accroissement des échanges internationaux, les directives européennes, les lois du marché, font de l'électricité un produit banalisé qui doit répondre à des exigences de compétitivité et de vérité des prix.

Si le Parlement a porté particulièrement son attention sur ce dossier, c'est bien parce que nous considérons que la représentation nationale a à s'intéresser à un produit qui n'est pas banal et dont la production et ses conséquences relèvent aussi de l'intérêt général. **Nous craignons qu'à une stratégie concertée tendent à se substituer des stratégies divergentes selon que les partenaires sont concernés pas des données marchandes (EDF, COGEMA) ou des données de recherche et de long terme (ANDRA, CEA).**

Ce rapport n'a pas l'ambition de débattre des mérites comparés du plan et du marché. Par contre, nous avons le devoir d'inviter les partenaires concernés à renforcer leur cohésion.

La politique de la gestion des déchets nucléaires à haute activité doit être définie plusieurs décennies à l'avance. **Il ne faut donc pas qu'au nom d'une logique de productivité à court terme, on fasse l'impasse sur certaines décisions dont les effets ne se feront véritablement sentir que dans un demi-siècle.**

Les exigences immédiates des consommateurs doivent être prises en compte mais pas au détriment de la sécurité des générations futures.

La loi de 1991, en apportant de solides garanties aux populations et aux zones concernées par la création de laboratoires, en définissant un cadre précis à la recherche, a permis de restaurer une certaine confiance. Des changements de stratégie, trop brusques et inexpliqués, risqueraient de faire douter de la volonté des pouvoirs publics de trouver des solutions techniquement rationnelles et socialement acceptables au problème de l'aval du cycle du combustible nucléaire.

RECOMMANDATIONS

Continuité, adaptation et cohérence pourraient résumer notre conclusion et orientent trois recommandations majeures.

1°/ Continuer les initiatives d'origine et tenir le calendrier

- D'abord, **continuer les recherches sur la séparation-transmutation au rythme actuel** (programme SPIN prévu par la loi de 1991). Il est cependant nécessaire de **s'interroger, dès maintenant**, sur les conséquences que pourrait avoir, **sur l'avenir de ces recherches**, une remise en cause de la poursuite des réacteurs à neutrons rapides.

- Ensuite, tenir le calendrier car, si les échéances du programme de construction des laboratoires souterrains ont jusqu'ici été respectées, il n'en demeure pas moins que **le calendrier des travaux risque d'être très tendu**. La lourde procédure administrative qui va être lancée cette année, dès le dépôt des conclusions de l'ANDRA, et **les décisions** gouvernementales qui suivront **devront être prises sans retard**, faute de quoi tout le dispositif prévu par la loi risquerait d'être remis en cause.

2°/ S'adapter aux données nouvelles en développant immédiatement des **recherches sur les procédés d'entreposage de longue durée en surface** ainsi que sur **les possibilités de stockage direct des assemblages non retraités**. Ce programme se justifie du fait qu'on envisage désormais le retraitement différé d'une partie du combustible nucléaire usé.

3°/ Renforcer la cohésion des partenaires

- Les incertitudes qui subsistent sur l'aval du cycle doivent impérativement être levées. Pour cela, il conviendrait d'**instituer une table ronde à échéance régulière entre les différents intervenants**. A l'**initiative du Gouvernement, l'EDF, la COGEMA, l'ANDRA, le CEA**, devraient se réunir et **élaborer en commun un programme à long terme de l'aval du cycle** qui préciserait notamment les engagements que chacun entend respecter.

A partir des conclusions de cette concertation sur le long terme et sur la gestion de l'aval du cycle, **un débat pourrait être organisé au Parlement et aboutir ou bien à un processus législatif ou, pour le moins, à des recommandations précises aux partenaires techniques**.

EXAMEN DU RAPPORT PAR L'OFFICE

Lors de la réunion du 20 mars 1996, les députés et sénateurs membres de l'Office ont procédé à l'examen des conclusions du rapport présenté par M. Christian BATAILLE sur l'évolution de la recherche sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité.

M. Claude BIRRAUX, député, a souligné l'importance du rôle du Parlement dans la recherche d'une solution au problème des déchets à haute activité. En effet, grâce aux efforts des parlementaires, la voie de l'enfouissement n'est plus la seule à être sérieusement explorée et les différents programmes de recherche sont désormais considérés comme complémentaires au lieu d'être opposés. En ce qui concerne l'avenir de Superphénix, si le Parlement ne doit pas interférer dans les évaluations en cours, il lui faudra cependant s'interroger sur la place qui sera réservée à cette installation dans l'ensemble du programme de recherche sur la gestion des déchets.

M. Bernard SAUGEY, député, s'est lui aussi interrogé sur le rôle que pourrait être apte à jouer Superphénix en tant qu'instrument de recherche. Il a également évoqué les problèmes posés par l'incinération de certains déchets nucléaires alors que des solutions de neutralisation sont en voie de réalisation.

M. Henri REVOL, sénateur, a rappelé les recherches menées par le Professeur Carlo RUBIA, prix Nobel, qui a présenté récemment un projet de réacteur d'un nouveau type qui aurait entre autres l'avantage de pouvoir incinérer les actinides. Il a exprimé le souhait que l'Office organise prochainement une rencontre avec le Professeur RUBIA.

Répondant aux différents intervenants, M. Christian BATAILLE a lui aussi souligné l'importance du contrôle par le Parlement d'un dossier dont les aspects politiques sont déterminants. Il a exprimé le souhait de pouvoir continuer à suivre, pour l'Office, les questions relatives à l'aval du cycle du combustible nucléaire et a indiqué qu'il présentera, dans les mois qui viennent, la seconde partie de son rapport consacrée aux déchets nucléaires militaires.

Les conclusions du rapport de M. Christian BATAILLE ont été adoptées à l'unanimité.

ANNEXE I :**TEXTE DE LA LOI DU 30 DECEMBRE 1991****LOI n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative
aux recherches sur la gestion des déchets
radioactifs (1)**

NOR : INDX9100071L

L'Assemblée nationale et le Sénat ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

Art. 1er. - 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.

Art. 2. - Il est inséré, après l'article 3 de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, un article 3-1 ainsi rédigé :

« *Art. 3-1.* - Le stockage souterrain en couches géologiques profondes de produits dangereux, de quelque nature qu'ils soient, est soumis à autorisation administrative. Cette autorisation ne peut être accordée ou prolongée que pour une durée limitée et peut en conséquence prévoir les conditions de réversibilité du stockage. Les produits doivent être retirés à l'expiration de l'autorisation.

« Les conditions et garanties selon lesquelles certaines autorisations peuvent être accordées ou prolongées pour une durée illimitée, par dérogation aux dispositions de l'alinéa précédent, seront définies dans une loi ultérieure. »

Art. 3. - 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.

Art. 4. - 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 :

- 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.

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

A l'issue d'une période qui ne pourra excéder quinze ans à compter de la promulgation de la présente loi, 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.

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

Ces rapports sont rendus publics.

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

- 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 ;
- deux personnalités qualifiées désignées par le Gouvernement, sur proposition du Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires ;
- quatre experts scientifiques désignés par le Gouvernement, sur proposition de l'Académie des sciences.

Art. 5. - 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 6 à 12 ci-dessous.

Art. 6. - 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.

Art. 7. - 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.

Art. 8. - Sans préjudice de l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, 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 la loi n° 83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement.

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.

Art. 9. - 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.

Art. 10. - 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.

Art. 11. - 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.

Art. 12. - 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 8, 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.

Art. 13. - Il est créé, sous le nom d'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, un établissement public industriel et commercial, placé sous la tutelle des ministres de l'industrie, de la recherche et de l'environnement.

Cette agence est chargée des opérations de gestion à long terme des déchets radioactifs, et notamment :

- 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 ;
- d'assurer la gestion des centres de stockage à long terme soit directement, soit par l'intermédiaire de tiers agissant pour son compte ;
- 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 ;
- de définir, en conformité avec les règles de sûreté, des spécifications de conditionnement et de stockage des déchets radioactifs ;
- de répertorier l'état et la localisation de tous les déchets radioactifs se trouvant sur le territoire national.

Art. 14. - 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 4.

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 12.

Art. 15. - Un décret en Conseil d'Etat fixe en tant que de besoin les modalités d'application de la présente loi.

La présente loi sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 30 décembre 1991.

FRANÇOIS MITTERRAND

Par le Président de la République :

Le Premier ministre,

ÉDITH CRESSON

*Le ministre d'Etat, ministre de l'économie,
des finances et du budget,*

PIERRE BÉRÉGOVOY

Le ministre d'Etat, ministre de la fonction publique

et de la modernisation de l'administration,

JEAN-PIERRE SOISSON

Le ministre de la recherche et de la technologie,

HUBERT CURIEN

Le ministre de l'environnement,

BRICE LALONDE

Le ministre délégué au budget,

MICHEL CHARASSE

Le ministre délégué à l'industrie et au commerce extérieur,
DOMINIQUE STRAUSS-KAHN

(1) Travaux préparatoires : loi n° 91-1381.

Assemblée nationale :

Projet de loi no 2049 ;
Rapport de M. Christian Bataille, au nom de la commission de la production, n° 2115 ;
Discussion les 25 et 27 juin 1991 et adoption le 27 juin 1991.

Sénat :

Projet de loi, adopté par l'Assemblée nationale, n° 431 (1990-1991) ;
Rapport de M. Henri Revol, au nom de la commission des affaires économiques, n° 58 (1991-1992) ;
Discussion et adoption le 6 novembre 1991.

Assemblée nationale :

Projet de loi, modifié par le Sénat, n° 2319 ;
Rapport de M. Christian Bataille, au nom de la commission de la production, n° 2331 ;
Discussion et adoption le 25 novembre 1991.

Sénat :

Projet de loi, adopté avec modifications par l'Assemblée nationale en deuxième lecture, n° 110 (1991-1992) ;
Rapport de M. Henri Revol, au nom de la commission des affaires économiques, n° 127 (1991-1992) ;
Discussion et adoption le 11 décembre 1991.

Assemblée nationale :

Projet de loi, modifié par le Sénat en deuxième lecture, n° 2450 ;
Rapport de M. Christian Bataille, au nom de la commission mixte paritaire, n° 2464 ;
Discussion et adoption le 17 décembre 1991.

Sénat :

Projet de loi, adopté par l'Assemblée nationale ;
Rapport de M. Henri Revol, au nom de la commission mixte paritaire, n° 169 (1991-1992) ;
Discussion et adoption le 18 décembre 1991.

ANNEXE II :

**RECOMMANDATIONS DE LA COMMISSION
NATIONALE D'EVALUATION**

RESUME ET PRINCIPALES CONCLUSIONS

I - BILAN DES TRAVAUX DE LA COMMISSION NATIONALE D'EVALUATION

Créée en janvier 1994, mise en place en avril 1994, la Commission Nationale d'Evaluation a auditionné successivement :

- le Comité de suivi pour l'aval du cycle
- l'ANDRA
- le CEA
- l'IPSN
- la COGEMA
- l'EDF
- CNRS/IN2P3

Après examen des documents remis par les organismes et après avoir entendu diverses présentations, la Commission Nationale d'évaluation a pu rédiger son premier rapport d'évaluation qui a été remis au gouvernement le 30 juin 1995.

Cette évaluation porte sur l'ensemble des trois axes de recherche définis par la loi.

II - PREMIER CONSTAT

La Commission, dans le cadre de son évaluation, a auditionné les principaux organismes de recherche, mais n'a pas pu auditionner certains sous-traitants qui interviennent soit pour les investigations sur sites, soit pour certains aspects de la recherche scientifique. Il ressort des premières auditions que les liaisons entre les acteurs sont multiples et complexes et cela aussi bien pour les financements que pour l'exécution des études. De plus, l'implication des acteurs dans les différents axes de recherche est variable.

La Commission attire fortement l'attention sur la nécessité d'une coordination scientifique et technique de tous les organismes afin que tous les domaines de recherche soient traités de manière cohérente et ouverte. Ceci impose, entre autre, que les calendriers et les cahiers des charges soient compatibles entre eux et avec le délai de 15 ans fixé par la loi du 30 décembre 1991.

La Commission souhaite être éclairée sur ces points de manière à être en mesure d'inclure cet aspect particulier dans l'évaluation qui fera l'objet du prochain rapport et, si nécessaire, faire les recommandations appropriées.

Les documents remis et les exposés documentés faits à la Commission montrent que les recherches ont été entreprises ou poursuivies dès la promulgation de la loi, et que

certain résultats sont d'ores et déjà disponibles. Toutefois la Commission a constaté que le calendrier des recherches et, plus particulièrement celui relatif aux laboratoires souterrains, s'avère très tendu. En conséquence, la Commission souhaite d'une part, être régulièrement informée sur les calendriers des recherches, et elle souhaite, d'autre part, que les plans pluriannuels, ainsi que leurs mises à jour, lui soient communiqués régulièrement.

En ce qui concerne l'état des lieux des déchets relevant de la loi du 30 décembre 1991 et la connaissance de leurs caractéristiques radioactives et physico-chimiques, la Commission souhaite qu'une mise à jour soit faite régulièrement afin que les prévisions les plus réalistes pour les 30 prochaines années puissent permettre une prise en compte de tous les types de déchets à entreposer et à stocker.

III - RECOMMANDATIONS SUR LES STRATEGIES GENERALES DE LA GESTION DES DECHETS

La Commission a réfléchi d'une part, sur la finalité de la gestion des déchets relevant de la loi du 30 décembre 1991 et, d'autre part, sur les stratégies générales à mettre en oeuvre en France, après avoir pris connaissance des stratégies étrangères. Cette réflexion l'a conduite à formuler des recommandations de nature stratégique affectant les trois axes de recherche de la loi. (article 4).

D'un point de vue général, la Commission souligne l'intérêt d'un plan stratégique global à partir duquel il serait progressivement possible, grâce à l'avancement des connaissances et des études de sûreté et de faisabilité technique, d'apporter un certain nombre de clarifications importantes. Par itérations successives, il conviendrait en particulier d'affiner une stratégie qui serait pour chaque axe le meilleur compromis entre les objectifs souhaitables et les possibilités réelles d'application. Pour ce faire, une réflexion stratégique d'ensemble devra être maintenue en permanence et faire l'objet de discussions entre les divers acteurs techniques, scientifiques et les autorités réglementaires ou politiques. La mission d'évaluation confiée à la Commission doit contribuer à faire avancer et affiner cette réflexion stratégique. Au cours de ce processus, certains points importants pourraient être clarifiés en ce qui concerne notamment :

- pour l'axe 1, une hiérarchisation des radionucléides à considérer et la fixation des objectifs quantifiés de séparation et de transmutation des actinides,
- pour l'axe 2, les durées à prendre en compte pour le concept de stockage, notamment celles de l'intégrité souhaitée des différentes barrières ouvragées et géologiques ainsi que la durée et les motivations de la réversibilité des stockages,
- pour l'axe 3, la clarification de l'expression "longue durée" appliquée à l'entreposage dans le texte de la loi, ainsi que la prise en compte d'une stratégie

d'entreposage élargie, en particulier, compte tenu des perspectives de stockage des combustibles irradiés.

A ce stade de sa réflexion, la Commission souligne la nécessité d'études itératives de sûreté du stockage pour les sites envisagés, précisant, à partir des risques potentiels liés aux déchets, les risques réels résultant du stockage géologique de ces mêmes déchets. De telles études sont considérées comme indispensables à la clarification des objectifs à atteindre dans chaque axe de la loi et doivent être à la base de réévaluations périodiques sur le plan stratégique.

Enfin la Commission a noté l'absence, dans les présentations effectuées jusqu'ici, d'études sur les aspects socio-politiques. La composante d'information et la participation du public au débat sur la gestion des déchets radioactifs sont importantes et justifient le souhait de la Commission d'être éclairée sur ce point.

IV - RECOMMANDATIONS SPECIFIQUES POUR CHAQUE AXE DE RECHERCHE

Les documents remis et les présentations effectuées par les organismes au cours des auditions ont permis à la Commission d'évaluer l'ampleur des recherches déjà en cours et celles qui sont projetées. Pour chaque axe de recherche, des recommandations sont formulées. Afin que les objectifs fixés par la loi soient atteints et que la cohérence des recherches soit assurée entre les différents domaines, quelques recommandations spécifiques sont également présentées en conclusion du rapport.

axe 1 : La Commission recommande aux acteurs de la recherche de bien situer l'ensemble des travaux dans les deux stratégies explicitées par la Commission, à savoir :

- la stratégie de séparation-transmutation (S-T),
- la stratégie de séparation-conditionnement (S-C).

En ce qui concerne la séparation chimique poussée, qui est en facteur commun aux deux stratégies S-C et S-T, la priorité doit être mise sur la séparation de l'américium et du curium des lanthanides, puis de l'américium et du curium pour la première de ces stratégies.

Pour la seconde, l'effort concerne principalement certains produits de fission à vie longue, notamment ceux dont la transmutation paraît très difficile comme le césium, ainsi que les actinides séparés. La séparation du technétium, qui peut faire l'objet d'un traitement relevant des deux stratégies, est également recommandée.

En ce qui concerne la transmutation, la Commission recommande que soient bien définies les options à court et moyen termes qui concernent des systèmes industriels ou en voie d'industrialisation, tels que les réacteurs rapides ou les réacteurs futurs du parc, des options à plus long terme qui se fondent sur l'ensemble des systèmes innovants envisageables.

S'agissant des options à court et moyen termes, la Commission estime qu'il y a lieu de minimiser, autant que faire se peut, la production de déchets, de moduler, selon les besoins, la production de plutonium et d'améliorer les performances du recyclage des actinides, notamment dans les réacteurs à eau.

Les options à long terme concernent des systèmes tels que les réacteurs dédiés à la transmutation ou des systèmes assistés par accélérateurs, qui nécessitent un important effort de recherche fondamentale et appliquée et de développement. Aussi, la Commission recommande que soient bien identifiées les diverses options techniques, comprenant une évaluation (avantages - inconvénients), et une étude de faisabilité technique (performances, production de déchets, sûreté, opérations du cycle associées, opérabilité, coûts, industrialisation). En amont, un important effort de recherche à caractère plus fondamental est à mener dans de nombreux domaines tels que les données nucléaires, les modèles et outils de simulation, les accélérateurs de haute intensité, les matériaux.

La Commission souhaite que, plus particulièrement sur l'ensemble des évaluations et recherches relatives à ces options à long terme, les divers acteurs de la recherche concernés, essentiellement le CEA et le CNRS, privilégient la coopération entre eux, et que des moyens adaptés soient accordés.

axe 2 : La Commission est unanime à considérer que la planification présentée par l'ANDRA pour remplir sa mission est très tendue. Elle souhaite être informée de l'incidence des divers aléas sur le calendrier prévisionnel et recevoir en temps voulu les dossiers nécessaires pour lui permettre d'émettre son avis.

La Commission recommande à l'ANDRA de veiller particulièrement à l'examen des points suivants qui lui paraissent importants et de prendre les dispositions appropriées :

- fixation aux sous-traitants des objectifs et priorités pour assurer la cohérence des calendriers et des cahiers des charges,
- établissement et présentation des programmes expérimentaux à réaliser dans les futurs laboratoires souterrains, en fonction de l'avancement de leur réalisation,

- établissement des données de base pour les barrières, et en particulier pour les barrières ouvragées et les colis,
- études fondamentales concernant la géochimie des eaux, la géoprospective, les paléocirculations et le retour des radionucléides à la biosphère,
- études itératives et intégrées pour la sûreté prenant en compte, au fur et à mesure qu'ils sont acquis, les résultats des investigations sur sites. Ainsi qu'il a déjà été souligné, ces études sont d'une importance capitale pour la définition d'une stratégie globale.

axe 3 : La Commission formule des recommandations sur les cinq domaines suivants :

- pour les matrices et les matériaux de confinement, la poursuite des recherches sur les verres (pour les nouveaux types de déchets issus de l'évolution du retraitement) et sur leur comportement à long terme doit être prioritaire. Les études de comportement à long terme des autres matrices (bitumes, liant hydraulique) doivent cependant être poursuivies et étendues. Les recherches sur les matrices minérales (céramiques, minéraux connus pour leur stabilité à l'échelle des temps géologiques) doivent également bénéficier d'un effort accru pour aboutir à des choix rationnels. Enfin l'harmonisation de tests permettant les intercomparaisons de matrices et de matériaux de confinement doit être mise en place,
- pour les déchets entreposés en vrac, les décisions à prendre pour le devenir des déchets doivent l'être au cas par cas selon le type de déchet et les conditions de son entreposage actuel. Un examen détaillé devra être fait pour chaque entreposage en prenant en compte les perspectives à long terme et les critères d'acceptation de l'ANDRA pour les colis définitifs avant toute décision motivée par la sûreté à court terme,
- pour les colis de déchets de type B, les travaux sur les conteneurs à haute performance et à haute intégrité doivent être poursuivis. Les interfaces déchets/conteneurs, et conteneurs/environnement devront être tout particulièrement étudiés. Les études relatives aux déchets anciens, particulièrement du type B, et celles relatives à l'ensemble des procédés liés au retraitement poussé devront être cohérentes et concrètes et conduire à des colis spécifiés compatibles avec le concept de stockage,
- pour les entreposages dans l'option retraitement, la qualité de confinement des entreposages anciens doit être privilégiée. La conception des nouveaux entreposages "longue durée" devra être présentée à la Commission dès que

possible en définissant : la durée, les options de sûreté et les spécifications requises pour les colis,

- pour les entreposages dans l'option stockage direct, les scénarios, les options, les calendriers d'études devront être présentés à la Commission dès que les options stratégiques sur le retraitement ou non retraitement seront proposées par EDF et COGEMA.