



**HAL**  
open science

## La gestion des déchets radioactifs

François Chapelle, Alain Strebelle

► **To cite this version:**

François Chapelle, Alain Strebelle. La gestion des déchets radioactifs. Sciences de l'ingénieur [physics]. 1994. hal-01909820

**HAL Id: hal-01909820**

**<https://minesparis-psl.hal.science/hal-01909820>**

Submitted on 31 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris  
Corps Techniques de l'Etat

ÉCOLE NATIONALE  
SUPÉRIEURE DES  
MINES  
BIBLIOTHÈQUE  
IE 1 [296]

LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

Le cas de la France et de quatre pays de l'OCDE

**CONSULTATION SUR PLACE**

François CHAPELLE  
Alain STREBELLE

Juillet 1994



## Remerciements

Nous remercions vivement M. André-Claude Lacoste, Directeur de la Sûreté des Installations Nucléaires de Base, et M. Jean-Christophe Niel, Sous-Directeur à la DSIN, de nous avoir permis d'étudier le thème de la gestion des déchets radioactifs en nous consacrant beaucoup de temps et de moyens et en nous apportant les introductions auprès des personnes compétentes.

Nos entretiens périodiques avec M. Jean-Christophe Niel nous ont été fort profitables pour orienter cette étude.

Nous remercions également M. Jean Hulst, Mme Christine Feltin et M. Jacques Rabouhams, du Service des relations internationales de la DSIN pour la préparation et l'organisation de nos visites à l'étranger.

Mlle Sabine Vivier nous a également beaucoup aidé pour la préparation de ces déplacements et la duplication des références bibliographiques et nous lui sommes reconnaissant de sa disponibilité.

Notre pilote de mémoire, M. François Engel, professeur de comptabilité à l'Ecole des Mines de Paris, a consacré beaucoup de son temps et de son énergie à nous guider et à nous faire garder du recul vis-à-vis du "milieu nucléaire" et nous lui en savons gré.

Enfin, nous remercions toutes les personnes, tant en France qu'à l'étranger et tant au niveau des sièges que sur le terrain, qui ont bien voulu nous recevoir et nous consacrer, aimablement et sans compter, de leur temps.

# LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

## RESUME

### *Les déchets de haute activité et à vie longue*

Le combustible irradié est très fortement actif et contient des éléments dont la période est supérieure à un million d'années. Après quelques centaines d'années, les éléments à vie courte, qui dominent l'activité au départ, ont quasiment tous disparu; le danger n'est alors plus dû à l'irradiation externe, mais au risque de contamination et d'irradiation interne par des éléments à vie longue, émetteurs alpha.

La méthode d'enfouissement dans des structures géologiques profondes fait la quasi-unanimité dans les milieux scientifiques et techniques internationaux en charge de la résolution du problème (institutions de gestion, géologues,...). Tous les pays avec une industrie électronucléaire ont un programme de stockage géologique profond. La coopération internationale est très développée, notamment par l'intermédiaire de l'Agence de l'Energie Nucléaire(AEN) de l'OCDE, l'Agence Internationale de l'Energie Atomique(AIEA) et la Communauté Européenne. Le coût de chaque installation serait très élevé (10 à 15 milliards de francs), mais ramené au coût du kWh, il serait faible. A titre indicatif, en France, une provision de 1centime / kWh représenterait une somme annuelle de 4,4 milliards de francs.

La sûreté à long terme de ces stockages ne pourra pas être prouvée de manière absolue. Les analyses de migration des radionucléides vers la surface feront appel à des jugements d'experts, notamment pour le choix des scénarios d'évolution: le doute et la controverse auront toujours leur place. Les recherches actuelles consistent à réduire les marges d'incertitude en associant plusieurs démarches: une démarche naturaliste, une démarche expérimentale et la modélisation mathématique.

La séparation des éléments à vie longue et leur transmutation en éléments à vie courte ne seront pas au point avant quelques dizaines d'années et ne devraient pas permettre d'échapper totalement à des stockages souterrains (pas d'efficacité à 100%). Sa mise en oeuvre risque de coûter très cher. De plus, elle augmentera les risques à court terme et la quantité de déchets secondaires.

Malgré le consensus des experts, les travaux de recherche de sites progressent très lentement et se heurtent partout au rejet par les populations locales. Celui-ci est dû à la peur du nucléaire, au manque de confiance envers les industriels et l'administration, et aussi à l'activité d'associations anti-nucléaires. Il s'inscrit également dans un contexte plus général de refus des installations d'élimination de déchets de tous types (syndrome NIMBY: Not In My Back Yard). L'appui des hommes politiques aux projets est difficile à acquérir (syndrome NIMEY: Not In My Electoral Year). En fait, la critique principale du public concerne la façon dont les sites ont été choisis, sans information préalable et sans consultation des élus et des populations concernées. Un manque de contrôle sociopolitique sur les choix scientifiques et technologiques (voies de recherche, réversibilité,...) a été également ressenti.



En France, après une première tentative de choix de sites, sans concertation préalable, l'Agence Nationale des Déchets Radioactifs(ANDRA) et le gouvernement ont dû revenir en arrière. Un nouveau choix a été fait sur la base du volontariat, dans le cadre d'une nouvelle loi. Cette loi du 30 décembre 1991 prévoit notamment les processus de décision, d'information, d'accompagnement économique: elle donne des garanties aux communautés qui accueilleront les laboratoires souterrains. Quatre sites volontaires ont été choisis pour des investigations préliminaires. Cependant, l'établissement d'un site d'enfouissement n'est pas encore assuré et l'opposition sur les quatre sites pourrait réapparaître ou augmenter. Le projet pourrait alors être à nouveau retardé.

La loi de 1991 remet également en cause le consensus qui s'était formé pour les stockages géologiques: elle ouvre des voies de recherche abandonnées (séparation-transmutation et entreposage prolongé). Il s'agit d'une remise en cause de la délégation des choix technologiques aux experts par l'institution de contrôle parlementaire.

Dans tous les pays "nucléaires", les gouvernements ont dû introduire plus de transparence et de démocratie dans les processus de choix des sites. L'information et la concertation sont pratiquement les seules solutions disponibles, mais la recherche d'un consensus total est peut-être illusoire; il n'y a pas de stratégie qui garantisse contre les tensions, comme on a pu le constater pour les déchets industriels en général. Le député Christian Bataille, médiateur parlementaire et à l'origine de la loi de 1991, mettait en garde contre les minorités dont les manifestations excessives pourraient bloquer un projet d'intérêt général. Il semble en effet incontestable qu'une génération qui profite de la production des centrales nucléaires ait la responsabilité de trouver une solution définitive au problème des combustibles irradiés, sans en faire porter la charge aux générations suivantes.

En pratique, il n'y a pas d'urgence technique à l'enfouissement des combustibles irradiés: les volumes sont faibles et peuvent facilement et sûrement être entreposés en surface pendant plusieurs décennies. D'ailleurs certains (dont les associations anti-nucléaires) préfèrent cet entreposage prolongé en surface. Cela permet d'attendre qu'une autre solution soit disponible (transmutation), ou que les circonstances sociales et politiques soient plus favorables.

L'irréversibilité est une des critiques principales du public à l'égard des stockages souterrains. La loi de 1991 prévoit l'étude des solutions de stockages réversibles, mais ce serait sûrement pour une durée limitée.

Cependant, cette solution d'attente n'est pas suffisante ni satisfaisante: comme l'explique le député Christian Bataille, notre génération qui profite des centrales nucléaires doit aussi tout faire pour résoudre le problème de l'élimination des combustibles irradiés. La recherche, en particulier dans le domaine des stockages profonds qui représentent la solution la plus prometteuse, est indispensable. Comme il est écrit dans la Bible, "il n'est pas de notre devoir de finir la tâche, mais il est de notre devoir de la commencer".

Il serait utile de prouver qu'une solution est disponible pour évacuer les déchets issus du coeur des réacteurs, avant de renouveler le parc nucléaire, ce qui doit arriver aux alentours de 2010. Il faudrait connaître le coût de cette solution pour préciser au mieux le prix du kWh nucléaire et le comparer à d'autres filières énergétiques. Ici se pose la question du taux d'actualisation à utiliser pour les calculs économiques en matière énergétique: le taux de 8 % utilisé par EDF rend très faibles les dépenses de gestion des déchets qui auront lieu très tard



dans le cycle. Les écologistes aimeraient appliquer des taux nuls pour tenir compte des problèmes d'environnement à long terme.

La pénurie d'uranium envisagée il y a dix ans n'ayant pas eu lieu et les réacteurs surgénérateurs ne s'étant pas développés, on peut s'interroger sur l'intérêt du retraitement du combustible irradié. Beaucoup de pays l'ont abandonné, les Etats-Unis en particulier.

L'objectif du retraitement est double: d'une part, récupérer les matières fissibles (plutonium et uranium soit 96 % du combustible usé) pour les réutiliser (réacteurs à neutrons rapides(RNR) et combustible Mox), d'autre part, trier et conditionner les déchets de différentes catégories, de manière à optimiser leur élimination.

Les usines les plus récentes de la COGEMA produisent peu de déchets secondaires, ce qui était reproché au retraitement. Le plutonium devrait être recyclé dans du combustible Mox, et COGEMA prévoit la construction d'une usine d'enrichissement de l'uranium de retraitement, ce qui rendrait cohérent la filière. Cependant, l'utilisation du Mox ne permet pas d'éliminer tout le plutonium, et sans réacteur à neutrons rapides (RNR), il est probable que l'on se dirige vers une situation de retraitement différé pour certains combustibles puis, peut-être, de stockage direct. Il est souhaitable d'arriver à l'adéquation des flux.

L'une des critiques principales au retraitement est le risque de prolifération nucléaire qui semble préoccuper un certain nombre de pays (Etats-Unis, Suède, Canada,...) dans le contexte politique international actuel.

En ce qui concerne la sûreté à long terme des stockages souterrains, les déchets vitrifiés sont certes moins nocifs que les combustibles irradiés, mais ce n'est pas un avantage fondamental. Le stockage direct est tout aussi possible que le stockage après retraitement.

Le choix du retraitement semble devoir se faire sur des critères économiques et des arguments de politique énergétique. Nous n'avons pas beaucoup approfondi ce sujet. Les Américains et les Allemands prétendent que le retraitement coûte deux fois plus cher que le stockage direct. Mais, une fois les installations construites le calcul n'est certainement pas le même. Les installations de la COGEMA sont qualifiées industriellement et fonctionnent avec une sûreté satisfaisante, et les travailleurs y reçoivent des doses très peu élevées.

Quant au stockage direct, il pose la question de la réversibilité en d'autres termes, car il est difficile de prétendre que dans quelques dizaines d'années on n'aura pas besoin du plutonium et de l'uranium contenus dans les combustibles irradiés stockés.

### ***Les déchets de très faible activité***

Depuis 1991, les polémiques sur les déchets de haute activité ont été relayées par des affaires liées à la gestion des déchets de très faible activité. En 1991, l'attention a été attirée sur une ancienne décharge du CEA à Saint-Aubin, faiblement contaminée. En 1994, l'affaire Radiacôntrôle concerne le recyclage de ferrailles faiblement contaminées sorties d'un centre du CEA.

Ces affaires prennent une dimension importante quand on place en perspective les futurs démantèlements de centrales nucléaires, au cours desquels seront traités des millions de tonnes de matériaux de très faible activité. Les techniques d'élimination ou de recyclage de ces déchets



influenceront le coût de ces opérations.

Toutes les affaires récentes avaient en commun les caractéristiques suivantes: la quasi-absence de risques pour la santé a été très vite reconnue et les griefs contre les entreprises et les pouvoirs publics portaient sur la négligence, le manque de contrôle, la dissimulation, voire le mensonge. La crédibilité des acteurs de la filière a été fortement éprouvée.

On peut constater que le cadre réglementaire pour la gestion des déchets très faiblement radioactifs est flou, muet sur certains points, incohérent sur d'autres. Si la frontière entre les déchets de catégorie A (destinés à un centre de stockage de surface) et ceux de catégories B et C (destinés au stockage profond) est claire, les seuils inférieur et supérieur et la destination des déchets de très faible activité ne sont pas définis. La seule donnée exprimée dans la réglementation est le seuil de 100 Bq/g (ou 500 Bq/g pour les radionucléides naturels) qui constitue le seuil d'application de la réglementation sur la radioprotection (décret du 20 juin 1966 modifié). Ce seuil est utile pour déterminer les installations qui doivent être soumises à la réglementation des Installations Classées pour la protection de l'Environnement(ICPE) ou des Installations Nucléaires de Base(INB), mais il ne dit pas ce que l'on peut faire des déchets de très faible activité.

La classification usuelle (A,B,C) ne couvre pas non plus les déchets de très faible activité qui sont d'ailleurs très variés: résidus miniers, métaux, gravats,....

Face à ce refus de la banalisation et au flou réglementaire, il fallait trouver un cadre pour gérer ces déchets. Les envoyer au Centre de stockage de surface de l'Aube(CSA) n'est pas une solution satisfaisante, ni d'un point de vue économique (le stockage y coûte en moyenne 12 000 F/m<sup>3</sup>), ni du point de vue de l'optimisation de la sûreté (le CSA n'est pas conçu pour de tels déchets).

On peut s'interroger sur l'urgence à trouver une solution à ce problème. En effet, il n'y a pour l'instant qu'une faible quantité de déchets de très faible activité produits par l'exploitation des installations nucléaires: environ 2 000 m<sup>3</sup>/an.

Les déchets miniers, en beaucoup plus grande quantité (des millions de tonnes) et à vie longue, ont fait l'objet du rapport Barthélémy qui montrait la possibilité et la nécessité d'une solution adaptée à chaque site et proposait un processus réglementaire.

Les premiers démantèlements importants de centrales nucléaires ne commenceront qu'en 2017. Cependant, il est important de clarifier la situation si l'on veut que le renouvellement du parc électronucléaire (vers 2005-2010) soit bien accepté. De plus, pour les choix énergétiques, il faudrait que le coût du démantèlement soit connu.

Les exploitants ont d'abord demandé des règles plus précises en particulier des seuils d'exemption en dessous desquels un déchet ne serait plus considéré comme radioactif. De nombreux rapports ont été publiés sur le sujet, dont celui du parlementaire Le Déaut qui proposait des seuils réglementaires, mais ils sont restés sans suite.

Parallèlement, la Commission EURATOM est en train de réviser sa directive sur la radioprotection (base du décret du 20 juin 1966 modifié).



Une nouvelle approche, soutenue par l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN), consiste non pas à définir des seuils en dessous desquels on pourrait faire "n'importe quoi" avec ces déchets, mais à définir les déchets acceptables dans chaque installation de stockage ou de recyclage de déchets. Cette adéquation serait définie par des études d'impact spécifiques, où l'exposition de la population critique serait limitée à une dose triviale ( $10\mu\text{Sv/an}$ ), conforme aux recommandations de l'AIEA.

Récemment, la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN) et la Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP) ont poussé les producteurs à mettre en place un groupe de travail pour définir les modalités de gestion des déchets de très faible activité. L'ANDRA s'est également vu confier une mission sur les déchets radifères, en particulier les résidus de l'usine Rhône Poulenc de La Rochelle, et la définition d'un concept de stockage de déchets de très faible activité.

Enfin, plus récemment encore, la DSIN a réuni tous les acteurs pour mettre au point un cadre de travail. La définition de seuils universels de banalisation est pour l'instant inacceptable: elle se heurterait à l'opposition du public ainsi que des exploitants de décharges classiques, et ne serait certainement pas appuyée par les politiques. Elle poserait également le problème du contrôle de ces seuils et de la dilution. On s'oriente donc vers une filière contrôlée d'élimination des déchets de très faible activité et d'installations dédiées, adaptées aux risques potentiels et validées par des études d'impact (cf approche IPSN). L'élimination de ces déchets pourrait alors être prescrite dès l'autorisation de création d'une installation nucléaire.

Les solutions techniques sont connues, mais restent à formaliser. Cette approche, qui encourage la responsabilisation des producteurs de déchets et la concertation, pourrait rencontrer l'accord de principe des associations écologiques.

Cependant, elle présente certains dangers. Si l'on refuse des seuils de banalisation, par exemple pour des gravats de démantèlement, il faudra permettre des solutions adaptées au danger potentiel. Le projet de concept de stockage dédié de l'ANDRA, proche d'une décharge de déchets industriels de classe 1 (coût d'élimination d'environ 2000 à 3000 F/tonne), est sûrement trop sophistiqué et trop coûteux pour la plupart des déchets de démantèlement. Comme les exploitants proposaient de banaliser ces déchets, ils devraient pouvoir démontrer facilement qu'ils peuvent être enterrés sur le site en démantèlement, sans contrainte forte, avec une simple surveillance de la décharge et une servitude sur le site. En fait, plusieurs solutions techniques tenant compte de la diversité des déchets de très faible activité devraient pouvoir être développées.

Certains redoutent que le refus de seuil de banalisation ne bloque les solutions de décontamination et de recyclage. Si les producteurs de déchets doivent utiliser le même type de décharge pour tous les déchets sortant de zones nucléaires, ils ne seront pas incités à les décontaminer et à les trier selon leur nocivité: on pourrait ainsi aboutir à une situation non optimisée. On peut également avoir des doutes sur l'exigence de traçabilité totale pour les solutions de recyclage hors du "milieu nucléaire".

La réglementation ne devrait pas être trop prescriptive, mais définir des objectifs (mémorisation, impact radiologique,...). Elle pourrait évoluer parallèlement à la conception des solutions techniques. On peut craindre le coût administratif du cadre réglementaire qui se met en place: un suivi administratif du type INB (par objectifs) réclame bien plus de moyens qu'un suivi du type ICPE (normatif).

La participation du Ministère de l'Environnement et celle de l'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants(OPRI) aux travaux en cours sur l'élimination des déchets de très faible activité sont souhaitables.

L'impact des décharges dédiées et de la mise en place d'une filière contrôlée d'élimination de tous les déchets radioactifs sur le coût du démantèlement des centrales nucléaires n'est pas encore connu; des études seraient en cours à EDF sur ce thème.

Enfin, certaines réglementations et recommandations sont considérées comme excessivement prudentes et auraient été élaborées sous la pression de l'opinion. Ainsi, les dernières recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique(CIPR 60),, dont les bases scientifiques sont de plus en plus contestées, pourraient être l'exemple de l'excès de sévérité à éviter, même sous la pression d'une minorité active.

Que ce soit pour les déchets de haute activité ou pour les déchets de faible activité, aucune urgence technique n'apparaît ; l'urgence est stratégique (politique énergétique) et psychologique (crédibilité-confiance). La prudence et la rationalité pragmatique dans ce domaine sont préconisées par beaucoup de personnes. Il semble surtout important de montrer aux citoyens et à leurs relais que des "solutions scientifiquement et techniquement plausibles, socialement et économiquement viables et juridiquement acceptables" se mettent en place et que l'on progresse dans le sens de leurs attentes.

Il serait également souhaitable de "banaliser" la gestion des déchets radioactifs et notamment celle des déchets de faible et de très faible activité. En effet, depuis plus de trente ans, le nucléaire et la gestion de ses déchets ont un "sort" particulier en matière réglementaire: les procédures relatives aux INB sont non-intégrées et centralisées alors que les procédures pour les activités industrielles sont intégrées et déconcentrées, des textes s'appliquent à tous les secteurs industriels sauf au nucléaire,.... De même, toutes les communications et les manifestations d'information sur l'élimination des déchets sont "spécialisées": le cas des déchets radioactifs n'est jamais évoqué là où l'on traite des autres catégories de déchets. Cette situation de traitement particulier ne peut qu'entretenir un climat de suspicion et de réserve vis-à-vis de ce secteur d'activité.



# LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

## SOMMAIRE

	Page
<b><u>1. NOTIONS ET DONNEES DE BASE</u></b>	
1.1 La radioactivité et ses effets	1
1.2 D'où proviennent les déchets radioactifs?	5
1.3 Les acteurs	14
1.4 La gestion des déchets radioactifs	16
1.5 Le cadre légal et réglementaire	27
1.6 Les critiques générales	27
<b><u>2. LE COMBUSTIBLE IRRADIE</u></b>	
2.1 Le problème	34
2.2 Les solutions envisagées	35
2.3 Historique international	41
2.4 Historique en France	44
2.5 Un consensus sur la solution technique, mais aucune réalisation pratique	49
2.6 La prise en compte des aspects sociaux et politiques	51
2.7 Réversibilité et urgence	54
2.8 La question du retraitement	56
<b><u>3. LES DECHETS DE TRES FAIBLE ACTIVITE</u></b>	
3.1 Une situation faite d'incertitudes et bloquée de fait	58
3.2 Les premières réflexions : la revendication de seuils de banalisation	66
3.3 L'évolution récente : vers une filière contrôlée	73
3.4 La doctrine de la DSIN : compromis ou concession ?	76
3.5 L'aspect économique	80
3.6 Les déchets miniers	80
3.7 Les déchets des "petits producteurs"	81
<b><u>4. SITUATION DANS QUATRE PAYS DE L'OCDE</u></b>	
4.1 Les Etats-Unis	
4.2 Le Canada	83
4.3 La Suède	94
4.4 L'Allemagne	105
	115
<b><u>CONCLUSION</u></b>	124
<b><u>Annexes</u></b>	125



## LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

### Introduction

L'élimination des déchets nucléaires est devenue ces dernières années, l'un des principaux enjeux de l'industrie électronucléaire. En effet, une enquête réalisée en décembre 1993 indique que 63 % des Français s'estiment personnellement mis en danger par les sites de stockage de déchets nucléaires contre seulement 47 % par les installations nucléaires elles-même. Un sondage plus récent indique d'ailleurs que l'élimination des déchets radioactifs est la première préoccupation et la première inquiétude des français dans le domaine de l'environnement, bien avant l'effet de serre par exemple.

Si aujourd'hui EDF pourrait implanter une nouvelle centrale nucléaire sans opposition locale excessive, il n'en est pas de même d'une installation d'élimination des déchets.

Des affaires médiatisées illustrent ce refus depuis plusieurs années. Ainsi, entre 1987 et 1990, l'Agence Nationale des Déchets Radioactifs(ANDRA) a rencontré une très vive opposition sur les sites retenus pour l'implantation de laboratoires de recherche préalables à la construction de stockages souterrains pour l'enfouissement des déchets de haute activité et à vie longue. Cette opposition, paralysant les travaux, a abouti à un moratoire sur la construction des laboratoires de recherche puis à un abandon des sites.

Au moment où ce problème trouvait une solution politique, d'autres polémiques l'ont relayé à propos des déchets de très faible activité:

- en 1991, l'affaire de Saint-Aubin concernait une ancienne décharge du CEA contaminée par des boues faiblement radioactives;
- en 1994, des métaux faiblement contaminés, sortant d'un centre du CEA et "disparus" après recyclage, sont à l'origine de l'affaire Radiacontrôle, société ayant en charge la décontamination et l'élimination de ces métaux.

Toutes ces affaires montrent la peur et le refus de la banalisation de la radioactivité.

L'absence de solutions d'évacuation du combustible irradié et le problème de la banalisation des déchets de très faible activité sont devenus les arguments principaux des opposants au nucléaire. On peut se demander si cette industrie n'est pas menacée d'asphyxie par ses déchets.

La crédibilité de l'industrie électronucléaire et des pouvoirs publics a été très affectée par ces différentes affaires: le public n'a plus confiance dans les solutions que les experts lui proposent.

Ce problème de l'évacuation des déchets n'est pas spécifique au nucléaire, l'élimination des déchets industriels rencontrant les mêmes difficultés: aucune décharge de déchets industriels de classe 1 n'a été ouverte, en France, depuis plus de dix ans à cause du refus des populations riveraines concernées.

Nous allons évoquer dans ce mémoire les deux problèmes mis en évidence par ces affaires:

- Que faire des combustibles irradiés?
- Que faire des déchets de très faible activité, en particulier des millions de tonnes qui seront produites par les opérations de démantèlement des installations nucléaires?

Nous commencerons par un rappel de certaines notions et données de base sur la gestion des déchets radioactifs en France.

Les systèmes de gestion dans quatre pays de l'OCDE (Etats-Unis, Canada, Suède et Allemagne) seront évoqués, avec leurs spécificités, en dernière partie.

# **LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS**

## **I - NOTIONS ET DONNEES DE BASE**

# LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

## I - LES NOTIONS ET DONNEES DE BASE

### 1.1 LA RADIOACTIVITÉ ET SES EFFETS

#### 1.1.1 La radioactivité

La radioactivité est le nom donné à la transformation spontanée de certains atomes. Dans la nature, la plupart des atomes sont stables. Cependant, certains éléments ont des isotopes instables et pour retrouver un état stable se transforment spontanément en d'autres atomes en émettant de l'énergie sous forme de rayonnements appelés radiations: on appelle ces éléments des radionucléides.

Les différents types de rayonnement sont:

**\*le rayonnement alpha:** c'est l'émission de noyaux d'atomes d'hélium, très énergétiques mais peu pénétrants, dont la portée dans l'air est de quelques centimètres. Ils sont arrêtés par une simple feuille de papier.

**\*le rayonnement bêta:** il s'agit d'électrons, de masse plus faible que les particules alpha, mais bien plus pénétrants, dont la portée dans l'air est de quelques mètres. Il suffit d'une feuille d'aluminium pour les arrêter.

**\*le rayonnement gamma:** c'est un rayonnement électromagnétique beaucoup plus pénétrant. Il peut traverser plusieurs centimètres de plomb.

Les transformations radioactives alpha ou bêta sont fréquemment suivies par l'émission de rayonnement gamma. A ces trois types de rayonnements, il faut ajouter ceux constitués par des neutrons qui interviennent très peu pour les déchets radioactifs.

Ce sont ces rayonnements qui, lorsqu'ils pénètrent dans la matière vivante, provoquent une atteinte qui peut être préjudiciable aux édifices biologiques.

En dehors de sa nature, un rayonnement est caractérisé par son énergie.

#### ***La période***

Les radionucléides sont également caractérisés par une **période**: en effet, la radioactivité d'un radioélément décroît dans le temps suivant une loi exponentielle caractérisée par la "**période**", c'est à dire le temps au bout duquel sa radioactivité d'un corps est divisée par deux. La période est très variable d'un radionucléide à l'autre, pouvant aller de la seconde à plusieurs millions ou milliards d'années.

Dans le cas des déchets radioactifs, il s'agit d'une caractéristique très importante car elle permet de savoir combien de temps un produit radioactif reste dangereux.



### **L'activité**

La quantité d'un radionucléide dans une source (déchet par exemple) est exprimée par une activité: c'est le nombre d'atomes qui se désintègrent spontanément par seconde.

Le becquerel (Bq) est l'unité de mesure de cette activité. Il correspond à la désintégration d'un atome par seconde; c'est une unité extrêmement petite.

Pour situer l'ordre de grandeur:

\*dans un gramme de radium 226, il se produit 37 milliards de désintégrations par seconde,

\*dans un mètre cube d'eau de mer, il y a dix milles désintégrations par seconde,

\*l'écorce terrestre a une activité moyenne de 0,2 Bq/g,

\*l'organisme humain contient naturellement:

13 Bq de radium 226,

4500 Bq de potassium 40,

3700 Bq de carbone 14,

\*le granit a une activité pouvant atteindre 10 Bq/g et le minerai d'uranium de 200 à 400 Bq/g,

\*dans une maison en granit il se produit environ 4 milliards de désintégrations par seconde.

Jusqu'au milieu des années 80, on utilisait, pour mesurer l'activité, le Curie (Ci) qui vaut 37 milliards de becquerels

### **1.1.2 L'interaction des rayonnements avec la matière**

Les particules chargées (alpha, bêta) provoquent un phénomène d'ionisation dans la matière traversée. Les photons (gamma), qui peuvent parcourir des distances bien plus grandes, agissent par "effet Compton" ou par effet photo-électrique, c'est à dire en étant diffusés par un électron. Les neutrons interagissent avec les noyaux, en cédant leur énergie à des protons ou des neutrons.

L'interaction des rayonnements avec la matière se traduit donc essentiellement par un transfert d'énergie du rayonnement au milieu traversé.

### **La dosimétrie**

C'est la mesure de cette énergie transférée du rayonnement au milieu traversé; elle sert habituellement à estimer l'effet des rayonnements sur la matière vivante. Cette énergie transférée, appelée dose, s'exprime en gray (Gy), quantité d'énergie absorbée de 1 joule par kilogramme de matière. L'ancienne unité était le rad, 100 rad équivalant à un gray.

Cependant, les effets biologiques sont différents, à dose absorbée égale, suivant la nature du rayonnement. L'impact sur l'organisme humain est donc exprimé en équivalent de dose, dont l'unité est le sievert (Sv). Il est égal à l'unité de dose absorbée en gray pondérée par un facteur Q, exprimant le risque relatif à la qualité du rayonnement qui l'a délivré. Ce facteur Q a été déterminé empiriquement: Q=1 pour les rayonnements bêta et gamma, Q=20 pour les alpha,....

Cette unité a l'avantage d'avoir toujours la même signification en termes de risque, que la dose soit délivrée par des rayonnements alpha, bêta,... et quel que soit l'organe irradié. L'ancienne unité était le rem, 100 rem équivalant à 1Sv.

Qu'elle soit d'origine naturelle ou artificielle, la radioactivité est dangereuse pour l'homme si la quantité d'énergie absorbée est trop élevée, soit parce que son intensité est trop forte, soit parce que le temps d'exposition est trop long. Il est généralement admis que les conséquences seront différentes suivant que la quantité d'énergie sera apportée sur un temps plus ou moins long, d'où l'obligation de considérer le **débit de dose** (gray par heure, par jour,...) et le **débit d'équivalent de dose** (sievert par heure, par jour, par an).

Les rayonnements ionisants peuvent atteindre l'être humain par deux voies:

- par **irradiation externe**, c'est à dire par exposition à une source radioactive ou par contamination cutanée lorsqu'un produit radioactif entre en contact avec la peau,
- par **irradiation interne**, c'est à dire par inhalation ou ingestion de substances radioactives.

L'irradiation externe n'est effective que pendant la durée de l'exposition de l'organisme.

L'irradiation interne est limitée par l'élimination des radioéléments par l'organisme et par la décroissance de la radioactivité. On appelle "**dose engagée**" la dose cumulée dans le temps due à une irradiation interne.

En matière de déchets radioactifs et pour le public, l'irradiation externe présente un risque très faible. Le risque principal à long terme est l'irradiation interne par inhalations de radioéléments rejetés dans l'atmosphère sous forme d'aérosols ou de poussières ou par ingestion de radioéléments présents dans la chaîne alimentaire.

#### **Comment passer de l'activité (en Bq) à la dose (en Sv)**

Comme indiqué précédemment, les doses reçues par les individus peuvent provenir de l'irradiation externe ou de l'irradiation interne, c'est à dire de l'incorporation de substances radioactives. Celle-ci peut s'opérer par deux voies: l'ingestion et l'inhalation.

Pour chaque radioélément, car ils n'ont pas tous la même radiotoxicité et celle-ci varie en outre en fonction de la forme physico-chimique sous laquelle il se trouve, pour chaque voie d'exposition et pour chaque tranche d'âge, il existe ce que l'on appelle le **facteur de dose**, c'est à dire la dose de rayonnement que va induire l'incorporation d'une activité de 1 Bq. Le facteur de dose est exprimé en Sv/Bq.

A côté de ce facteur de dose peut exister un **facteur dit de pondération tissulaire**, spécifique à un organe du corps humain lorsque celui-ci est particulièrement sensible à un radionucléide.

Pour une irradiation donnée, l'équivalent de dose reçu par l'homme est donc différent selon qu'il s'agit d'une irradiation interne ou externe et selon la partie ou l'organe du corps recevant cette irradiation: les effets sont également bien évidemment différents.

Les différentes valeurs de facteurs de dose et de facteurs de pondération tissulaire font l'objet de recommandations par des experts indépendants (Commission Internationale de Protection Radiologique-CIPR): ces recommandations, bien que facultatives, sont reprises dans la plupart des législations nationales.



### 1.1.3 Effets des rayonnements ionisants sur l'homme

Au niveau microscopique, les rayonnements agissent en créant des modifications chimiques, lésant certaines cellules ou provoquant leur mort. L'organisme de l'homme réagit par des mécanismes de restauration.

Les conséquences chez l'homme des fortes irradiations sont connues et mesurées depuis plusieurs années. Pour certaines de ces conséquences, on parle "d'effets déterministes" car ils apparaissent inéluctablement. Ainsi, on sait que:

- des taux d'irradiation supérieurs à 10 Sv entraînent une mort certaine,
- des taux d'irradiation de 5 à 10 Sv causent des troubles organiques graves (ataxie, léthargie, coma, leucopénie, hémorragies,...), parfois irréversibles ou -fatals, après quelques jours, voire plus rapidement,
- entre 1 et 5 Sv, les effets sur l'organisme sont graves mais réversibles et exigent plusieurs semaines de traitement et de délai de guérison.

Au-delà d'une dose d'environ 0,5 Sv, il a été possible de mettre en évidence une augmentation de la fréquence d'apparition de leucémies ou de certains cancers qui apparaissent déjà naturellement chez l'homme. Pour les fortes doses, l'augmentation des décès par cancer a été estimée à 1% par Sv, sans cependant que l'on puisse distinguer et individualiser les cancers radio-induits parmi un groupe d'individus ayant subi une irradiation de forte dose. Ces effets sont communément appelés "effets aléatoires".

Aux doses intermédiaires entre la radioactivité naturelle et 0,5 Sv, aucun effet nuisible à la santé n'a pu être observé.

Les effets aléatoires et non aléatoires concernent l'organisme lui-même, et sont aussi appelés "effets somatiques".

D'autres effets concernent la descendance des êtres vivants irradiés et sont appelés "effets génétiques". Ils sont aussi aléatoires et ont été observés à très forte dose sur les plantes et quelques espèces animales; ils n'ont jamais été observés sur l'homme.

En fait, quand les doses diminuent, les effets deviennent de moins en moins évidents et finissent même par ne plus être étudiables. En dessous de 0,25 Sv, même avec les investigations les plus poussées, on ne peut plus mettre en évidence une action biologique significative. L'effet à long terme des faibles doses, s'il existe, se perd dans le bruit de fond, lui-même variable et non connu de façon précise, si bien qu'on est incapable d'affirmer et de prouver s'il existe ou non.

L'impossibilité dans laquelle on est d'observer l'apparition d'effets pathologiques en dessous d'un certain niveau de radioactivité ne signifie pas que les faibles doses ne sont pas nocives pour la santé. Les évaluations des risques des faibles doses, qui ont fait l'objet de nombreux travaux, ne reposent pas sur des constatations de faits réels mais sur des extrapolations.

Sur ce thème deux hypothèses contradictoires s'affrontent:

- la relation dose-effet est linéaire: si une dose de 1 gray provoque dans une population

donnée 100 cancers, une dose de 0,01 gray provoquera dans la même population l'apparition d'un seul cancer;

- la probabilité de l'effet est négligeable en dessous d'une certaine dose et il existerait donc un seuil en dessous duquel la radioactivité est sans danger.

Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de trancher entre ces deux hypothèses. La tendance présente est, en dehors de toute démonstration scientifique, de considérer la première hypothèse et de donner aux faibles doses une importance qu'elles n'ont peut-être pas réellement: c'est une attitude de "prudence" qui prévaut donc.

#### 1.1.4 La radioactivité naturelle

La radioactivité est un phénomène que nous trouvons dans notre environnement depuis la naissance de l'univers: l'homme est soumis à une irradiation naturelle, permanente, interne et externe.

L'homme reçoit par irradiation interne environ 0,3 mSv/an, irradiation due aux radioéléments que l'organisme contient naturellement (radium 226, potassium 40 et carbone 14). En outre, une irradiation interne significative est due à l'inhalation de radon et de ses descendants. Le radon est issu de la décroissance radioactive de l'uranium qui est présent dans les roches et notamment dans le granit. Cette irradiation par le radon conduit à une dose moyenne annuelle de 1 mSv: elle est très variable d'une région à l'autre et selon le type d'habitat (matériau, aération,...).

Par irradiation externe due à la radioactivité des matériaux qui nous entourent, l'homme reçoit en moyenne 0,35 mSv/an. Mais la nature présente dans certaines régions du globe des terrains dont la radioactivité est 10 à 20 fois plus importante et produit sur l'homme une irradiation annuelle totale de 10 à 20 mSv.

Enfin, la terre est irradiée en permanence par les rayons cosmiques provenant de l'espace interstellaire de notre galaxie. Ces derniers provoquent chez l'homme une irradiation de 0,35 mSv/an au niveau de la mer; mais cette dose varie avec l'altitude et peut atteindre 1 mSv/an à 3000 m d'altitude.

Au total, en France, l'homme vit dans un environnement qui provoque une irradiation annuelle moyenne de 2 mSv, l'irradiation variant suivant les régions de 1,6 mSv à 6 mSv/an. Dans certaines régions du monde, en Iran par exemple, des populations vivent en subissant une irradiation annuelle pouvant atteindre plusieurs centaines de millisievert.

A cette radioactivité naturelle s'ajoute la radioactivité artificielle qui peut avoir plusieurs origines: activités industrielles, soins médicaux (radiographie,...), loisirs (télévision),.... Annuellement cet apport est de l'ordre du millisievert, l'essentiel provenant des soins médicaux.

#### 1.2 D'OÙ PROVIENNENT LES DÉCHETS RADIOACTIFS?

Toutes les activités humaines génèrent des déchets, c'est à dire des substances dont on n'a pas d'usage et qui sont plus ou moins nocives pour l'homme et son environnement. L'utilisation industrielle de la radioactivité n'échappe pas à cette règle.



On peut retenir que la production de déchets radioactifs en France est voisine de 1 kg par an et par habitant. Ce chiffre est à comparer aux quelques 2500 kg par an et par habitant de déchets industriels et domestiques.

Au premier rang des utilisateurs de la radioactivité, et donc des producteurs de déchets, on trouve la filière permettant la production d'électricité par l'énergie nucléaire qui produit plus de 85% du total des déchets radioactifs. Mais la radioactivité a d'autres applications, notamment en médecine, dans l'industrie et pour la recherche, qui produisent également des déchets.

### 1.2.1 Qu'est-ce qu'un déchet radioactif?

Les déchets radioactifs sont formés soit par les radioéléments eux-mêmes, soit par des matériaux, appareillages, outillages,..., contaminés par eux. Ils sont ainsi produits tout au long du cycle du combustible nucléaire: fabrication du combustible, fonctionnement des réacteurs, ...

Au sens de la loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux, un déchet est "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. Est ultime un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux".

Pour l'Agence de l'Energie Nucléaire (AEN) de l'OCDE, un déchet radioactif est "toute matière contenant des radionucléides en concentration supérieure aux valeurs que les autorités compétentes considèrent comme admissibles dans les matériaux propres à une utilisation sans contrôle et pour laquelle aucun usage n'est prévu".

Les déchets radioactifs sont caractérisés par:

- la nature des radionucléides qu'ils contiennent: rayonnement émis, activité et période, et leur forme physico-chimique,
- les quantités de chacun de ces radioéléments exprimés en becquerels ou en becquerels par unité de masse ou de volume.

En pratique, on utilise parfois une valeur globale de l'activité, qui est la somme de toutes les activités des radionucléides présents. Cependant, comme la toxicité et la période varient beaucoup d'un élément à un autre, cette valeur globale décrit mal le danger constitué par le déchet. Ainsi, un becquerel de plutonium 239 est 15000 fois plus nocif par ingestion qu'un becquerel de tritium.

Parfois, on utilise des valeurs d'activité globale pour un ensemble d'éléments émettant le même type de rayonnement, ce qui est plus significatif qu'une activité globale sans référence au type de rayonnement. Par exemple, les déchets admissibles au Centre de Stockage de surface de l'Aube (CSA) géré par l'Agence Nationale des Déchets Radioactifs (ANDRA) ne doivent pas dépasser, en activité alpha, 3700 Bq/g par colis.

La notion de l'AEN-OCDE introduit une notion de seuil en dessous duquel un matériau ne serait pas considéré comme radioactif. Ceci est cohérent avec le fait que tout sur Terre est plus ou moins radioactif et avec les pratiques pour d'autres polluants (métaux lourds,...). Cependant,



la définition d'un tel seuil n'est pas résolue à ce jour. Ce sujet sera abordé en 3ème partie de ce rapport où nous verrons que pour l'instant on semble se diriger vers une définition plutôt "géographique" des déchets radioactifs.

### **1.2.2 Le cycle électronucléaire**

#### ***Les mines d'uranium***

Les minerais d'uranium exploités en France ont une teneur en uranium assez faible, de l'ordre de quelques kilogrammes d'uranium métal par tonne de minerai. C'est ainsi qu'à fin 1992, un peu plus de 48 millions de tonnes de minerai ont été extraites en France contenant environ 64000 tonnes d'uranium, soit une teneur moyenne de 0,133 %.

L'uranium naturel contient essentiellement de l'uranium 238 non fissile; l'uranium 235 fissile ne représente que 0,7% de l'uranium total. Chacun de ces isotopes de l'uranium est à l'origine d'une "famille" d'éléments radioactifs. Celle de l'uranium 238 comprend 16 descendants successifs dont un élément gazeux, le radon 222, qui joue un rôle important en matière de radioprotection.

Dans le minerai naturel, il y a un équilibre entre les descendants, c'est à dire que l'activité est la même pour tous les radioéléments au sein d'une même famille. Ainsi, un minerai à 0,2% d'uranium contient 25 Bq/g d'uranium 238 et autant pour chacun des descendants. L'activité des éléments de la famille de l'uranium 235 est relativement faible.

L'exploitation des zones minéralisées se fait soit à ciel ouvert, lorsque le gisement est proche de la surface, soit par galeries souterraines. L'accès aux gisements, c'est à dire l'enlèvement des terres de couverture ou de roches encaissantes, produit les stériles miniers. Il ne faut pas confondre ces stériles avec les résidus de traitement du minerai: les stériles ont bien sûr une certaine teneur en uranium (généralement inférieur à 0,03%), mais ils n'ont subi, en dehors de l'extraction, aucun traitement physique ou chimique.

Pour les mines à ciel ouvert, la proportion de stériles produits est en moyenne de 10 tonnes de stériles pour une tonne de minerai. Pour l'exploitation en mine souterraine, cette proportion est plus faible, de l'ordre de une tonne de stériles pour une tonne de minerai.

De par les volumes produits, les stériles affectent l'environnement, mais leur nuisance est essentiellement d'ordre esthétique.

#### ***Les installations de traitement des minerais***

Compte tenu de la faible teneur en uranium des minerais, et pour limiter les opérations et les coûts de transport, ceux-ci sont généralement traités sur les lieux d'extraction.

En fonction de critères économiques et selon leur teneur, les minerais sont traités soit par lixiviation statique (minerais pauvres), soit par lixiviation dynamique (minerais les plus riches). Selon la nature du minerai, le traitement se fait par voie acide ou par voie basique: pour la plupart des minerais des sites français, la lixiviation se fait avec de l'acide sulfurique, en présence éventuelle d'un oxydant, le chlorate de sodium.

Quelle que soit la voie de traitement, les principes sont les mêmes:

- les solutions recueillies par lixiviation sont envoyées dans un atelier de purification et de concentration de l'uranium. Dans ces ateliers, les liqueurs sont traitées afin d'extraire



sélectivement l'uranium et de produire un sel, le di-uranate d'ammonium, contenant environ 75% d'uranium. Ces uranates de couleur jaune et de faible granulométrie sont appelés "yellow cake".

- les résidus solides de l'attaque sont lavés à l'eau puis stockés sur des aires réservées à cette fin.

Les résidus contiennent encore un peu d'uranium mais surtout, la quasi-totalité de ses descendants et en particulier le radium 226 qui donnera à son tour du radon 222. Ils ont une radioactivité égale à environ 65-70 % de celle du minerai d'origine et se présentent sous forme pulvérulente facilement dispersable.

Le bilan total du traitement des minerais, en France, se présente ainsi:

- 48 millions de tonnes de minerais extraites et traitées,
- environ 64 000 tonnes d'uranium produites,
- 47 millions de tonnes de résidus stockés sur 22 sites différents, à proximité des mines et des centres de traitement. 29 millions de tonnes sont des résidus de lixiviation dynamique et 18 millions de tonnes de lixiviation statique.

L'activité moyenne en radon 222 de ces résidus est de:

- 20 Bq/g pour la lixiviation dynamique,
- 5 Bq/g pour la lixiviation statique.

Ces résidus sont stockés soit dans les anciennes mines soit dans des bassins spécifiques créés à cet effet.

Cette masse de résidus faiblement radioactifs, mais à vie longue, pose des problèmes spécifiques, notamment par le dégagement de radon.

L'activité d'extraction est aujourd'hui en rapide décroissance en France; la quantité de résidus qui sera produite dans les prochaines années sera donc sensiblement plus faible que la quantité de résidus déjà produits et stockés.

### ***Les installations du cycle du combustible***

Une fois le minerai extrait et concentré, il est envoyé dans différentes installations où il va être raffiné et préparé pour la fabrication du combustible nucléaire: les opérations correspondantes sont complexes et nombreuses. Schématiquement, le processus qui permet d'arriver au combustible est le suivant:

- conversion du diuranate d'ammonium pour obtenir l'hexafluorure d'uranium,
- enrichissement en uranium 235 par diffusion gazeuse de l'hexafluorure d'uranium,
- fabrication d'oxyde d'uranium et préparation de pastilles frittées,
- fabrication des assemblages de combustible nucléaire.

Malgré cette complexité, ces opérations ne génèrent que très peu de déchets faiblement contaminés à l'uranium et de radioactivité peu élevée.

L'ordre de grandeur du volume de déchets produits par les installations du cycle du combustible est d'environ 2000 m<sup>3</sup>/an, ces déchets étant à faible ou moyenne activité et surtout des déchets à vie longue.

### **Les centrales nucléaires**

EDF est producteur de déchets radioactifs à un double titre:

- comme propriétaire de combustibles irradiés et donc des déchets produits lors de leur retraitement, car la France a opté pour le retraitement des combustibles nucléaires usés afin d'en extraire les matières recyclables, uranium et plutonium. Dans d'autres pays, le combustible irradié est traité comme un déchet final.
- comme propriétaire et exploitant de centrales nucléaires produisant des déchets d'exploitation et à terme des déchets de démantèlement de ces centrales,

\* Les déchets d'exploitation: il s'agit de déchets de faible et moyenne activité contenant essentiellement des émetteurs bêta et gamma et très peu d'émetteurs alpha. Ils peuvent être classés en deux grandes catégories:

- les déchets dits "de procédé": ils proviennent du traitement des fluides en vue soit de limiter l'exposition du personnel, soit de réduire l'activité des effluents rejetés. On y trouve principalement:

- des résines échangeuses d'ions et des filtres de circuit d'eau des circuits primaires,
- les concentrats d'évaporation et les résines échangeuses d'ions résultant du traitement des effluents liquides (fuites ou prélèvements d'eau dans le circuit actif),
- les préfiltres, filtres et pièges à iode résultant du traitement des effluents gazeux.

Les radionucléides présents ont deux origines différentes:

- les produits de corrosion du circuit primaire que le flux interne de neutrons auquel ils sont soumis rend radioactifs: ce sont principalement les produits d'activation de l'acier: Cobalt 60, Fer 59, Nickel 63,....,
- les défauts d'étanchéité des gaines des éléments combustibles qui peuvent laisser migrer quelques radionucléides résultant de la fission, tels que l'Iode 131, le Césium 134 et 137,....

- les déchets technologiques: ce sont des déchets courants qui proviennent d'opérations d'entretien.

Ils peuvent être:

- solides: chiffons, papiers, cartons, pièces en bois ou métalliques, gravats, tenues d'intervention,....,
- liquides: huiles et effluents de décontamination,
- irradiants: matériels, pièces,...contaminés par l'activité de l'eau des circuits ou activés s'ils proviennent de structures intérieures du réacteur.

Le volume de déchets d'exploitation produits annuellement et conditionnés est aujourd'hui inférieur à 150 m<sup>3</sup> par tranche (Réacteurs à eau sous pression (REP) 900 et 1300 MWe): il était de plus de 340 m<sup>3</sup> il y a dix ans, ce qui montre des progrès importants de réduction de volume. Ces déchets sont de faible ou moyenne activité.

Le tableau ci-après représente la production annuelle moyenne de déchets d'exploitation, en 1991, pour une tranche de 900 MWe.



Nature des déchets	Activité en TBq	Volume en m3	Volume à stocker en m3
1. De procédé			
. Résines échangeuses d'ions	11	4	25
. Filtres de circuits liquides	3,3	15	25
. Concentrats	0,1	4	26
. Résines APG	négligeable	4,5	5,5
2. Technologiques			
. En fûts métalliques	0,08	120	60
. En colis béton	3,5	6	13
TOTAL	18		154,5

#### \* Les déchets de démantèlement

##### Le démantèlement des installations nucléaires

Comme toute installation industrielle, une installation nucléaire n'est exploitée que pendant une durée limitée. Celle-ci peut résulter de considérations techniques et/ou économiques:

- achèvement d'un programme expérimental;
- obsolescence de l'installation;
- travaux de maintenance trop coûteux.

Pour les installations nucléaires, leur arrêt définitif exige le maintien de dispositions spécifiques pour les conserver dans un état de sûreté satisfaisant, ceci pendant des périodes plus ou moins longues.

L'AIEA a défini 3 niveaux possibles de démantèlement en fonction de l'état de l'installation et du mode de surveillance, niveaux que l'on peut schématiquement présenter ainsi:

- **niveau 1: Fermeture sous surveillance**: enlèvement définitif des matières nucléaires; traitement, conditionnement et élimination des effluents et des déchets technologiques; isolement des matériaux radioactifs restants par des barrières étanches.

- **niveau 2: Libération partielle et conditionnelle**: réduction au minimum du volume de l'enceinte radioactive; renforcement de l'étanchéité et de la protection contre les rayonnements, permettant un allègement de l'entretien et de la surveillance.

- **niveau 3: Libération totale et inconditionnelle**: enlèvement de tout ce qui présente encore de la radioactivité entraînant pour le public des doses supérieures aux limites réglementaires, notamment les éléments de structure de l'installation; réutilisation possible du site à d'autres fins.

Les opérations de démantèlement relèvent de la réglementation relative aux INB, qui impose aux exploitants, dès décision de mise à l'arrêt définitif, d'indiquer les étapes de démantèlement postérieures à la mise à l'arrêt, de rédiger un rapport de sûreté, de respecter des règles générales de surveillance et d'entretien, et de mettre à jour le plan d'urgence interne. Ces opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement sont soumises à autorisation par décret.

Aucune obligation n'est imposée en ce qui concerne le calendrier des opérations et les choix techniques qui relèvent de la responsabilité de l'exploitant.

### La politique de démantèlement de EDF

Elle consiste à réaliser rapidement après l'arrêt :

- le déchargement et l'évacuation du combustible,
- la vidange et le retrait des matériels et matériaux liés à l'exploitation (fluides, filtres, résines).

Puis, il est procédé au démantèlement partiel de certains circuits annexes (démontage-démolition), le démantèlement total n'étant envisagé qu'environ cinquante ans après l'arrêt de l'installation, délai retenu pour profiter de la décroissance radioactive des matériaux à démanteler. Les grandes opérations de démantèlement ne commenceront pas avant au moins 20 ans.

A ce jour, EDF n'a pratiqué que des démantèlements partiels d'unités. Les déchets produits dans cette phase sont essentiellement constitués de calorifuge, de ferrailles et de déchets technologiques: ils sont de faible activité mais en volumes importants. Les quantités produites prévues jusqu'à l'an 2002 (1ère phase uniquement) sont reprises dans le tableau ci-après.

Nature	Quantité	Activité
Calorifuge	770 tonnes	<10 Bq/g
Ferrailles	6460 tonnes	<1000 Bq/g
Déchets technologiques	1100 tonnes	quelques Bq/g
Graphite	2000 tonnes	
Autres	750 tonnes	

### \* Le combustible irradié

Les réactions qui se déroulent au coeur des réacteurs nucléaires conduisent inéluctablement à une "usure" ou une "dégradation" des combustibles nucléaires se traduisant par la production de déchets.

Chaque année, on retire des réacteurs français environ 1 100 tonnes de combustibles irradiés. Ce combustible, avant d'être retraité, est stocké en piscine sur le site de la centrale, puis à l'usine de retraitement, afin de permettre la décroissance des produits radioactifs à faible période; ce stockage dure, en général, au moins trois ans. L'activité des combustibles irradiés est en effet très importante à l'origine ainsi que le dégagement thermique associé; elle est essentiellement due aux produits de fission et diminuera rapidement, au rythme de la décroissance radioactive de ces éléments à vie courte. Au bout d'un mois de stockage en piscine, la radioactivité est le dixième de ce qu'elle était à la sortie du réacteur.

Actuellement le stock en piscines de combustible usé non retraité est d'environ 6 000 tonnes dont 2 000 sur sites EDF et le reste à l'usine de retraitement de la COGEMA à La Hague.



Les réacteurs produisent de l'énergie par fission de noyaux d'uranium 235 ou de plutonium 239. Différents types d'éléments radioactifs sont produits au cours de cette réaction:

- les **produits de fission**: ce sont l'ensemble des fragments de fission de la matière fissible (uranium 235 et plutonium 239) et leurs descendants. Cette catégorie recouvre une très grande variété d'émetteurs bêta à durée de vie variable. Les principaux sont le césium 137, le strontium 90 et le ruthénium 106. Ils restent piégés dans le combustible où ils se sont formés ou sont retenus par la gaine du combustible.

- les **transuraniens** appelés aussi **actinides**. La capture d'un neutron thermique par de l'uranium 238 donne de l'uranium 239 qui se transforme par radioactivité bêta en neptunium 239 puis en plutonium 239, qui est fissible et contribue à 30% de la production d'énergie dans un REP alimenté en combustible classique d'oxyde d'uranium.

D'autres actinides sont produits par captures successives de neutrons et désintégrations bêta: des neptunium, plutonium, américium, curium,.... Ces radioéléments, plus lourds que l'uranium et n'existant pas à l'état naturel, sont généralement des émetteurs alpha à longue durée de vie.

- les **produits d'activation** sont produits par activation des matériaux de structure par capture neutronique. Ainsi, la gaine en zircalloy et certains éléments en acier inoxydable des assemblages s'activent, le radioisotope le plus important étant le cobalt 60 de période 5,3 ans.

Un réacteur à eau sous pression (REP) de puissance électrique de 1300 MWe comporte environ 104 tonnes de combustible renouvelable par tiers tous les ans. Au cours de son séjour dans le réacteur, pour un taux de combustion de 33000 MWj/t de combustible correspondant à la production de 8 TWh, environ 3% de l'uranium total disparaît par fission. Les 35 tonnes environ de combustible usé contiennent après ce séjour de trois ans:

- 33 000 kg d'uranium appauvri à 0,9%,
- 360 kg de plutonium,
- 1 200 kg de produits de fission,
- 27 kg de transuraniens ou actinides mineurs.

### **Les centres de recherche nucléaire**

En France, depuis 1945, pratiquement toute la recherche sur le nucléaire est concentrée au CEA.

Les déchets produits par le CEA sont de types divers:

- des combustibles irradiés, mais ceux-ci sont souvent des combustibles expérimentaux usés dont le retraitement n'est pas toujours possible dans les installations disponibles,
- des déchets de laboratoires et d'exploitation tels que concentrats, boues de traitement des effluents,....;
- des déchets de démantèlement.

Hors opérations de démantèlement, le CEA déclare produire annuellement quelques 1600/1700 m<sup>3</sup> de déchets radioactifs, dont plus de la moitié ont une activité très faible.

En matière de déchets radioactifs, le problème du CEA est, en particulier, d'apurer le passif: le CEA a eu des pratiques, en matière d'élimination de certains déchets, qui soulèvent beaucoup de problèmes aujourd'hui et qui ont rendu nécessaire le plan d'assainissement en cours.

Les principaux axes de ce plan sont:

- remplacer les installations obsolètes de traitement et de conditionnement des déchets,
- réduire de 30 à 50% la production actuelle de déchets,
- reprendre et mettre en conformité des colis de déchets, des anciennes décharges, les entreposages de déchets constitués de combustibles expérimentaux (100 tonnes), de terres (700 tonnes) ou de ferrailles (700 tonnes) contaminées,....,
- assurer le démantèlement des anciennes installations déclassées.

### 1.2.3 Les "petits producteurs"

Sous cette terminologie de "petits producteurs", on regroupe un certain nombre de productions de déchets radioactifs en quantités relativement faibles et en général de faible activité. Ces "petits producteurs" sont dans les secteurs de la recherche, de la médecine et de l'industrie.

#### **La recherche**

Dans les laboratoires universitaires et les centres de recherche, physiciens et chimistes utilisent des sources radioactives pour leurs travaux.

Certains de ces centres ou de ces laboratoires sont d'ailleurs équipés d'accélérateurs de particules (cyclotron, synchrotron,...) qui peuvent produire des radionucléides par réactions nucléaires sur des cibles diverses.

Les déchets produits par ces laboratoires et centres de recherche sont:

- des sources usées,
- des matériels et des matériaux contaminés,
- des déchets technologiques (idem électronucléaire).

#### **La médecine**

Des sources et des substances radioactives sont utilisées à des fins médicales, de diagnostic ou thérapeutique.

Toutes ces utilisations sont à l'origine de déchets radioactifs variés: sources usées, déchets solides et liquides, matériel contaminé,....

#### **L'industrie**

L'industrie emploie parfois des sources scellées pour des irradiations ou des gammagraphies. Elle emploie également des substances radioactives entrant dans la fabrication de produits et de matériels. On peut citer par exemple:

- les appareils dotés de cadrans luminescents de fabrication ancienne (radium puis tritium pour les réveils, horloges,...),
- les anciens téléviseurs en couleur,
- les détecteurs d'incendie (américium),
- les anciens paratonnerres (américium ou radium).

Ce type d'utilisation de substances radioactives est en net recul depuis quelques années, ces éléments étant remplacés par des substances toujours radioactives mais nettement moins toxiques. Des problèmes subsistent cependant: que sont devenus les anciens appareils inutilisés, les matériels contaminés lors de leur fabrication et leurs déchets de production?

Enfin, des industries utilisent des matières premières naturelles contenant des radioéléments en quantité significative, radioéléments que l'on retrouve le plus souvent dans les déchets de production. L'exemple le plus connu en France est celui de Rhône-Poulenc à La Rochelle qui, pour la fabrication de Terres Rares, utilise un minerai, la monazite, qui contient du thorium (6%) et de l'uranium (0,2%). Dans les résidus de production, quelques centaines de tonnes par an, on retrouve des éléments radioactifs descendant du thorium et de l'uranium, dont le radium (228 et 226). Ces résidus sont des déchets dits radifères, de faible activité mais à radioéléments à vie longue.



Hors déchets spécifiques du type de ceux de Rhône Poulenc à La Rochelle, la production annuelle de déchets radioactifs par les "petits producteurs" est estimée à environ 2000/2500 m<sup>3</sup> par l'Agence Nationale des Déchets Radioactifs (ANDRA), dont:

- 55/60 % pour le secteur médical,
- 30/35% pour le secteur de la recherche et de l'enseignement,
- le reste pour le secteur industriel.

En réalité, l'ANDRA ne récupère que 1000 m<sup>3</sup> de ce type de déchets et estime que ce volume ne représente que de l'ordre de 40% de ce qui est réellement produit.

Les "petits producteurs" représentent moins de 10% de la production de déchets radioactifs en France.

#### Ordres de grandeur de l'activité des déchets

L'ordre de grandeur des radioactivités massiques des différentes catégories de déchets radioactifs, selon leur "qualification" de faible, moyenne ou haute activité, peut être schématisé ainsi:

- **Déchets de très faible activité (TFA): de moins de 1 à quelques dizaines de Becquerels/gramme**

\* exemples: terres, gravats et certaines ferrailles de démantèlement de réacteurs,....

- **Déchets de faible activité (FA): 10<sup>3</sup> Bq/g**

\* exemples: déchets technologiques (gants, chiffons, surbottes,...), certains métaux, solvants, huiles et filtres,....

- **Déchets de moyenne activité (MA): 10<sup>6</sup> Bq/g**

\* exemples: résines, certains filtres, solvants et concentrats, générateurs de vapeur,....

- **Déchets de haute activité (HA): 10<sup>9</sup> Bq/g**

\* exemples: produits de fission, transuraniens,....

### 1.3 LES ACTEURS

Les acteurs dans la gestion des déchets radioactifs peuvent être rangés en six catégories ayant des responsabilités et des intérêts différents.

**Les producteurs de déchets:** ce sont d'une part ceux de la filière nucléaire (EDF, CEA et la COGEMA), qui produisent près de 90% du volume de déchets, et d'autre part les "petits producteurs" (recherche, industrie et milieux médicaux).

Leur responsabilité dans la gestion des déchets est de:

- caractériser leurs déchets: radionucléides présents, périodes et radiotoxicité, formes physico-chimiques, activités massiques ou surfaciques,....;
- fournir à l'éliminateur un déchet sous forme "acceptable";
- payer la totalité des coûts de transport, de traitement et d'élimination.

Leur intérêt n'est pas de générer des déchets mais, par exemple pour EDF, produire de l'électricité selon un planning défini et au moindre coût.

**Les organismes responsables de la gestion à long terme des déchets radioactifs:** c'est aujourd'hui essentiellement l'ANDRA, seul opérateur pour le stockage définitif des déchets radioactifs.

Sa responsabilité est de définir des formes "acceptables" pour les déchets, garantir la sûreté à long terme des stockages et garantir des coûts d'élimination également "acceptables" par les producteurs et la collectivité.

Assurer la sûreté à long terme avec une bonne maîtrise des coûts et des délais raisonnables constitue l'objectif de l'ANDRA.

**Les autorités publiques:** ce sont principalement la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN), le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI), les services d'inspection des installations classées pour la protection de l'environnement et la Mission des Transports, auxquels il conviendrait d'ajouter le Ministère de l'Environnement et la Direction Générale de la Santé (DGS)

. Leur responsabilité est d'établir des règles de protection de l'homme et de l'environnement et de veiller à leur application. En France, ces autorités fixent les objectifs de sûreté (DSIN et Services des ICPE) et les normes de radioprotection (SCPRI) aux opérateurs, ceux-ci devant prouver que les techniques et l'organisation mises en place permettent leur respect, et de s'assurer par des contrôles, à priori et à posteriori, que les objectifs sont atteints et observés de manière permanente.

La DSIN fait appel à l'expertise de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) notamment pour l'examen des dossiers d'autorisation des Installations Nucléaires de Base. L'IPSN est une direction du CEA, disposant de par son statut particulier, d'une certaine autonomie par rapport à celui-ci.

**Les organismes de recherche:** c'est essentiellement le CEA et accessoirement quelques laboratoires du CNRS et universitaires.

Leur responsabilité est de fournir:

- des techniques de plus en plus performantes aux producteurs de déchets et aux autres opérateurs de la filière;
- des connaissances à l'ANDRA;
- une expertise aux autorités publiques.

Les autorités publiques doivent pouvoir disposer de sources d'expertise différentes de celles utilisées par les organismes qu'elles contrôlent.

**Les industriels:** ce sont les fournisseurs de biens d'équipement et de services aux autres acteurs de la filière.

Leur responsabilité est celle de tout industriel: réaliser les équipements et installations et effectuer les prestations selon la qualité requise en respectant leurs engagements en termes de planning et de coûts.

#### **Les institutions internationales**

Les principales institutions internationales sont:

- l'Agence de l'Energie Nucléaire(AEN) de l'OCDE,
- l'Agence Internationale de l'Energie Atomique(AIEA),
- la Communauté Européenne.

Dans un domaine où la coopération internationale est très forte, ces institutions ont un rôle essentiel en termes d'échanges d'informations, de réflexions, d'études, de recommandations,...., notamment pour tout ce qui concerne la sûreté, la sécurité et les problèmes d'environnement en général du nucléaire.

Cette classification théorique par responsabilités et centres d'intérêt pourrait être reprise pour la gestion des déchets domestiques ou des déchets industriels. Elle a l'avantage de mettre en évidence certaines incompatibilités par conflits de responsabilités et surtout d'intérêts, comme par exemple celle d'être à la fois producteur de déchets et éliminateur final.



Les "militaires" ne sont pas cités parmi les acteurs de la gestion des déchets radioactifs car ils n'entrent pas dans le champ de notre étude.

## 1.4 LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Le mode de gestion des déchets radioactifs en France est dicté aujourd'hui par deux grands principes:

- 1) le premier principe adopté est celui de la **concentration** et de la **réduction du volume** de déchets radioactifs. La dilution de la radioactivité des déchets pour les remettre ensuite dans le milieu naturel n'a jamais été vraiment envisagé par les autorités publiques.
- 2) l'objectif majeur de l'élimination finale des déchets radioactifs est la **protection de l'homme et de l'environnement, maintenant et dans le futur**. Dans ce domaine, l'idée qui prévaut est d'adapter le concept d'élimination à la nocivité potentielle des déchets à éliminer.

Les trois grands dangers concernant les déchets radioactifs qui sont pris en compte sont:

- le feu et l'eau qui peuvent disperser les substances radioactives dans l'environnement,
- l'oubli de la destination d'un matériau radioactif ou du fait qu'un matériau est radioactif.

C'est pour éviter cet "oubli" que l'ANDRA a une mission d'inventaire permanent des dépôts de matériaux et de déchets radioactifs.

La gestion des déchets radioactifs concerne toute une série d'opérations classées chronologiquement en cinq grandes étapes: la production de déchets, les opérations de traitement puis de conditionnement des déchets, le transport des déchets radioactifs, l'entreposage éventuel des déchets conditionnés, entreposage qui peut durer plusieurs années (refroidissement, désactivation,...) et le stockage définitif.

Ces étapes, qui relèvent de la responsabilité des producteurs de déchets, peuvent se regrouper en trois grands domaines: le transport, la gestion amont et la gestion aval.

En ce qui concerne le transport, il existe une réglementation spécifique très élaborée sur le plan national et international pour les matières radioactives en général et le transport des déchets radioactifs relève bien entendu de cette réglementation. Nous ne développerons pas cet aspect dans notre mémoire, même s'il représente une préoccupation importante du public dans certains pays.

Nous présenterons d'abord le retraitement des combustibles irradiés, puis la gestion amont des déchets radioactifs par les "grands" producteurs (CEA, EDF et COGEMA). Nous décrirons ensuite la gestion aval de tous les déchets. Enfin, les deux derniers paragraphes aborderont les problèmes spécifiques des déchets miniers et des "petits producteurs".

### 1.4.1 Le retraitement des combustibles irradiés

Le retraitement industriel a débuté en France il y a environ trente ans, à l'usine UP1 de Marcoule, pour des usages militaires. Cette usine, qui retire maintenant le combustible des réacteurs de la filière uranium naturel-graphite-gaz(UNGG), devrait être arrêtée dans quelques



années. Le site de La Hague comprend deux usines en fonctionnement, UP2 et UP3, et une usine en cours d'achèvement UP2/800.

L'usine UP2, de capacité 400 tU/a, a été construite pour retraiter du combustible UNGG, puis adaptée au combustible REP en 1978. L'usine UP2/800 pourra retraiter 800 t de combustibles par an, en provenance des réacteurs d'EDF. A son achèvement, elle remplacera UP2/400, en réutilisant une partie de ses installations. Sa mise en service sera progressive de 1993 à 2010.

L'usine UP3, mise en service en 1990, est destinée à l'exécution des contrats de la COGEMA avec les exploitants étrangers, qui l'ont préfinancée. Elle a une capacité de 800 tU/a.

L'objectif du retraitement est double: d'une part, récupérer les matières fissiles (plutonium et uranium, soit 96% du combustible irradié) pour les réutiliser (RNR ou Mox), d'autre part, trier et conditionner les déchets de différentes catégories, de manière à optimiser le stockage des déchets.

Le retraitement commence par le démontage des gaines et leur cisailage. Puis, le combustible est dissout dans une solution d'acide nitrique et les gaines non attaquées par l'acide (appelées coques) sont séparées de la solution d'acide nitrique qui est ensuite clarifiée par centrifugation. Les coques et les "fines" de dissolution séparées sont très actives.

L'opération suivante consiste à séparer les produits de fission de l'uranium et du plutonium, puis l'uranium du plutonium (sous forme d'oxydes  $PuO_2$  et  $U_3O_8$ ) à l'aide de solvants sélectifs. Il faut plusieurs cycles chimiques pour obtenir une séparation suffisante. Après purification dans un dernier cycle d'extraction par solvant, l'uranium est concentré sous forme de nitrate d'uranyle puis réexpédié, par conteneur spécial, au producteur. Le plutonium est précipité, séché, calciné en oxyde de plutonium, conditionné en boîtes étanches et transporté dans les usines de fabrication d'éléments combustibles au plutonium. La séparation atteint une efficacité de 99,8% pour le plutonium et de 99,9% pour l'uranium.

Les produits de fissions et les actinides mineurs restent en solution aqueuse, appelée **solution de produits de fission** et qui constitue un déchet de très haute activité: elle contient près de 99% de l'activité de départ du combustible, hors uranium et plutonium.

De plus, des **déchets de procédés** (traitement des effluents) sont produits aux diverses étapes du retraitement. Les opérations d'entretien de l'usine produisent des **déchets technologiques**, provenant de la contamination des matériels, des vêtements,

### ***Entreposage avant solidification des solutions de produits de fission***

Avant d'être vitrifiés, les solutions de produits de fission sont concentrées par évaporation, puis entreposées pendant une année environ dans des cuves en acier inoxydable. Ces liquides ont des activités spécifiques de plusieurs milliers de Ci/l. Ce stockage est sûr pour plusieurs décennies. Cependant, il est préférable pour le long terme de stocker un solide.

### ***Le conditionnement des déchets***

UP3 et UP2/800 permettent le conditionnement en ligne des déchets, avec une méthode adaptée à chaque type de déchets. Trois méthodes sont utilisées: la vitrification, l'enrobage dans du ciment, l'enrobage dans du bitume.

Dans les dix premières années de retraitement de combustible REP ainsi que pour tout le combustible UNGG, il n'existait pas d'unités de conditionnement en ligne. Il y a donc encore un entreposage de déchets bruts, correspondant à ces combustibles, qui sera repris et conditionné



dans les années à venir. La reprise et le conditionnement des déchets les plus actifs ont été entrepris dès le démarrage en 1989 du premier atelier de vitrification.

Les résidus des combustibles retraités pour des clients étrangers doivent être renvoyés dans leur pays d'origine: les premières réexpéditions programmées pour l'été 1994 concernent des verres à destination du Japon.

- **La vitrification:** après la période de désactivation, les solutions de produits de fission sont vitrifiées, à l'aide d'un procédé mis au point par le CEA. Les radioéléments sont intégrés à la structure de verres au borosilicates, qui sont coulés dans des conteneurs en acier inoxydable. Ils sont transférés dans des installations d'entreposage refroidies par ventilation. Les verres regroupent environ 98% de l'activité des déchets de l'usine de retraitement dans 4% du volume total des déchets. Ils doivent refroidir pendant une quarantaine d'années avant d'être éventuellement évacués vers un stockage souterrain.

- **Enrobage dans le ciment:** les coques et embouts sont enrobés dans une matrice en ciment et conditionnés dans des fûts en acier inoxydable, puis entreposés sur le site. Les déchets technologiques, après une éventuelle réduction de volume par compactage ou incinération, sont également enrobés dans du ciment.

- **Enrobage dans le bitume:** les boues et les concentrats produits lors du traitement des effluents sont enrobés en ligne dans du bitume, coulés dans des fûts en acier inoxydable et entreposés sur site. Cette méthode devrait progressivement être abandonnée.

Dans les dix premières années de retraitement de combustible REP ainsi que pour tout le combustible UNGG, il n'existait pas d'unités de conditionnement en ligne. Il y a donc encore un entreposage de déchets bruts, correspondant à ces combustibles, qui sera repris et conditionné dans les années à venir. La reprise et le conditionnement des déchets les plus actifs ont été entrepris dès le démarrage en 1989 du premier atelier de vitrification.

Les résidus des combustibles retraités pour des clients étrangers doivent être renvoyés dans leur pays d'origine: les premières réexpéditions programmées pour l'été 1994 concernent des verres à destination du Japon.

### ***La réduction des volumes de déchets secondaires***

Depuis le début des activités de retraitement, des progrès constants dans la conception et l'exploitation des usines ont permis une réduction des volumes de déchets produits. Les volumes de déchets produits au cours du retraitement dans UP3 sont donnés dans le tableau suivant. Ces volumes correspondent à des déchets avec leur conditionnement et sont exprimés en litre par tonne d'uranium initial. Ils ont été séparés en deux catégories: ceux qui peuvent être stockés définitivement en surface et ceux qui ne le peuvent pas.

Au cours de la première année de fonctionnement d'UP3, les déchets technologiques et de procédés produits ont été sensiblement plus faibles que les valeurs nominales. Des progrès sont encore prévus d'ici 2000 en particulier par le compactage ou la fusion des coques et embouts et l'incorporation des concentrats des effluents aux solutions de fission (pour supprimer les déchets bitumes). La possibilité de réduire les volumes de déchets technologiques par incinération va être étudiée. On arrivera alors à un volume de  $0,5 \text{ m}^3$  de déchets à enfouir par tonne d'uranium contre  $1,7 \text{ m}^3$  en cas de stockage direct (en supposant que l'uranium et le plutonium récupérés soient recyclés).

Le tableau ci-après donne, en litre par tonne d'uranium initial, le volume des résidus par catégorie.

	Condi-tion-nement	Valeurs nominales	Valeurs 1991	Valeurs 1995	Valeurs 2000
Produits de fission	verre	130	115	115	115
Coques et embouts	béton	600	600	<600	150
Boues	Bitume	630	450	0	0
Déchets technologiques	béton	1700	200	200	<200
<b>TOTAL</b>		<b>3060</b>	<b>1365</b>	<b>&lt;915</b>	<b>&lt;465</b>
Autres déchets technologiques	béton	3800 l/tU	1400 l	1400 l	<1400l

### **Recyclage du plutonium**

Au départ, ce plutonium était destiné aux réacteurs à neutrons rapides (RNR): on prévoyait que d'autres RNR suivraient rapidement Superphénix. Après les déboires de Creys-Malville, cette filière est remise en cause. En 1985, on a donc décidé de recycler le plutonium dans des REP sous forme de combustible mixte uranium-plutonium (Mox avec 5 à 6% de Pu).

Pour l'instant, seules 16 tranches de 900 MW sont réglementairement autorisées à utiliser du Mox. Il est produit dans l'atelier ATPu à Cadarache ou dans l'usine Belgonucléaire. Une usine de capacité annuelle de 120 tonnes (d'oxyde mixte), MELOX, est en construction à Marcoule.

Les combustibles Mox peuvent être recyclés à leur tour. Un combustible Mox sortant de réacteur contient 4% de plutonium et une quantité de produits de fission équivalente à celle d'un combustible classique; il contient un peu moins d'actinides. Au fur et à mesure des recyclages, la composition du plutonium augmente en isotopes pairs et au bout de 2 à 4 cycles, on ne peut plus le recycler dans un REP. Cela n'arrivera pas avant plusieurs dizaines d'années. Il faut noter cependant qu'il existe des réacteurs augmentant la composition du plutonium en isotopes impairs, par exemples les réacteurs CANDU (filière canadienne) et les RNR.

Le recyclage dans du Mox ne permet pas de consommer tout le plutonium, mais simplement de ralentir la croissance du stock de 30% si 16 tranches sont utilisées. Des réacteurs rapides seraient nécessaires pour consommer complètement le plutonium.

### **Recyclage de l'uranium**

L'uranium de retraitement a une teneur en uranium 235 de 0,9% et doit donc être enrichi pour être réutilisé. Seules des quantités limitées ont été utilisées pour l'instant; 1000 à 2000 tonnes sont stockées. Les exploitants d'usines de diffusion gazeuse ne souhaitent pas enrichir cet uranium, car les traces de produits de fission et d'uranium 234 et 236 viendraient se



concentrer en bout de chaîne et contaminer l'usine. COGEMA a lancé une étude de faisabilité pour une nouvelle usine d'enrichissement de l'uranium de retraitement au Tricastin (Les Echos).

### **Flux**

Le parc français produit à peu près 1100 t de combustible usé par an. Actuellement, seules 400t/an sont retraitées, mais en 1995, UP2/800 aura atteint sa capacité nominale de 800 t. Le contrat d'EDF avec COGEMA prévoit le retraitement de 7965 t d'ici 2001.

Le stock de combustible irradié non traité est aujourd'hui de l'ordre de 6000 t, dont 2000 sur des sites de centrales et 4000 à La Hague et devrait croître au rythme de 300 t/an entre 1995 et 2000. EDF désire réaliser une adéquation des flux de plutonium: le retraitement doit correspondre à la quantité utilisée dans le Mox.

#### **1.4.2 La gestion amont des déchets radioactifs de faible et moyenne activité**

L'optimisation de la gestion en amont des déchets radioactifs comprend essentiellement les pratiques suivantes:

1) le tri chez le producteur, par nature physique et par caractéristiques chimiques, radioactives,..., des déchets (déchets solides et déchets liquides, déchets organiques, déchets incinérables ou récupérables,...),

2) le traitement des déchets solides en vue de réduire les volumes. Ce traitement fait appel à des opérations comme: la décontamination, l'incinération, la fusion des métaux, le compactage.

3) le traitement des déchets liquides dont l'objectif est également de réduire les volumes. Les opérations sont généralement les suivantes:

- l'évaporation et la récupération d'un concentrat pour les effluents aqueux,
  - l'incinération ou l'entreposage ou le traitement spécialisé pour les huiles et les solvants.
- Ces opérations peuvent être précédées par des pré-traitements chimiques.

4) le conditionnement, différent selon les types de déchets.

Les déchets solides de petites dimensions sont placés en conteneurs acier ou coques béton. Ils peuvent être enrobés dans des matrices ciment, bitume, polymère ou verre.

Les déchets solides de grandes dimensions peuvent être emballés (enveloppe plastique) ou mis directement en caisson métallique, après une éventuelle décontamination, puis conditionnés.

Les déchets issus du traitement des effluents, concentrats ou boues, sont enrobés dans diverses matrices dont la composition dépend de la nature du déchet. Les cendres et poussières sont conditionnées en fûts et, pour beaucoup, entreposées en l'attente d'une solution définitive de conditionnement et d'élimination.

5) les mesures et agréments: chaque colis de déchets a une "carte d'identité".

Véritable curriculum-vitae du déchet, la fiche suiveuse rédigée par le producteur pour chaque colis (déchets conditionnés) permet de savoir le type de déchets et de contamination et

la nature physique et chimique de ces matériaux.

Chaque colis fait l'objet de mesures radiologiques avant expédition au centre de collecte ou d'élimination; ces mesures peuvent être complétées par des analyses sur échantillon.

Dans certains cas, le colis doit être agréé par le centre d'élimination. Le dossier d'agrément comprend en général: un descriptif du procédé, un descriptif de l'évaluation de l'activité, un dossier de caractérisation et un bilan assurance-qualité.

Chaque colis se voit attribuer un code barre permettant d'accéder à toutes les informations le concernant et d'en assurer le suivi. Ces informations sont transmises au centre d'élimination (réseau informatique DRA).

EDF, le CEA et le groupe COGEMA disposent d'installations de traitement et de conditionnement adaptées à leurs besoins spécifiques.

EDF et COGEMA, par le biais d'une filiale commune, la SOCODEI, ont deux installations importantes en cours de réalisation: une unité de décontamination-fusion de ferrailles d'une capacité de 5000 tonnes et une unité d'incinération des déchets technologiques.

EDF a également un projet de recyclage du vinyle: elle cherche un partenaire pour cette opération.

Le CEA dispose de nombreuses unités de traitement des déchets radioactifs mais beaucoup d'entre elles sont anciennes et mal entretenues. Dans son plan d'assainissement portant sur la période 1993-2000, il est prévu des investissements importants dans de nouvelles unités de traitement (incinérateurs, four de fusion de ferrailles,...) et de conditionnement. Ce plan d'assainissement, qui reprend également l'apurement du passé (déchets anciens) est d'un montant de 600 millions de francs par an: il est cofinancé, à parts égales, par le CEA, EDF et COGEMA.

### 1.4.3 La gestion aval

Deux modes d'élimination des déchets radioactifs existent en théorie: le **stockage définitif** et le **recyclage**. Dans la pratique, le recyclage est très peu courant et reste limité à des déchets très spécifiques ou particuliers comme des métaux très peu contaminés.

#### *La classification usuelle des déchets radioactifs*

Une classification des déchets radioactifs du point de vue de "l'évacuation" définitive est entrée dans l'usage. Elle est établie en fonction de deux critères:

- l'activité (Bq/g) qui indique le **niveau de danger** (avec les réserves exprimées plus haut);
- la période qui exprime la **durée du danger**; la période du césium 137 (30 ans) définit la frontière entre éléments à vie courte et éléments à vie longue.

Cette classification a valeur d'usage et non réglementaire. Elle a été récemment remise en cause, car elle ne prenait pas en compte le problème des déchets de très faible activité (cf. chapitre 3).



Les trois catégories de déchets radioactifs retenues utilisées sont:

**-les déchets de type A:** ces déchets de faible ou moyenne activité contiennent des radioéléments émetteurs de rayonnement bêta ou gamma à période courte ou moyenne (inférieure ou égale à environ 30 ans) et ont une très faible teneur en radioéléments de période longue (activité alpha < 3700 Bq/g).

**-les déchets de type B:** ils contiennent des quantités significatives de radioéléments à période longue (supérieure à 30 ans), généralement des émetteurs de rayonnement alpha (activité alpha > 3700 Bq/g).

**-les déchets de type C:** ce sont les déchets de haute activité et à vie longue: ils proviennent du retraitement des combustibles irradiés des réacteurs électronucléaires et des combustibles expérimentaux non retraités.

Cette classification des déchets radioactifs est résumée comme dans le tableau ci-après.

Caractéristiques	Type A	Type B	Type C
Activité	faible ou moyenne	faible ou moyenne	haute
Vie	courte	longue	courte et/ou longue
Rayonnements émis	bêta et/ou gamma	alpha	alpha, bêta et gamma

Ce classement sous-entend, en fait, qu'il existe des déchets dont les caractéristiques les rangeraient dans une catégorie "inférieure" aux déchets de type A ou de type B, c'est à dire des déchets très faiblement radioactifs à vie courte ou à vie longue.

On considèrerait souvent que cette classification ne commençait que pour les déchets d'activité massique supérieure à environ 100 Bq/g par référence au seuil d'exclusion fixé par les textes réglementaires qui seront examinés au prochain paragraphe.

Selon ce classement, la production annuelle de déchets conditionnés, hors déchets miniers, est la suivante:

-type A: 25 000 m<sup>3</sup> (30000 m<sup>3</sup> dans les années 80) dont 13 000 provenant des centrales, 4000 de la COGEMA et 4 000 du CEA,

-type B: 4 000 m<sup>3</sup>

-type C: 2 00 m<sup>3</sup>

Les déchets de type C, qui représentent moins de 1% du volume de déchets produits selon cette classification, contiennent plus de 95% de l'activité totale des déchets produits annuellement.

### **La gestion aval des déchets radioactifs**

En ce qui concerne le stockage définitif, deux directions sont retenues pour l'instant, en France, selon la nature et les caractéristiques des déchets:

1) **les déchets de type A sont stockés en surface** sur la base de spécifications techniques précises à respecter.

Les stockages de surface sont conçus pour mettre les colis de déchets à l'abri des agressions externes, pendant le temps nécessaire pour que la radioactivité contenue ait suffisamment décru, c'est-à-dire en pratique moins de 300 ans.

Sur cette durée, les colis de déchets sont mis à l'abri dans des "structures" appelées aussi monolithes, de béton recouvertes d'une couverture multicouche de très faible perméabilité.

Un système de galeries souterraines et de drainage permet de surveiller le bon état d'étanchéité de la couverture.

Ces installations sont construites pour résister aux séismes.

Après la fin de l'exploitation, le site restera "sous surveillance" pendant 300 ans. A l'issue de cette période, le site devrait être restitué pour n'importe quel usage sans contrainte particulière.

Il existe aujourd'hui deux centres de stockage de surface:

- le Centre de la Manche, dont l'exploitation cessera mi-1994. D'une capacité de 535000 m<sup>3</sup>, il avait été ouvert en 1969. L'expérience acquise sur ce site est à la base de la conception du centre de l'Aube.
- le Centre de l'Aube, mis en service en janvier 1992 et d'une capacité de stockage d'environ 1000000 m<sup>3</sup>.

Ces centres sont gérés par L'Agence Nationale des Déchets Radioactifs (ANDRA), organisme indépendant depuis 1992, il était auparavant une direction du CEA, et ayant une mission de gestion à long terme des déchets radioactifs.

2) **les déchets de type B et C ne sont pas compatibles avec les normes de stockage en surface.** Ils contiennent en effet des quantités significatives d'éléments émetteurs alpha, dont les périodes peuvent atteindre le millier ou le million d'années: la sûreté doit donc être assurée à très long terme. Des études sont menées en France, dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991.

Trois voies de recherches sont suivies: le stockage en formation géologique profonde, la séparation des éléments à vie longue et leur incinération en réacteur ou en accélérateur et l'entreposage prolongé (stockage provisoire) en surface.

Une décision sera prise par le Parlement en 2006. La voie privilégiée par les spécialistes est l'évacuation en couche géologique profonde, qui est retenue dans beaucoup de pays "électronucléaires" (cf. chapitre 2). Ces déchets sont, pour l'instant, entreposés provisoirement dans des installations prévues à cet effet, notamment à La Hague (Manche), sur le site de l'usine de retraitement de la COGEMA, à Marcoule et au centre CEA de Cadarache (Bouches du Rhône).



La destination finale actuelle des déchets est résumée dans le tableau ci-après.

	Déchets à vie courte	Déchets à vie longue
Très faible activité		
Faible activité	Centre de stockage de surface (CSM ou CSA)	
Moyenne activité		
Haute activité	Entreposage (puis stockage profond)	

Les déchets de très faible activité moins radiotoxiques que les déchets de type A ou B, n'ont pas de destination prédéterminée. Pour ces déchets, les pratiques ont été très diverses: mise en décharges pour déchets domestiques ou industriels, dans les limites prévues dans les actes administratifs autorisant l'exploitation de ces décharges, mise en décharges banales, propriété ou non du producteur de déchets, sans précaution particulière, entreposage sur les sites de production dans l'attente de solutions d'évacuation adaptées techniquement et économiquement ou encore stockage dans les centres de surface de l'ANDRA.

### Eléments de coûts

Après avoir présenté d'où provient la majorité des déchets radioactifs, il convient de donner quelques indications sur le coût de l'élimination de ces déchets.

Ce thème sera abordé essentiellement sous l'angle coûts externes pour chaque "gros producteur" de déchets, étant entendu que les coûts internes sont très difficiles à appréhender et à contrôler.

#### **EDF**

Le coût global d'élimination des déchets d'exploitation des différents sites de EDF, déchets stockés sur les centres de surface de l'ANDRA, est voisin de 290 MF par an (ce coût comprenant l'élimination des déchets de faible et moyenne activité issus du retraitement du combustible irradié par la COGEMA).

Le coût de retraitement du combustible irradié est voisin de 9500 F/kg de combustible, ce coût comprenant le retraitement proprement dit, le conditionnement et l'entreposage des déchets de haute activité. Rappelons que chaque année environ 1100 tonnes de combustible usé sont retirées des réacteurs, mais seulement 400 tonnes étant retraitées.

Il n'y a aujourd'hui aucun stockage géologique profond pour les déchets de haute activité, cependant le coût d'élimination dans ce type de stockage a été évalué à environ 1500 F/kg d'uranium du combustible à retraiter (valeur 1993) et 250 F/kg pour les recherches en cours.

En ce qui concerne le démantèlement, il n'y a pas non plus de retour d'expérience permettant d'en déterminer, avec précision, le coût. Actuellement, EDF et les pouvoirs publics retiennent un coût de démantèlement de 1600 F/kW de puissance initiale du réacteur.

EDF provisionne l'ensemble des coûts "reportés" de gestion des déchets radioactifs: démantèlement, retraitement du combustible irradié et stockage profond des déchets de haute activité et vie longue. La totalité de ces provisions représente près de 3 centimes pour un coût comptable du kWh de 18,5 centimes (cf. coûts de référence de la production d'électricité-1993- de la DGEMP)..

#### **CEA**

Le coût d'élimination des déchets d'exploitation du CEA, stockés en centre de surface de l'ANDRA, est voisin de 200 MF/an.

Pour que cet organisme réalise son "plan d'assainissement", EDF et la COGEMA apportent ensemble 400 MF/an au CEA depuis 1993.

Le CEA produit quelque 400 m<sup>3</sup>/an de déchets destinés au stockage profond. Compte tenu des coûts d'élimination prévus, le CEA a décidé récemment de provisionner cette future charge, ainsi d'ailleurs que les démantèlements à venir.

#### **Les centres de stockage de l'ANDRA**

Le centre de stockage de l'Aube, ouvert en 1992 et d'une capacité de 1 000 000 m<sup>3</sup> (40 ans de besoins), représente un investissement de 1,2 milliards de francs courants et des coûts d'exploitation de 220 à 240 MF/an. Le coût moyen d'élimination payé par les producteurs est de 10 000 à 12 000 F/m<sup>3</sup>.

Le coût des travaux préalables à la mise en surveillance du site de La Hague sont de 500 millions de francs, étalés sur la période 1991-1995.

En ce qui concerne le futur stockage en site géologique profond, il est encore prématuré pour avancer des chiffres pour le montant des investissements et les coûts d'exploitation, les fourchettes d'estimation pour les investissements (10 à 40 milliards) étant trop larges à ce stade de l'avancement du projet.

Les investissements sont pris en charge par les producteurs de déchets (EDF, COGEMA et CEA).

### **1.4.5 Les déchets miniers**

Les résidus des opérations de concentration de l'uranium sont gérés sur les sites de production selon deux voies possibles: remblayage de travaux miniers ou entreposage en bassins de décantation.



Certains bassins ont été asséchés, stabilisés et recouverts d'une couche de terre argileuse pour réduire les infiltrations d'eau, assurer une protection contre l'irradiation et limiter les dégagements de radon. D'autres bassins sont restés sous eau.

Peu de sites sont actuellement totalement réaménagés de manière satisfaisante et donnant toutes garanties pour la protection de l'environnement.

#### **1.4.6 Les "petits producteurs"**

Les déchets des "petits producteurs" sont pris en charge par l'ANDRA, qui dans ce domaine est investi d'une mission particulière de collecte et d'élimination.

Pour ces déchets, l'ANDRA a dû mettre en place une organisation complète et spécifique de collecte et de traitement, en prenant en compte les risques non-radioactifs associés, risques chimiques, infectieux, toxiques,....

Chaque année, l'ANDRA prend en charge quelque 1000 m<sup>3</sup> de déchets ayant pour origine les milieux de la recherche, du médical et de l'industrie classique.

##### ***Systeme de gestion***

Lorsqu'un détenteur de déchets radioactifs souhaite en obtenir l'enlèvement, il doit en faire la demande auprès du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI) qui, après enregistrement, transmet le dossier à l'ANDRA en tant qu'organisme collecteur.

L'ANDRA a créé en son sein une unité responsable de la prise en charge de ces déchets et de leur traitement et conditionnement avant stockage en centre de surface.

L'opération la plus importante est le tri des déchets en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques et des radioéléments contenus: sept catégories de déchets sont ainsi distinguées sur le plan physico-chimique et déterminent les traitements postérieurs tels que compactage, incinération, évaporation,....

L'ANDRA a mis en place deux centres de regroupement et de tri des déchets: Saclay et Tricastin. Elle utilise les moyens de traitement du CEA (Saclay, Grenoble, Cadarache,...) et de la COGEMA (La Hague). Ces moyens sont peu adaptés aux déchets à traiter.

##### ***Les problèmes spécifiques de la gestion des déchets des "petits producteurs"***

Les difficultés rencontrées par l'ANDRA pour la gestion des déchets des "petits producteurs" sont dues aux particularités même de cette population de producteurs:

- ils sont nombreux (1200 recensés) et dispersés géographiquement sur l'ensemble du territoire,
- leur capacité financière est limitée,
- leur culture en matière de radioprotection et de sûreté est, elle aussi, assez limitée,
- leur production moyenne de déchets est très faible: de quelques litres à quelques milliers de litres par an.

Le coût du traitement des déchets facturés par l'ANDRA aux petits producteurs varie de 50 à 100 F le kilogramme ou le litre selon la catégorie des déchets. Globalement, cette activité est fortement déficitaire pour l'ANDRA: de 8 à 10 millions de francs par an. Jusqu'à présent, cela revient à faire prendre en charge ce déficit par les "gros" producteurs de déchets (CEA, EDF, COGEMA): cette situation ne saurait cependant durer.

Une augmentation des tarifs n'est cependant pas envisageable dans l'état actuel des choses car, pour l'ANDRA, les tarifs pratiqués sont déjà trop élevés et expliquent qu'on estime que seulement 40% (1000 m3) environ des déchets produits par les "petits producteurs" sont récupérés aujourd'hui, les 60% restant se "perdant dans la nature".

Si l'ANDRA ne fait pas respecter le principe du pollueur-payeur, c'est probablement que cette mission de gestion des déchets des "petits producteurs" est d'abord une mission de service public pour laquelle le "mode de financement" actuel est inadapté.

## **1.5 LE CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE**

Les textes réglementaires concernant, directement ou indirectement, la gestion des déchets radioactifs peuvent être regroupés en sept ensembles:

- la réglementation générale relative aux déchets;
- la réglementation relative à la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants;
- les textes relatifs aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement(ICPE);
- la réglementation des Installations Nucléaires de Base(INB);
- les textes relatifs au transport des matières dangereuses;
- les textes spécifiques à certaines utilisations de radioéléments;
- les textes sans valeur juridique formelle.

Une grande partie de la réglementation nationale intègre des textes internationaux et des recommandations internationales.

Cet ensemble réglementaire est présenté en annexe 1 et résumé dans les deux schémas joints à cette annexe (documents de la COGEMA). Un examen rapide de ces deux schémas laisse entrevoir un ensemble réglementaire complexe et difficilement lisible, surtout pour un non-initié.

## **1.6 LA SITUATION ACTUELLE: DES CRITIQUES TANT DES ACTEURS DE LA FILIERE QUE DES ASSOCIATIONS ECOLOGIQUES**

Dans ce chapitre, nous avons présenté principalement la filière et les acteurs de la gestion des déchets radioactifs ainsi que le contexte réglementaire de cette gestion.

Les entretiens avec les différents acteurs de la gestion des déchets radioactifs et des associations écologiques, l'observation et l'examen de l'organisation de cette filière et de son cadre légal et réglementaire, nous ont permis de recueillir leurs critiques sur deux thèmes fondamentaux:

- la crédibilité de la filière et des acteurs de cette filière,
- la cohérence et la complexité du cadre légal et réglementaire de la gestion des déchets radioactifs.

### **1.6.1 La crédibilité de la filière et des acteurs de cette filière**

Les observations et les critiques sur le système actuel que nous rapportons concerneront



essentiellement l'organisation de la gestion et de l'élimination des déchets radioactifs et le rôle et le comportement des différents intervenants. Pour nos différents interlocuteurs, il semble en effet que c'est là que se trouvent les principales explications:

- d'une part du rejet par les populations de toutes les tentatives d'élimination de ces déchets,
- d'autre part de l'ampleur des tensions, parfois très vives, observées autour de certaines "affaires" concernant les pratiques d'élimination de ces déchets.

Une première critique, quasi-unanime, faite au système actuel est l'absence d'une véritable doctrine et d'une véritable politique nationales à long terme, de gestion des déchets radioactifs et d'apurement du passé.

La politique actuelle est perçue comme semblant d'une part se résumer à une succession de décisions, prises parfois sous la pression de l'opinion, dont la cohérence dans le temps n'est pas toujours évidente, et d'autre part s'être trop focalisée sur le problème particulier des déchets de haute activité et à vie longue provenant du retraitement des combustibles irradiés.

La seconde critique entendue est plutôt une interrogation suggérée par une remarque de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) et reprise par des écologistes: pourquoi en matière d'élimination des déchets radioactifs, les principes d'évacuation des effluents liquides et gazeux provenant des mêmes installations, surtout les INB, n'ont-ils pas été retenus? Pourquoi cette discrimination dans le traitement des déchets, les effluents liquides et gazeux étant aussi des "déchets" de fabrication?

Les principes adoptés pour les effluents liquides et gazeux:

- réduction à la source des volumes produits et de leur nocivité,
- contrôle, quantitatif et qualitatif, à la source et au rejet, de ces effluents,
- contrôle dans l'environnement, milieu récepteur de ces effluents, de leurs effets.

étaient facilement transposables aux "autres déchets" radioactifs. Pour les déchets "solides", la même logique se serait transcrite ainsi:

- réduction à la source ou par traitement du volume et de la nocivité des déchets produits (à noter que les producteurs ont fait des efforts importants en ce sens),
- caractérisation des déchets produits et à évacuer,
- mémorisation et surveillance du stockage définitif ou de la destination de tous les déchets à éliminer ou à recycler.

En troisième lieu, c'est le constat que l'ensemble des intervenants ont sous-estimé la gravité du problème de la gestion des déchets radioactifs. En 1960, on avait le temps de réfléchir à ce problème: à force de s'être arrêté sur cette idée, on finit par manquer de temps.

L'impréparation à la gestion des déchets, l'insuffisance d'information et de formation des populations et des élus locaux, le "retranchement" derrière "la science et la technique" et dans la contrainte à trouver rapidement une solution ont eu pour conséquence la perte de crédibilité de la plupart des acteurs de la filière.

Cette perte de crédibilité s'exprime au travers des observations et des remarques suivantes formulées par nos différents interlocuteurs:

1) la confiance dans "l'honnêteté" des producteurs de déchets est très limitée; cette confiance a été ébranlée par plusieurs "affaires" que nous évoquerons dans les prochains chapitres. Les



producteurs de déchets ont souvent agi uniquement sur la base de leur perception des choses en négligeant ou en ignorant les populations et leurs attentes.

La passivité des populations, observée pendant très longtemps, ne signifiait pas l'acceptation implicite, mais plutôt l'ignorance du problème.

**2) le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI) a perdu beaucoup de crédibilité** auprès des associations écologistes: ceci remonte à l'affaire de Tchernobyl et à quelques affaires plus récentes d'élimination de déchets radioactifs. Ce discrédit est tel qu'il "est montré du doigt" et qu'il est accusé de parti pris avant même d'intervenir.

Cette situation est grave car, ajoutée au silence et à l'absence des autres services du ministère de la santé sur ce type de problèmes, il n'y a pas de compétences en matière de radioprotection reconnues par le public du côté des pouvoirs publics, à mettre en face des "scientifiques" et des mouvements écologistes qui peuvent alors "occuper le terrain" médiatique.

Le rétablissement du crédit de l'OPRI (ex SCPRI) est donc indispensable: il faut un service d'Etat fort et crédible en matière de radioprotection. Les suggestions entendues sur ce thème sont principalement:

- une tutelle "effective" et réelle de la Direction Générale de la Santé (DGS) sur l'OPRI; la création d'un service de la radioprotection, qui assurerait la "tutelle" de l'OPRI au sein de la DGS, est d'ailleurs à l'étude
- un renforcement des moyens de cet organisme pour une plus grande présence sur le terrain et une plus grande disponibilité,
- une plus grande place donnée à la communication et à l'information du public et des élus,
- la création d'un comité scientifique de surveillance, composé de représentants de la filière de gestion des déchets radioactifs et d'organismes extérieurs indépendants (associations écologistes?).

Le statut de l'OPRI (SCPRI) est en cours de modification: il deviendrait un établissement public autonome avec un Directeur Général nommé en Conseil des Ministres, et qu'à cette occasion le Ministère de la Santé a changé "l'image" de ce service en lui donnant une nouvelle dénomination (OPRI) et un nouveau logo.

**3) L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN), organisme expert en matière de sûreté nucléaire, est aussi critiqué** depuis 1991, sur la base des positions qu'il a prises dans quelques "affaires", mais cette critique des associations écologiques est nettement moins marquée que pour le SCPRI.

A l'origine de ces critiques on trouve d'abord un malentendu et une interprétation erronée des propositions de cet organisme en matière de banalisation de déchets radioactifs, propositions reprises dans des rapports relatifs aux déchets très faiblement radioactifs.

A un degré moindre, c'est sa dépendance du CEA qui prête à critique et fait douter de son impartialité et de son objectivité. Si le statut de l'IPSN lui donne une certaine autonomie au sein du CEA, cela n'est pas l'indépendance qui va de pair, pour beaucoup d'associations écologiques, avec impartialité. Cette situation ressemble assez à celle rencontrée pour l'ANDRA il y a quatre ans. Les choses sont cependant différentes car l'IPSN, organisme expert, a donc



besoin d'entretenir sa capacité d'expertise: sa dépendance du CEA est, dans ce sens, un atout considérable auquel il semble difficile de trouver un substitut

La restauration d'une crédibilité sans conteste de l'IPSN est cependant importante car elle concerne directement la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires dont l'IPSN est le principal expert.

4) La **Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN)** est reconnue unanimement comme un **organisme compétent et impartial** dans son domaine, la sûreté nucléaire.

Il lui est reproché cependant une trop grande discrétion dans tout ce qui concerne la radioprotection et à un degré moindre dans celui de la communication. Mais, il faut le rappeler, la radioprotection est de la compétence du SCPRI: c'est sans doute le discrédit dont est atteint le SCPRI qui fait que certains acteurs recherchent un "service d'Etat" solide comme substitut, notamment pour faire face à l'action de certains groupes de pression (écologistes).

Certains "experts indépendants" évoluant dans le "milieu nucléaire" préconisent que la DSIN soit chargée du contrôle de l'ensemble de la filière de gestion et d'élimination des déchets radioactifs, même pour la partie relevant actuellement des préfets de département dans le cadre de la législation des ICPE.

5) L'**Agence Nationale des Déchets Radioactifs (ANDRA)** est généralement considérée comme un "**bon professionnel**", compétent et performant. Elle a gagné en crédibilité grâce à son nouveau statut lui donnant son indépendance par rapport au CEA. Certains producteurs de déchets trouvent l'ANDRA sévère, voire parfois excessive, dans sa manière de gérer les centres de stockage notamment pour l'acceptabilité des colis de déchets et la délivrance des agréments.

Beaucoup d'autres acteurs estiment que de nouvelles missions doivent être confiées à cet organisme:

- la prise en charge des "points noirs", décharges de déchets radioactifs "orphelines", même lorsque ceux-ci relèvent des attributions de l'ADEME,
- la prise en charge du traitement et du stockage définitif des résidus miniers.

C'est un véritable monopole de l'élimination des déchets radioactifs qui serait créé s'il en advenait ainsi. Mais il y a certainement de "la place" pour des opérateurs privés dans ce domaine, même si les compétences en matière de manipulation de matériaux radioactifs et de radioprotection sont plutôt rares en dehors de l'industrie électronucléaire et de la recherche spécialisée dans ces matières.

6) Le **Ministère de l'Environnement** est le grand absent de ces débats: les liens de la DSIN et des DRIRE avec ce ministère sont souvent ignorés. Les associations écologiques interrogées ignorent totalement les compétences de ce ministère dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs.

7) L'**absence à l'échelon déconcentré**, département ou région, de **compétences** en matière de radioprotection: le SCPRI n'a pas de représentation locale et, parmi les administrations d'Etat, il n'y a pas de services ayant des connaissances suffisantes pour compenser cette absence.

Le renforcement proposé des moyens du SCPRI pourrait être réalisé à l'échelon déconcentré, en région par exemple. La collaboration entre ce service et les autres intervenants



dans la filière nucléaire, Divisions Nucléaires des DRIRE, Protection Civile, DDASS, ..., n'en serait que plus facile: ceci montrerait également la cohérence et la continuité de l'action de l'Etat dans le domaine nucléaire.

8) De manière plus générale, les critiques les plus souvent formulées à l'égard des **autorités publiques**, notamment par les associations écologiques qui se veulent, ou se disent, constructives, sont:

- les changements fréquents d'interlocuteur résultant d'un "turn over" important dans "l'administration",
- le manque de concertation constructive sur les sujets importants,
- le manque de transparence des décisions de l'Etat: ce thème est souvent cité pour les scénarios, couverts par le "secret", retenus pour le dimensionnement de sites de stockages de déchets comme celui de l'Aube,
- des relations formelles ou informelles avec les associations, souvent engagées, mais rarement suivies et maintenues. Cette absence de continuité dans le dialogue autorités-associations est ressentie comme l'une des causes de l'incompréhension, voire des affrontements, sur certains dossiers chauds.

### 1.6.2 Le cadre légal et réglementaire

Les critiques formulées et reprises ci-après sur le cadre légal et réglementaire concerneront essentiellement les problèmes soulevés par la gestion des déchets de très faible activité.

#### *Un vide juridique apparent*

A la lecture des différents textes traitant du problème général des déchets ou du problème particulier des déchets radioactifs, il est clair que la **notion même de "déchets radioactifs" n'est pas définie**.

Il faut cependant admettre que des seuils d'exemption, qui pourraient être assimilés à des seuils permettant de faire une distinction entre déchets radioactifs et déchets non-radioactifs existent dans la réglementation. Ainsi le décret du 20 juin 1966 modifié pourrait être lu dans ce sens, et a été lu d'ailleurs ainsi par certains producteurs de déchets.

Une telle lecture de ce décret est néanmoins excessive et peut-être contraire aux intentions du législateur qui a fixé ces limites dans le cadre de l'application d'un texte particulier en matière de radioprotection et d'une procédure administrative spécifique.

#### *Des incohérences*

Quelques unes des incohérences de cet ensemble réglementaire méritent d'être signalées:

1) La distinction entre radioéléments naturels et artificiels pour la fixation de seuils d'exclusion est reprise dans beaucoup de textes. Or, il n'existe pas de différence quant aux effets sur la santé de l'homme, entre radioactivité naturelle et radioactivité artificielle.

Les rayonnements ionisants, quelle que soit leur origine, transfèrent de la même façon de l'énergie à la matière vivante et provoquent donc les mêmes conséquences biologiques. Cette distinction est donc arbitraire.



2) Le décret du 20 juin 1966 modifié et le décret du 2 octobre 1986 reprennent les mêmes seuils d'exclusion en activité massique et en activité totale mais avec une différence fondamentale:

- pour le premier décret, l'exclusion tient à ce que l'une des deux limites ne soit pas atteinte,
- pour le second, l'exclusion nécessite le respect simultané des deux limites.

On peut donc s'interroger sur la cohérence globale des textes, et sur celle d'un décret destiné à protéger le public mais dont les dispositions sont moins protectrices que celles d'un décret prévu pour la protection des travailleurs dont l'exposition aux rayonnements ionisants et l'état de santé sont régulièrement et sérieusement suivis et contrôlés.

3) Le seuil d'exclusion retenu pour le transport de matières dangereuses est de 74 Bq/g en activité massique et donc inférieur à celui de 100 Bq/g retenu pour le stockage. Ainsi des chargements considérés comme "radioactifs" peuvent être stockés dans des installations non destinées à des substances radioactives.

### ***La complexité***

Globalement, de la lecture de cet ensemble réglementaire relatif aux déchets radioactifs, on retire l'impression d'un ensemble complexe, hétérogène et peu clair, voire hermétique et illisible pour un non-initié.

Pourtant, la clarté et la lisibilité de la réglementation constituent sûrement le premier pas indispensable vers la transparence du débat sur l'élimination des déchets radioactifs et pour la crédibilité des solutions mises en places sur la base du contexte légal.

Comme l'a écrit M. Philippe Vesseron, Directeur de l'IPSN, "la complexité et l'incertitude des textes sont manifestement à proscrire dans une telle matière: dès lors que l'exigence de la population est d'abord d'être garantie de l'absence de négligence, il est nécessaire de lui démontrer que les règlements sont strictement respectés, sans incertitude sur leur interprétation et sans dérogations".

L'ensemble réglementaire actuel est loin de permettre de répondre à cette exigence essentielle.

### ***Les perspectives d'évolution***

Les modifications de la réglementation actuelle, afin de la rendre plus accessible et plus homogène, ne pourront se faire que graduellement et surtout dans un cadre international en pleine évolution. Il faut en effet rappeler que les textes en matière de radioprotection, mentionnés ci-dessus, sont le résultat de la transcription, dans le droit français, de la Directive communautaire du 15 juillet 1980: cette directive est en cours de révision à partir des dernières recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique, dernières recommandations connues sous la dénomination de CIPR-60.

Parallèlement à cette révision des règles dans l'espace communautaire, l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) et l'Agence de l'Energie Nucléaire (AEN) de l'OCDE ont entamé des réflexions pour définir de nouvelles recommandations.

Il se dégage, au stade actuel de cette révision et de ces réflexions, les éléments suivants que l'on peut présenter comme pratiquement définitifs:

- en matière de débit d'équivalent de dose, des nouvelles limites:

\*pour les travailleurs: 20 mSv/an en moyenne sur 5 ans, avec un dépassement autorisé à

50 mSv sur un an; ce seuil est actuellement de 50 mSv/an,

\*pour le public: 1mSv/an en moyenne sur 5 ans, pour 5mSv/an aujourd'hui

- en matière de seuil d'exemption de certaines pratiques mettant en oeuvre des substances faiblement actives et en faibles quantités, la limite d'activité sera fixée de manière qu'une pratique ne provoque pas un débit d'équivalent de dose moyen supérieur à 10  $\mu$ Sv/an pour un individu critique hypothétique. Des possibilités de dépassement jusqu'à 100  $\mu$ Sv seront admises dans certaines circonstances exceptionnelles.

L'ensemble de ces nouvelles recommandations crée donc explicitement la possibilité d'exempter certaines pratiques mettant en oeuvre des radioéléments.

Ces recommandations de la CIPR 60 sont très sévères par rapport aux normes actuelles et elles font de plus en plus souvent l'objet de critiques de la part de certains milieux scientifiques internationaux qui estiment que ces recommandations et leur sévérité n'ont aucun fondement scientifique sérieux et que la CIPR les a élaborées en cédant à certaines pressions "écologiques".

Elles font ressortir une querelle ancienne et persistante qui réside dans la difficulté d'évaluer les risques dûs aux faibles doses de radioactivité: l'effet à long terme de ces faibles doses se perd dans le bruit de fond, lui-même variable et non connu de façon précise, si bien que l'on est incapable d'affirmer et de prouver que cet effet existe ou non.

Ainsi, l'existence d'un seuil en dessous duquel la radioactivité n'aurait pas d'effets pathologiques est très controversée: certains mouvements écologistes vont même jusqu'à dire que l'on n'a jamais prouvé que la radioactivité naturelle n'était pas nocive pour l'homme.

Face à ces incertitudes, il semble que les experts de la CIPR aient réagi avec la plus extrême des précautions: dans le doute, ils ont opté pour la sévérité. Cependant, ils n'ont peut-être pas suffisamment évalué l'impact de leurs recommandations et le "caractère incontournable et incontestable" qu'elles représentent pour beaucoup d'associations écologiques et anti-nucléaires. En effet, pour les pays "électronucléaires", la publication de telles recommandations est pratiquement un acte de compétence liée: leur seule marge de manoeuvre est le délai de la transcription de ces recommandations dans la réglementation nationale et non la remise en cause du bien fondé de ces recommandations et de leur application.

Il faut cependant reconnaître que le respect de ces recommandations ne posera guère de problèmes pour les exploitants d'INB, par contre leur application pourrait en poser pour les mines d'uranium.



**LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS**

**II - LE COMBUSTIBLE IRRADIE**

## LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

### II - LE COMBUSTIBLE IRRADIE

Actuellement, aucune solution d'élimination définitive des combustibles irradiés n'est opérationnelle. Cette absence de fin de cycle est une interrogation majeure qui pèse sur l'avenir de l'industrie électronucléaire.

#### 2.1 LE PROBLEME

Les combustibles irradiés, ou les verres contenant les produits de fission, représentent la catégorie de déchets de loin la plus dangereuse. Non seulement leur activité est très forte (plusieurs centaines de milliards de Bq/g à la sortie du réacteur), mais encore ils contiennent des éléments de période extrêmement longue (Plutonium 239: 24 400 ans, Neptunium 237:  $2 \cdot 10^6$  ans, Césium 137:  $2,3 \cdot 10^6$  ans,...).

Cependant, une part très importante de la radioactivité contenue dans les combustibles irradiés est due à des éléments à vie courte. Un mois après sa sortie du cœur, l'activité d'un combustible REP a été divisée par dix. Au bout de dix ans, elle est mille fois moins forte. Au bout de quelques centaines d'années, les radionucléides à vie courte, émetteurs bêta et gamma, ont quasiment tous disparus; le danger dû à l'irradiation externe est alors très réduit, mais les risques de contamination et d'irradiation interne par des éléments à vie longue, émetteurs alpha, demeurent (en cas de transfert des radionucléides dans l'environnement et les chaînes alimentaires). Il faut donc assurer la protection de l'homme et de l'environnement pour des périodes extrêmement longues.

Comme nous l'avons vu en première partie, l'option officielle en France est celle du retraitement. Les déchets à gérer sont donc les verres contenant les produits de fissions, les actinides mineurs et des traces de plutonium, ainsi que les déchets secondaires du retraitement contenant des éléments alpha en proportion trop forte pour être stockés dans un centre de surface (activité alpha > 3700 Bq/g), anciennement dénommés déchets de type B. Cela suppose

1

Selon certains spécialistes, au bout de 20.000 à 70.000 ans pour des verres ou de 200.000 ans pour des combustibles irradiés, les déchets hautement actifs ne seront pas plus toxiques (par ingestion) que le minerai d'uranium ayant servi à fabriquer le combustible (Rometsch, directeur scientifique de Nagra); en fait, cette comparaison varie beaucoup selon les auteurs et les hypothèses faites; on peut parler de la nocivité potentielle qui ne prend en compte que l'activité et des coefficients de radiotoxicité spécifiques, ou de la nocivité résiduelle qui prend également en compte l'effet des différentes lignes de retard entre les déchets et la biosphère. J.C. Petit cite des auteurs qui prétendent que les déchets ont une radiotoxicité potentielle équivalente à celle d'un minerai d'uranium dans des temps de quelques centaines ou milliers d'années (Ringwood, Hamstra), mais nous n'avons pas souvent rencontré ce point de vue. Ce sujet serait intéressant à éclaircir pour avoir un point de comparaison avec un phénomène naturel. Selon, Cohen (1977), la toxicité par ingestion de déchets après 100 ans serait 1.000 fois plus faible que celle de l'arsenic.



cependant que le plutonium et l'uranium de retraitement soient recyclés et éliminés.

D'autres pays ont choisi de ne pas retraiter les combustibles commerciaux (Etats-Unis, Canada, Suède). Dans ce cas, les déchets à éliminer sont les assemblages de combustibles.

La production annuelle de verres de produits de fission, en France, est de moins de 200 m<sup>3</sup>/an et celle de déchets alpha de moins de 4 000 m<sup>3</sup>/an.

Les quantités cumulées en 2020 sont estimées, par l'ANDRA, respectivement à 6 400 m<sup>3</sup> et 100 000 m<sup>3</sup>. Ces prévisions comportent cependant des incertitudes:

- sur l'évolution des quantités de combustibles irradiés, leur taux de combustion, le choix du retraitement qui pourrait être remis en cause pour une partie d'entre eux;
- sur l'évolution possible des techniques de retraitement;
- sur l'évolution possible des techniques de conditionnement et de réduction des volumes;

Ces déchets sont entreposés provisoirement sur leurs lieux de production, à La Hague ou à Marcoule.

Avant d'exposer les arguments favorables ou opposés au retraitement, nous allons présenter les voies d'élimination envisagées pour ces déchets. Nous verrons qu'un consensus international s'est formé, parmi les experts scientifiques et techniciens des agences gouvernementales, intergouvernementales, de l'industrie nucléaire, pour le concept d'évacuation dans une formation géologique profonde, mais que cette solution étudiée depuis plusieurs dizaines d'années, dans tous les pays disposant de centrales nucléaires, n'a encore abouti à aucune réalisation concrète dans le monde. Les experts et les institutions en charge du problème se sont heurtés à l'opposition du public, en particulier des habitants des voisinages des sites sélectionnés pour les stockages. Le consensus technique a alors été remis en cause en France par le public et le Parlement. Cependant, la prise en compte récente des craintes et des aspirations du public à davantage de contrôle démocratique dans les choix technologiques semble avoir débloqué la situation, pour l'instant.

## **2.2 LES SOLUTIONS ENVISAGEES**

L'objectif de base de l'évacuation des combustibles usés est la protection de l'homme et de l'environnement. Etant donné la durée du danger, ce principe doit s'appliquer aussi bien aux générations actuelles qu'aux générations futures. De plus, il est généralement reconnu que cette évacuation doit se faire sans contrainte pour les générations futures.

Depuis de nombreuses années, les autorités sont très contestées dans leurs choix concernant les déchets nucléaires. La principale question technique soulevée est la précision des prédictions scientifiques dans un avenir très éloigné (plusieurs centaines de milliers d'années). Des questions sociales (équité) se posent également, comme pour d'autres d'activités industrielles modernes qui apportent un bénéfice global à la société mais imposent des charges ou font courir des risques à certaines populations (riverains d'installations de stockage).

Le principe de responsabilité nationale est mondialement reconnu: chaque pays doit gérer ses déchets sur son propre territoire et l'exportation vers des pays plus pauvres est inacceptable.



### 2.2.1 Le stockage en couche géologique profonde

(que nous abrégons en stockages géologiques ou en stockages profonds)

#### ***Pourquoi un tel stockage?***

La durée de vie de certains radionucléides présents dans ces déchets conduit à ce qu'on ne peut pas faire reposer la sûreté d'un stockage uniquement sur l'isolement de la radioactivité par des barrières artificielles. En effet, il n'est pas possible d'assurer la pérennité de telles structures, ni l'efficacité des conditionnements, sur des durées de plusieurs millénaires, voire plusieurs millions d'années. De plus, on doit considérer que sur de telles durées la permanence des organismes de gestion n'est pas assurée et que la mémoire du stockage peut être perdue.

Un entreposage en surface prolongé ne serait donc pas fiable à long terme. De plus, il ferait supporter la charge des déchets nucléaires à des générations lointaines qui n'ont pas profité de l'électricité produite par les centrales à l'origine de la production de ces déchets.

Il faut donc assurer un **isolement "passif" de ces déchets**, dans lequel les transferts naturels sont assez lents, quels que soient les événements susceptibles de se produire, pour que la radioactivité atteignant la biosphère soit limitée à des niveaux permettant de respecter les normes de radioprotection actuelles, celles-ci étant toujours considérées comme étant d'actualité. Or, certaines formations géologiques, de volumes importants, sont stables depuis plusieurs millions d'années et les écoulements d'eau pouvant atteindre la biosphère y sont très faibles, d'où l'idée d'y enfouir les déchets du combustible utilisé.

Cette solution est actuellement en cours d'études avancées dans la quasi-totalité des pays ayant une industrie électronucléaire. Il s'agit d'enfouir les déchets conditionnés dans des ouvrages souterrains, à des profondeurs de 200 à 1 000 m selon les formations choisies. Les galeries de stockage sont ensuite comblées avec des mélanges de matériaux et des ouvrages, qui constituent une barrière de protection des colis et une barrière de confinement (appelée la barrière ouvragée); les ouvrages d'accès sont scellés en fin d'exploitation. On considère que la surveillance active à long terme ne serait plus nécessaire.

#### ***Concept multi-barrières***

Les principaux risques liés à ces stockages sont le transfert de radionucléides vers la biosphère par l'écoulement d'eau souterraine et les "agressions" humaines (forage exploratoire, exploitation minière, stockage d'hydrocarbures,...) ou climatiques (glaciation).

Le concept actuel de stockage fait reposer le confinement sur une **successions de barrières, naturelles ou artificielles:**

- la matrice de blocage du déchet ou la forme physico-chimique du déchet;
- le colis de déchets;
- une barrière ouvragée: les galeries ou puits de stockage seront comblés par des matériaux et des ouvrages, qui protégeront les colis des arrivées d'eau et retiendront les radionucléides éventuellement relâchés par les colis;
- la barrière géologique qui joue un double rôle de protection:
  - \*elle protège les barrières artificielles des agressions humaines et climatiques, elle apporte à ces barrières un environnement physico-chimique stable sur des échelles de temps géologiques;
  - \*elle contribue de manière essentielle au retard et à la limitation du transfert éventuel des radionucléides vers la surface.



Les profondeurs choisies (entre 200 et 1 000 m) permettent de réduire le risque d'intrusion humaine, sans compromettre la faisabilité technique des ouvrages. Les stockages n'utiliseront qu'une faible fraction du volume total de la roche d'accueil, et ne devraient pas modifier de façon significative les capacités globales de confinement de la roche.

### ***Choix du milieu géologique***

Tous les milieux géologiques ne conviennent pas à ces stockages. Le sel, le granite, l'argile sont généralement considérés comme des milieux favorables, les schistes ont également été retenus en France, les tuffs volcaniques aux Etats-Unis.

Le sel a l'avantage d'être imperméable, d'avoir une bonne conductivité thermique qui permet d'évacuer la chaleur produite par les déchets, et de se refermer sur les excavations, grâce à sa plasticité. La présence de sel prouve l'absence de circulation d'eaux souterraines. Cependant, il a l'inconvénient d'être soluble et d'être une ressource minérale susceptible d'être exploitée par l'homme ou d'être utilisé comme réservoir de stockage de pétrole.

L'argile (ou les marnes) a l'avantage d'avoir une très faible perméabilité et une bonne capacité de rétention des radionucléides. Les travaux miniers y sont cependant difficiles.

Les roches cristallines, comme le granite, ont de bonnes propriétés mécaniques qui facilitent les travaux miniers, mais comprennent des fractures qui facilitent la circulation de l'eau. De plus, il est fortement improbable que la granite soit un jour exploité en profondeur, étant donné son faible intérêt économique et son abondance en surface. Le tuff volcanique a des propriétés similaires.

### ***Objectifs de sûreté***

Ils sont explicités dans la règle fondamentale de sûreté (RFS) III.2.f émise par la DSIN, qui est l'aboutissement des réflexions et recommandations de plusieurs groupes d'experts qui depuis 1983 ont progressivement forgé l'approche de sûreté pour les stockages de déchets radioactifs en formation géologique profonde.

Pour une évolution "normale" du site de stockage, c'est-à-dire pour des événements certains ou très probables, l'équivalent de dose reçue annuellement par un individu de la population critique doit être inférieur à 0,25 mSv, c'est à dire à une fraction de la dose admissible fixée par la CIPR-60 à 1 mSv. Ceci est à comparer à l'équivalent de dose dû à la radioactivité naturelle qui varie de 1,5 à 6 mSv/an en France.

Dans le cas d'événements aléatoires venant perturber à long terme l'évolution du stockage, on prend en compte le risque radiologique pour les individus des groupes critiques, c'est à dire le produit de l'équivalent de dose annuel par la probabilité d'occurrence de l'événement considéré.

### ***Laboratoires souterrains***

L'aptitude d'un site, choisi dans un milieu a priori favorable, à accueillir un stockage souterrain doit être vérifiée, validée, par une excellente connaissance préalable des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques, géomécaniques et géochimiques du site considéré. C'est l'objet d'un laboratoire souterrain construit sur le site exact du stockage envisagé, pour en établir la cartographie précise et évaluer ses capacités de confinement. La

construction d'un laboratoire est en général précédée par une période de quelques années d'acquisition de données bibliographiques et de reconnaissance du site depuis la surface, par des forages de reconnaissance, des relevés sismiques ou des prospections géophysiques aériennes.

Les travaux dans les laboratoires souterrains doivent également permettre d'élaborer les **concepts de stockage adaptés au site**, c'est-à-dire en préservant les qualités intrinsèques et en compensant les défauts éventuels.

La faisabilité et la sûreté de stockages géologiques ont déjà fait l'objet de recherches dans des laboratoires souterrains: dans le sel en Allemagne, dans l'argile en Belgique, dans des roches cristallines en Suède et au Canada. On parle alors de laboratoires méthodologiques par opposition aux laboratoires de site. L'ANDRA a fait appel à ces laboratoires pour de nombreuses expériences, pour acquérir des données sur le milieu considéré, mettre au point les méthodes et instrumentations et valider des modèles de comportement.

### **Choix d'un site**

La RFS III-2-f, reprenant les recommandations de groupes d'experts (groupes Castaing et Goguel), donne un certain nombre de critères concernant les qualités requises d'un site en vue de l'implantation d'un stockage de déchets hautement actifs et à vie longue.

Les deux critères essentiels sont la **stabilité géologique** et l'**hydrogéologie** (faible perméabilité et faible gradient de charge hydraulique). D'autres critères importants sont les propriétés mécaniques et thermiques, qui conditionnent la faisabilité de la construction et de l'exploitation du stockage, les propriétés géochimiques, le respect d'une profondeur minimale et l'absence de stérilisation de ressources souterraines (pour diminuer les risques d'intrusion humaine).

### **Démonstration de sûreté**

La construction d'un stockage géologique devra être précédée d'une analyse de sûreté, démontrant que les objectifs de radioprotection sont bien atteints. Cette étude s'appuiera sur les données acquises grâce au laboratoire souterrain et fera appel à **trois types de démarches**: une démarche **naturaliste** (approche de géologues), une démarche **expérimentale** (laboratoires) et la **modélisation** (des transferts de radionucléides).

La RFS, reprenant les recommandations du groupe Goguel (1987), demande l'usage d'une modélisation mathématique de l'évolution du stockage pour une période de 10 000 ans, sur laquelle la stabilité géologique du site devra être prouvée. Au-delà de cette durée, les incertitudes augmentent progressivement mais l'activité des déchets aura notablement décru: la démonstration devra alors reposer sur des estimations majorantes (à partir de l'efficacité résiduelle minimale de la barrière géologique) des équivalent de doses.

La **méthode retenue** est de type **déterministe**, c'est-à-dire qu'elle consiste à étudier un certain nombre de situations considérées comme "raisonnablement envisageables".

Par exemple, la RFS considère que l'intrusion humaine involontaire n'est envisageable qu'après 500 ans et les premières glaciations dans 60 000 ans.

L'**assurance-qualité** de toutes les opérations liées à la mise en oeuvre du stockage jouera un rôle très important dans la démonstration.



### **Etudes d'analogues naturels**

L'idée de stockage souterrain est confortée par l'existence de ce que les spécialistes appellent des "analogues naturels". Ainsi à Oklo, au Gabon, des réactions en chaînes naturelles se sont produites, il y a plus de 2 milliards d'années, dans un gisement d'uranium, alors très riche en uranium 235. Les produits de fission engendrés, confinés et protégés dans une enveloppe d'argile, ont très peu bougé pendant toute la durée nécessaire à leur décroissance, malgré la présence d'eau souterraine.

A Cigar Lake au Canada, on a découvert un gisement à très forte teneur en uranium, à 430 m de profondeur, sans aucune signature radioactive en surface. Son étude a révélé des cristaux d'uranium qui ne se sont pas dissous depuis leur formation, il y a 1,3 milliards d'années, bien que le gisement renferme de l'eau souterraine. Les conditions chimiques (faible teneur en oxygène de l'eau) jouent un rôle important.

#### **Le coût**

La construction de chacun des deux laboratoires souterrains devrait coûter **1,5 milliards de francs**. Le programme de **caractérisation du milieu géologique** devrait coûter **1,5 milliards par site** en dix ans (fonctionnement et expérimentation).

La réalisation d'un **stockage profond** devrait coûter entre **10 à 15 milliards**, mais, étant donné l'état d'avancement du projet, il y a une marge d'erreur très grande sur cette estimation. En particulier, la réversibilité pourrait avoir un coût très élevé.

Le coût d'une installation apparaît donc très élevé, mais ramené au kWh produit il reste modéré: **0,4 c/kWh**, soit 5% du coût du cycle du combustible ou 1,5% du coût total. Cependant, ces coûts sont obtenus avec un taux d'actualisation de 8% qui rend négligeable les dépenses très éloignées, qui seront en fait supportées par la génération suivante.

Pour donner un ordre de grandeur, on peut calculer qu'une provision hypothétique de 1 c/kWh produit correspondrait à un montant annuel de **4,4 milliards de francs**.

Les recherches de l'ANDRA sur les stockages profonds sont financées par les producteurs de déchets, dont 70% par EDF. EDF provisionne toutes les dépenses prévues.

### **2.2.2 Autres solutions envisagées**

D'autres solutions ont été envisagées, de manière plus ou moins approfondie:

- l'idée de la **dilution en mer** a été évoquée puis rapidement abandonnée à cause des grandes quantités de radioactivité en jeu, de l'absence de démonstration crédible et du risque de retour vers l'homme par la chaîne alimentaire; elle est interdite par une réglementation internationale.

- le **stockage dans les sédiments subocéaniques**: cette solution, qui a eu la faveur de certains spécialistes, consiste à enfouir les déchets sous les sédiments marins, soit par forages, soit à l'aide de torpilles. Elle a des avantages techniques: on peut trouver des zones à sédimentation rapide, tectoniquement stables; les sédiments se transforment rapidement en barrière de confinement; les couches océaniques constituent des barrières supplémentaires, avec une énorme capacité de dilution.

Cette voie a fait l'objet de recherches approfondies et d'une campagne d'essais internationale avec des colis simulés ne contenant pas de produits radioactifs; elle se heurte cependant à des problèmes juridiques et politiques, et à une vive opposition des milieux écologiques. Cette solution serait totalement irréversible.



- la **séparation des produits à vie longue**, suivie de leur **transmutation** en éléments à vie courte, dans des réacteurs ou des accélérateurs. C'est une des voies de recherche prescrites par la loi du 30 décembre 1991, et poursuivi par le programme SPIN du CEA, dont le budget devrait être de 4 milliards de Francs en 15 ans. Le Japon, la Russie et les Etats-Unis ont également des programmes importants dans ce domaine.

Une option intermédiaire consisterait à séparer les radionucléides qui posent le plus de problèmes pour la sûreté à long terme et de leur appliquer un conditionnement spécifique, par exemple un verre au phosphate pour le césium 135.

- **l'entreposage prolongé en surface**: de nombreux groupes écologiques sont opposés à toutes les propositions précédentes d'évacuation des déchets du combustible irradié. Ils proposent souvent de continuer à les stocker en surface, sur les lieux de production. Certains scientifiques proposent de placer les déchets dans des mausolées installés dans des déserts très secs. Cet entreposage, qu'on se transmettrait alors de génération en génération, permettrait d'avoir une réversibilité permanente, contrairement au stockage souterrain. La mémoire d'un tel entreposage ne se perdrait pas, contrairement au stockage profond.

L'entreposage en surface permet donc d'attendre que la science découvre un moyen de réduire la nocivité des substances radioactives à vie longue. La loi de 1991 prévoit d'étudier les techniques de conditionnement pour un entreposage prolongé en surface.

Les spécialistes ont jugé que cette situation ne pouvait être que provisoire car on ne pouvait pas assurer la pérennité des ouvrages de stockage sur les temps nécessaires et que la surveillance institutionnelle pouvait ne pas être fiable à long terme (quelques centaines d'années). Le principe de base selon lequel un stockage à long terme doit entraîner des contraintes pour les générations futures, ne permet pas d'envisager un stockage prolongé en surface comme solution définitive.

- quelques **solutions peu étudiées**: l'évacuation spatiale, techniquement irréalisable à ce jour; l'enfouissement dans le magma terrestre au niveau des zones de subduction des plaques continentales; l'enfouissement dans la calotte glaciaire.

La commission Castaing écrivait en 1983 que les seules solutions "philosophiquement" acceptables étaient l'évacuation spatiale et la séparation-transmutation, mais qu'elles étaient irréalisables dans l'état actuel des techniques. Elle recommandait donc l'étude du stockage en couche géologique profonde, mais aussi la reprise des recherches sur la séparation-transmutation.

Comme le suggère certaines thèses, on peut classer les solutions envisagées dans trois catégories:

- le confinement (ou l'éloignement) de la radioactivité: par exemple, stockage géologique, stockage prolongé en surface; l'évacuation dans l'espace;
- la dilution;
- l'élimination par transmutation des éléments à vie longue en éléments à vie courte.

Certaines solutions sont des hybrides: la sûreté de l'enfouissement dans les sédiments marins repose sur le confinement par les conteneurs et les sédiments, mais aussi sur la dilution dans les eaux océaniques en cas de fuite; la sûreté des stockages géologiques repose aussi en partie sur la dilution des radionucléides lors de leur migration vers la biosphère.



## **2.3 HISTORIQUE INTERNATIONAL**

### ***La prise en compte du problème***

Comme le notait le député Christian Bataille dans son rapport parlementaire (1991), la précocité de l'engagement de la communauté scientifique et technique à résoudre le problème des déchets nucléaires est un sujet de divergence: selon les écologistes et les médias, on s'en serait préoccupé trop tard. Ce point de vue est partagé par de nombreux observateurs et par M. Bataille lui-même.

Selon J.C. Petit (1993), l'élimination des déchets radioactifs hautement actifs a préoccupé certains experts (c'est à dire des scientifiques et techniciens du milieu nucléaire) dès le début des années 50. Mais ceux-ci ont considéré que le problème n'était pas urgent, car il n'y aurait des volumes importants à évacuer qu'à la fin du siècle, et ils n'ont donc entrepris de véritables programmes de gestion des déchets qu'une vingtaine d'années plus tard. Ce retard s'explique aussi par le fait que les experts pensaient que le problème avait des solutions techniques à des coûts acceptables. Ils avaient sûrement sous-estimé la difficulté de prouver la sûreté à long terme de façon suffisamment fiable et l'importance de convaincre le public.

### ***Les premières propositions***

Deux stratégies opposées ont alors été envisagées: la dispersion ou le confinement. La première idée a été rapidement abandonnée, à cause des grandes quantités de radioactivité concernées.

Pour le confinement, J.C. Petit (1993) distingue deux options fondamentales: l'entreposage surveillé, qui fait appel aux ressources de la société, ou l'évacuation définitive, qui fait appel aux ressources de la nature. La nécessité d'isoler la radiotoxicité à très long terme a été identifiée à cette époque et les experts ont considéré que la première solution ne pouvait être que provisoire. Ils développèrent alors l'idée de l'évacuation définitive, soit en couche géologique profonde, soit dans les sédiments marins.

L'étude du stockage en couche géologique profonde a été recommandée en 1957 par l'Académie des Sciences des Etats-Unis. Les formations de sel apparaissaient alors comme des milieux particulièrement favorables. Les premières recherches ont commencé il y a plus de trente ans, avec le projet Salt Vault.

### ***La formation du concept de stockage multi-barrière***

En fait, l'élimination des déchets radioactifs de haute activité à vie longue n'est devenu un thème majeur que dans les années 70, quand les quantités produites sont devenues importantes. C'est à ce moment que le stockage géologique s'est imposé, parmi les scientifiques et les techniciens de l'industrie nucléaire, comme la meilleure solution et que les premiers projets ont été lancés (site de Lyons aux Etats-Unis en 1973 qui a échoué deux ans plus tard face à l'opposition locale attisée par des difficultés géologiques). Auparavant, les experts considéraient que ce problème n'était pas urgent car les volumes produits étaient faibles.

La décennie 70 marque aussi la montée de la contestation anti-nucléaire, dont l'un des arguments majeur est l'absence de solution pour la fin du cycle. Depuis, les projets de stockage, aux Etats-Unis, en Allemagne, puis en France, ont tous rencontré une très forte opposition. La délégation des choix technologiques aux experts est remise en cause.



Le concept multi-barrière s'est formé progressivement dans les années 60 et 70. L'isolement par les couches géologiques fut d'abord considéré comme l'élément déterminant de la sûreté du stockage. Au départ, certains prévoaient même l'injection des produits de fissions sous forme liquide dans le sous-sol. Mais, sous la pression du public, et à cause des incertitudes géologiques, la solidification (vitrification en France) et l'enrobage des déchets furent développés et les experts comprirent leur intérêt comme barrière de confinement supplémentaire.

Des doutes subsistèrent sur la possibilité de démontrer la fiabilité à long terme de la barrière géologique. De plus, la durabilité de la matrice solide des déchets ne pouvait pas être garantie sur d'aussi longues périodes. L'intérêt d'une barrière supplémentaire, appelée barrière ouvragée, s'imposa donc à partir de 1977.

#### ***La formation d'un consensus des experts***

Le concept s'est cristallisé deux ans plus tard en Suède. L'action des opposants mena à un moratoire sur l'implantation de nouvelles centrales nucléaires. En 1977, une loi interdit la reprise du programme nucléaire tant que l'industrie n'aurait pas démontré la possibilité d'éliminer les combustibles irradiés de manière fiable et définitive. Les experts suédois préparèrent donc un projet de stockage géologique, dont la sûreté reposait sur la redondance de barrières massives, le KBS (1978). Ce projet a été approuvé par le gouvernement suédois. D'autres études du même type ont été menées au bout: le projet Gewähr en Suisse par exemple, ou des versions successives de KBS soumises au contrôle international (KBS-3).

Dans les années 70 et 80, d'importants programmes de recherches et d'expérimentation ont été menés dans des laboratoires souterrains: à Stripa dans du granite en Suède, à Asse dans du sel en Allemagne, à Mol dans de l'argile en Belgique, au Lac du Bonnet dans du granite au Canada,...

A cette époque, un consensus s'est formé parmi les experts de l'industrie nucléaire sur le fait que le stockage géologique permet de garantir de manière raisonnable et convaincante la sûreté en utilisant des technologies existantes. Ce consensus a été exprimé notamment par des organisations internationales comme l'AIEA ou l'AEN. Selon l'AIEA (Bulletin, vol 31, n°4-1989): "l'opinion des spécialistes internationaux, fondée sur des considérations techniques, est que le stockage définitif des déchets de haute activité ou du combustible nucléaire épuisé dans les formations géologiques profondes est actuellement la meilleure solution."

Tous les pays ayant une industrie électronucléaire ont un programme de stockage en profondeur (sauf les pays de l'Est qui ont renvoyé jusqu'à un passé récent leur combustible en Russie).

Le consensus est donc très fort, mais il n'est pas absolu, même dans les milieux scientifiques, où d'autres solutions sont parfois soutenues (voir plus haut), en particulier l'entreposage prolongé.

La faisabilité du stockage dans les sédiments océaniques a fait l'objet d'études jusqu'à la fin des années 80, notamment dans le cadre d'un projet de l'AEN. Cette option paraissait faisable techniquement et économiquement; des modélisations ont montré que la sûreté devrait être assurée. elle a l'avantage de ne pas se heurter à des populations locales défavorables (NIMBY). Cependant, l'usage des eaux internationales poserait sûrement des problèmes politiques et juridiques importants et cette solution a donc été abandonnée.



### **Les méthodes d'analyse de sûreté**

Dans les années 80, l'attention porta surtout beaucoup sur les techniques d'analyse de sûreté à employer pour ces stockages. Cette analyse repose sur plusieurs méthodes: les expérimentations sur le site et dans des milieux analogues, l'expérimentation en laboratoire (rétention des nucléides par les roches, perméabilité,...), la modélisation des transferts de radionucléides, l'utilisation d'analogues naturels,....

La CCE a entrepris une étude, le programme PAGIS, qui avait pour but d'élaborer une méthodologie harmonisée et d'évaluer la capacité de divers milieux à confiner les déchets de haute activité. L'étude conclut, en 1989, que l'impact radiologique serait minime: aucun relâchement n'est prévu avant 100 000 ans et le maximum atteint est inférieur au millième de la dose recommandée par la CIPR. Une étude analogue est en cours pour les déchets alpha.

En 1991, l'AEN, l'AIEA et la CCE ont publié un document, "Peut-on évaluer la sûreté à long-terme? une opinion internationale collective", qui "confirme que l'on dispose à l'heure actuelle de méthodes d'analyse de sûreté permettant d'évaluer de façon adéquate les incidences radiologiques potentielles à long terme, sur les êtres humains et l'environnement, d'un système d'évacuation des déchets radioactifs soigneusement conçu".

Cependant, depuis quelques années, les experts s'interrogent beaucoup sur la façon d'estimer et de réduire les incertitudes résiduelles de ces analyses de sûreté. En effet, la complexité des systèmes naturels, l'échelle de temps concernée (de 10 000 à 1 000 000 années), les échelles d'espaces font que la validation des modèles ne sera jamais absolue. McCombie, de l'agence suisse Nagra, a identifié les problèmes techniques essentiels: (1) la sélection et l'analyse des scénarios, (2) la modélisation de certains processus complexes comme le transport de radionucléides dans des zones fracturées hétérogènes, (3) la quantification des incertitudes, (4) la validation des modèles par des expériences, (5) l'assurance qualité, (6) l'influence des critères de sûreté.

Le développement de procédures d'autorisation de stockage fait l'objet de beaucoup de travaux au niveau international. Ces procédures s'appuieront sur les analyses de sûreté, et feront intervenir des jugements d'experts. La prise en compte d'aspects légaux devient donc importante dans tous les pays, en particulier aux Etats-Unis où les juges jouent un rôle important.

De plus, après avoir été centrées sur les transferts de radionucléides vers la surface, les études de sûreté se tournent maintenant vers l'évaluation d'événements géologiques exceptionnels et les risques d'intrusion accidentelle ou volontaire.

Les périodes de temps à considérer sont aussi débattues. Beaucoup de pays ont choisi de fixer à 10 000 ans la période sur laquelle la stabilité du site devra être démontrée et les objectifs de sûreté démontrés par des modélisations. Au-delà de cette période, la radiotoxicité aura fortement décru et des arguments sur l'efficacité minimum résiduelle des barrières géologiques devraient suffire. D'autre pays, comme la Suède, ne mettent pas de telle coupure entre court terme et long terme.

### **Réversibilité**

Les surveillances institutionnelles sont supposées pouvoir durer quelques siècles (500 ans en France). Les experts estimaient donc au début des années 80 que ces stockages devaient être irréversibles. Cependant, cela a été remis en cause et certains pensent, qu'à court



terme, la réversibilité est une meilleure option: aux Etats-Unis par exemple les stockages doivent rester réversibles pendant au moins 50 ans.

## 2.4 HISTORIQUE EN FRANCE

A la suite du débat parlementaire de 1981 sur l'indépendance énergétique de la France, un groupe de réflexion sur le devenir des combustibles irradiés a été créé. Ce groupe, présidé par le professeur Castaing, a remis un premier rapport en 1982, qui concluait que le retraitement et le non-retraitement étaient deux options envisageables du point de vue de la sûreté.

Après examen du programme de gestion des déchets radioactifs déposé par CEA, le groupe remit un deuxième rapport en 1983. En ce qui concerne les stockages en profondeur, ce rapport recommandait l'étude de quatre roches favorables: l'argile, le granite, le schiste et le sel. Il insistait sur la nécessité de confirmer sur les sites choisis les qualités attendues. Il recommandait également de reprendre en parallèle l'étude de la séparation-transmutation des actinides et des produits de fission à vie longue, abandonnée par le CEA.

Enfin, dans un troisième rapport en 1984, le groupe Castaing insistait sur l'urgence d'entreprendre la prospection géologique sur site et recommandait la création d'un groupe chargé de définir les critères d'étude d'un site.

En 1985, ce groupe fut créé, sous la présidence du professeur Goguel, géologue de renommée internationale. Parallèlement, l'ANDRA, avec l'aide du BRGM, réalisa, de 1985 à 1987, un inventaire des régions françaises susceptibles de présenter des structures géologiques correspondant aux critères définis dans les rapports Castaing.

En 1987, le groupe Goguel remit son rapport, qui concluait qu'il y avait deux critères essentiels pour le choix d'un site: la stabilité géologique et l'hydrogéologie. A cela s'ajoutait d'autres critères secondaires: les propriétés mécaniques, les propriétés géochimiques, la profondeur, l'absence de ressources de valeur. Ces critères ont été repris dans la RFS III-2-- en 1991.

Sur recommandation de l'ANDRA et du BRGM, le Ministre de l'Industrie choisit alors quatre sites devant faire l'objet d'études plus poussées (argile dans l'Aisne, granite dans les Deux-Sèvres, schiste dans le Maine-et-Loire, sel dans l'Ain). L'ANDRA commença alors les études sur le terrain. Il s'agissait, par des forages et des études géophysique, de dresser une carte précise du massif rocheux et de l'hydrogéologie de la région.

En février 1990, face aux protestations et manifestations parfois violentes d'opposition à l'ANDRA sur les sites sélectionnés, le Premier Ministre, Michel Rocard, décida de suspendre les travaux et d'établir un moratoire d'un an.

Le gouvernement saisit alors l'Office parlementaire d'évaluation des choix technologiques et techniques, qui nomma comme rapporteur Christian Bataille, député du Nord. Celui procéda à l'audition de tous les acteurs concernés par les projets de stockage souterrains: l'ANDRA, les producteurs de déchets, le CEA, les élus locaux concernés, les autorités publiques, les associations écologiques, les organisations internationales,... Il effectua des visites dans d'autres pays européens pour étudier leur démarche. Il remit un rapport en décembre 1990 qui déboucha



sur le vote, le 30 décembre 1991, d'une loi sur la gestion des déchets nucléaires.

Dans son rapport, le député Bataille souligna l'importance de reprendre les recherches sur le stockage souterrain le plus rapidement possible, car c'était la meilleure solution a priori. Cependant, il recommanda de reprendre l'étude de la séparation-transmutation qui pourrait être la meilleure solution à long terme, et de renforcer la recherche sur les procédés de conditionnement pour l'entreposage de longue durée en surface.

Son rapport analysait également les raisons de l'opposition des populations concernées. Les explications retenues étaient:

- l'insuffisance de l'information préalable, de "transparence": les élus locaux n'auraient été prévenus que quelques jours avant le début des travaux;
- l'image négative des déchets et la crainte de la "poubelle nucléaire"; pour cela, le député C. Bataille recommanda l'élaboration de règles de sûreté pour les stockages souterrains, qui furent établies par la DSIN en juin. La peur de la radioactivité est évidemment un élément essentiel du rejet;
- cette image négative pourrait avoir un impact négatif sur l'économie locale: le député C. Bataille recommanda donc que des compensations financières soient attribuées aux collectivités locales accueillant un laboratoire;
- l'attitude des écologistes, opposés à l'énergie nucléaire, a joué un rôle essentiel dans la mobilisation contre le projet;
- un certain "égoïsme", qui se rencontre à l'égard de toutes les installations industrielles, en particulier les projets d'élimination de déchets; c'est ce que l'on appelle le syndrome NIMBY(Not-In-My-Backyard).

La confiance des populations dans l'industrie nucléaire est apparue comme très limitée.

Pour sortir de l'impasse, Christian Bataille recommanda de donner des garanties aux populations concernées par la construction d'un laboratoire souterrain. Il conclut son rapport en préconisant que la démarche de gestion des déchets de haute activité devait être:

- responsable, c'est à dire que nous devons trouver une solution nationale le plus tôt possible, et que c'est notre génération qui doit trouver une solution;
- transparente, car la culture du secret qui domine dans le domaine nucléaire ne se justifie plus;
- démocratique, c'est à dire que les choix technologiques ne doivent plus être pris de manière incontrôlée par les experts;



### **La loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs**

Concrétisation des recommandations du rapport Bataille, elle contient un ensemble de dispositions permettant de débloquer la situation des laboratoires souterrains en introduisant des garanties d'indépendance, d'information (de "transparence"), de contrôle démocratique. Mais, elle remet également en cause le choix des techniciens en rouvrant des options abandonnées.

La recherche doit être poursuivie dans trois directions: le stockage géologique; le retraitement poussé et la transmutation; l'entreposage prolongé en surface. Le consensus des experts est donc remis en cause par le Parlement. Les programmes de recherches seront évalués chaque année par une commission indépendante, composée de douze experts dont au moins deux non français, qui rendra compte au Parlement.

Un ensemble de garanties de transparence et de concertation est apporté aux populations concernées par la construction d'un laboratoire souterrain:

- l'ANDRA devient un établissement industriel et commercial indépendant du CEA, qui est lui un producteur de déchets. L'ANDRA est chargée de "la gestion à long terme des déchets radioactifs";
- la construction d'un laboratoire sera autorisée par décret en Conseil d'Etat après enquête publique;
- deux laboratoires souterrains seront construits, au lieu d'un seul prévu par l'ANDRA dans sa précédente campagne; cela permettra de rejeter un site qui ne conviendrait pas sans remettre en cause le planning de stockage;
- la décision de construire un stockage géologique ne pourra être prise que par une nouvelle loi; le Parlement s'appuiera sur un rapport final sur l'avancement des recherches qui sera remis au gouvernement par l'ANDRA en 2005 et évalué en 2006 par la commission nationale d'évaluation;
- le stockage de déchets étrangers est interdit en France;
- une option de stockage réversible devra être proposée; auparavant, l'ANDRA ne prévoyait qu'un stockage irréversible;
- des commissions locales d'information seront établies sur les sites des laboratoires.

Un processus de sélection de site est prévu par la loi: le choix des deux sites sera précédé d'une concertation préalable avec les élus locaux, un médiateur étant chargé de mener cette concertation. Le principe de mesures d'accompagnement financières est également retenu.

Des compensations économiques importantes (60 millions de Francs par an) seront attribuées aux communautés qui accueilleront les laboratoires. Cela s'ajoutera aux effets économiques du laboratoire, dont la construction coûtera 1,5 milliards de francs et emploiera 300 personnes pendant 5 ans environ. Le laboratoire emploiera 150 personnes et aura un budget de fonctionnement annuel de 70 MF, hors expérimentation.

### **Mission de médiation**

Conformément à la loi de 1991, un médiateur a été nommé en décembre 1992. Il s'agissait encore de Christian Bataille. L'objectif de la mission de médiation était de proposer plusieurs sites au gouvernement pour l'implantation de deux laboratoires souterrains. Le principe de base était le volontariat. Le médiateur devait informer les élus locaux, susciter des candidatures, puis recueillir les réactions de l'ensemble des responsables politiques et socio-économiques (élus, chambres consulaires, syndicats, associations,...).

Dans la démarche poursuivie, la recherche du consensus ou de la meilleure acceptation locale des laboratoires était aussi importante que l'intérêt géologique du site. C'est donc une démarche contraire à celle des années 80, quand l'ANDRA choisit les quatre "meilleurs sites" sur des critères purement techniques, avec l'intention de choisir le meilleur après quelques investigations en surface, pour y construire l'unique laboratoire souterrain. En fait, la plupart des spécialistes pensent que de nombreux sites peuvent convenir techniquement à un stockage souterrain, s'ils sont dans un milieu géologique favorable et respectent les critères définis par le rapport Goguel.

La trentaine de "candidatures à l'information" reçues ont été préalablement examinées par le BRGM et l'ANDRA pour en vérifier l'intérêt géologique, et seules dix ont été retenues. Des



visites sur huit sites ont été effectuées en octobre et novembre 1993. Tous les élus et représentants socio-économiques étaient invités à des réunions d'information, annoncées dans la presse locale et nationale. Ces réunions étaient ouvertes à toute personne se sentant concernée par le sujet. Les membres de la mission continuaient à suivre les réactions locales après leur visite.

Selon le médiateur, les réactions locales montraient souvent une volonté de résoudre le problème des déchets nucléaires, mais aussi un manque de confiance dans l'industrie nucléaire, dans le gouvernement et les élus et même dans la loi. La réversibilité du stockage est apparue déterminante quant à la crédibilité et à l'acceptation de l'ensemble du processus. Le député Bataille recommanda d'apporter des garanties que cette réversibilité soit prévue. Il recommanda également de poursuivre l'effort d'information au niveau local mais aussi national.

En décembre 1993, le médiateur rendit son rapport au gouvernement, dans lequel il recommandait quatre sites, dans le Gard, la Haute-Marne, la Meuse et la Vienne. Ces quatre départements avaient confirmé leur candidature par un vote "quasi-unanime" du Conseil Général. D'autres candidatures ont paru prometteuses et pourraient être utilisées par la suite. En janvier 1994, le gouvernement décida de retenir les quatre sites recommandés par le médiateur et l'ANDRA a donc pu y commencer les investigations en surface.

Le succès de la mission de médiation est d'abord dû à la procédure d'information et de dialogue utilisée. Il semble que la crise économique et les mesures d'accompagnement ont aussi joué un rôle important. En effet, la mission a eu lieu peu de temps après la première défaite électorale des partis écologiques, qui semble montrer un reflux des idées environnementalistes. Enfin, l'engagement de l'Etat, affirmé par le gouvernement au début de la mission, a été important.

Le député Bataille note cependant que "les éléments du consensus politique et social demeurent en eux-même fragiles". L'opposition pourrait se renforcer sur certains sites. Ainsi, le nouveau Conseil Général du Gard vient de décider de réexaminer tous les projets de son prédécesseur, en particulier celui de stockage de déchets radioactifs (Le Monde, 22 mai 1994). Il convient néanmoins de souligner le résultat très positif de la nouvelle démarche engagée par le député Bataille.

### ***Les travaux de l'ANDRA***

Les travaux d'investigation en surface devraient durer deux ans, au terme desquels seront choisis les deux sites pour les laboratoires. La construction du laboratoire devrait durer 5 ans et les expériences 8 ans.

Conformément à la loi de 1991, complétée par un décret de décembre 1992, l'ANDRA doit présenter un rapport de synthèse sur toutes les voies de recherche le 30 décembre 2005. Ce rapport devra être accompagné d'un avant-projet de stockage profond, dans l'hypothèse, très probable, où ce concept est réalisable dans les conditions de sûreté souhaitées. Il comprendra une étude de sûreté provisoire, qui sera finalisée dans le rapport définitif de sûreté, au moment de la demande d'autorisation. Cette demande d'autorisation ne sera faite qu'après un vote de l'Assemblée en faveur des stockages souterrains.

Les nouveaux sites ont été choisis par la mission Bataille, plus pour des raisons d'acceptabilité du public que sur des critères techniques. A priori, ce ne sont pas géologiquement



les meilleurs, et il faut donc identifier leurs défauts éventuels et leurs qualités majeures. Le concept de stockage devra compenser leurs défauts tout en conservant leurs qualités.

### ***Le programme de recherche en Séparation-Incinération: SPIN***

C'est la deuxième voie de recherche préconisée par la loi de 1991. Elle consiste à séparer des déchets les éléments à vie longue et à les incinérer, c'est à dire les transformer en éléments à vie courte, soit par transmutation, soit par fission (pour les actinides seulement). Cela se ferait soit en réacteur, soit en accélérateur. Précisons que les éléments à vie longue ne représentent qu'une faible fraction des verres de retraitement: 0,3 % de produits de fission et 0,1% d'actinides mineurs. Ces verres contiennent également la fraction du plutonium non récupérée, environ 0,3%.

Le programme de séparation-incinération des déchets à vie longue est mené par le CEA. Le budget prévu est de 4 milliards en 15 ans. Ce programme est divisé en deux parties: PURETEX et ACTINEX.

PURETEX est un programme à moyen terme, lui-même divisé en deux parties et qui consiste à améliorer les performances des usines de retraitement existantes. La première partie consiste à diminuer en volumes et en activité les déchets de type B produits par le procédé de recyclage PUREX (voir I). Il comprend aussi une première étape de séparation: la récupération du neptunium (actinide) et du technétium (produit de fission), car la gestion de ces deux éléments était prévue dès la conception d'UP3. On devrait être capable d'y récupérer 80% du neptunium 237 en 1995 et 95% en 2000.

ACTINEX est un programme à long terme (plusieurs dizaines d'années) qui nécessite des installations industrielles d'un nouveau type (usines de retraitement et réacteurs). L'objectif est de gagner un facteur 10 puis 100 sur la nocivité des déchets finaux, en séparant puis en incinérant les produits à vie longue. Le retraitement poussé demande des recherches importantes; ainsi l'américium et le curium ont une valence 3 comme les lanthanides, qui constituent une part importante des produits à vie courte, et leur séparation est donc très difficile. L'incinération pourrait être effectuée soit dans des réacteurs électronucléaires (eau pressurisée ou rapides), soit dans des installations spécialisées, réacteurs à haut flux ou accélérateurs. La transmutation des produits de fission est beaucoup plus difficile à réaliser que la transmutation ou la fission des actinides, et réclamera sûrement des méthodes innovantes comme réacteurs à haut flux ou des accélérateurs.

Des RNR seraient beaucoup plus efficaces que des REP: selon le rapport Curien (1992), ils apparaissent aujourd'hui comme la seule voie pour réduire efficacement le stock de plutonium et des autres actinides. Une expérience (Superfact) a été menée de 1986 à 1988 dans Phénix, et a fourni les premières données effectives de transmutation du neptunium 237 et de l'américium 241. Superphénix devrait également être utilisé pour l'expérimentation. Des installations spécialisées auraient certainement un coût prohibitif, mais permettraient une réduction importante des produits de fission.

Dans l'état de technologie actuel, plusieurs dizaines de recyclages et donc de retraitements seraient nécessaires, ce qui génèrera des déchets secondaires et augmentera les risques pour le personnel et l'environnement. L'hypothétique mise en oeuvre industrielle de cette solution pourrait coûter très cher, d'autant plus qu'un stockage souterrain restera nécessaire car l'efficacité ne sera pas 100%, et d'autres déchets alpha continueront à être produits dans des



installations du cycle du combustible, en particulier lors du retraitement, et il faudra évacuer les déchets existants

Le programme SPIN laisse donc sceptiques de nombreux spécialistes des déchets nucléaires. Il est parfois perçu comme une "voie politique", qui a pour but d'améliorer l'acceptabilité des stockages profonds. En tout cas, la transmutation ne peut pas encore être considérée comme une voie réalisable d'élimination des déchets, ce qui fait que les recherches et le développement des stockages géologiques doivent être poursuivis.

Le programme japonais OMEGA prévoit un budget de 10 milliards sur 10 ans. Le programme américain prévoit une séparation des actinides par voie aqueuse (procédé Truex) et leur incinération dans un réacteur à neutrons rapides (IFR). Le projet ATW à Los Alamos a pour objectif d'induire aussi bien la transmutation des produits de fission que la fission des actinides par double capture neutronique, avec un système mixte constitué par un accélérateur de protons de haute énergie et d'un réacteur sous-critique. Ce dispositif pourrait produire de l'énergie, à partir d'un combustible au thorium en produisant très peu de déchets radioactifs, mais les incertitudes scientifiques restent très grandes (rapport Curien). Le programme américain pour les réacteurs à neutrons rapides a été fortement réduit au dernier budget.

Un programme a également été lancé par le CEA pour augmenter la capacité des RNR à consommer du plutonium: CAPRA. Il a pour objectif d'arriver à une consommation de 80 kg de plutonium par TWh produit (un REP en produit 20 kg/TWh). Aux Etats-Unis, l'élimination du plutonium militaire est une question d'actualité.

#### ***Etude des procédés de conditionnement pour un entreposage prolongé***

3,8 milliards de Francs doivent être investis dans cette voie en 15 ans.

### **2-5-UN CONSENSUS SUR LA SOLUTION TECHNIQUE, MAIS AUCUNE RÉALISATION PRATIQUE**

Nous avons vu que la méthode d'enfouissement dans des structures géologiques fait la quasi-unanimité dans les milieux scientifiques et techniques internationaux en charge de la résolution du problème (institutions de gestion, géologues, autorités de sûreté, agences internationales,...). Tous les pays avec une industrie électronucléaire ont un programme d'enfouissement. La coopération internationale est très développée, notamment par l'intermédiaire de l'AEN, l'AIEA et la CCE. Même si les méthodes de validation des analyses de sûreté demandent encore des mises au point, l'optimisme des experts sur la possibilité de prouver la sûreté à long terme est assez généralement exprimé.

De plus, si le coût de chaque installation d'évacuation doit être très élevé, le coût au kWh serait faible: 0,4 centimes en France selon le CEA, 0,1 USc/kWh au Etats-Unis, 0,066 CANc/kWh au Canada. Cela représente généralement entre 1 et 2% du coût de production du kWh nucléaire.

Malgré ce consensus, trente ans après les premières recherches de sites (1963 aux Etats-Unis), aucun projet n'a été mené à son terme et les premiers stockages ne seront en service qu'en 2010 au plus tôt. Les travaux de recherche de sites progressent très lentement et



se heurtent partout au rejet par les populations locales, des hommes politiques locaux, des associations antinucléaires. Dans les pays fédéraux (Allemagne, Etats-Unis) les gouvernements locaux sont engagés dans un bras de fer avec l'Etat fédéral et utilisent tous leurs pouvoirs pour bloquer les travaux. Le public ne semble accorder beaucoup de confiance ni à l'industrie nucléaire en général, ni aux agences responsables des projets d'enfouissement, et ni aux autorités gouvernementales.

Les experts ont longtemps négligé cet aspect social et politique de l'élimination des déchets nucléaires. Ils ont d'abord estimé qu'il s'agissait d'un problème purement technique, relativement facile à régler. Ils se sont ensuite rendu compte qu'il s'agissait essentiellement d'un problème socio-politique. Mais, il semble également, malgré l'optimisme général affiché, qu'ils aient au départ sous-estimé la difficulté, liée à la complexité des phénomènes naturels en jeu et à la précision des prédictions scientifiques sur des périodes aussi longues, qui rendent les analyses de sûreté problématiques.

Les difficultés techniques sont loin d'être toutes résolues: le problème vient du manque de certitude absolue sur le sûreté du stockage à long terme. Le public, et même certains scientifiques, ont du mal à accepter cette incertitude résiduelle, dont l'estimation fait l'objet de beaucoup d'efforts actuellement. En fait, les analyses reposeront toujours en partie sur des "opinions d'experts", par exemple pour le choix des scénarios à envisager et des probabilités d'événements aléatoires, ou la détermination de marges d'erreurs sur les modèles. Les réglementations reconnaissent en général cette impossibilité de preuve au sens absolu et ne réclament d'une "assurance raisonnable" ("reasonable expectation") comme la règle de la NRC (équivalent de la DSIN aux Etats-Unis). En France, la RFS parle par exemple de "scénarios raisonnablement envisageables".

Nous avons vu que, depuis une vingtaine d'années, les experts s'efforçaient de réduire les incertitudes, en développant le concept de barrières multiples (inspiré des principes de sûreté des réacteurs), en introduisant des marges de sécurité dans la conception de ces barrières (conservatisme). Des analyses de sensibilité sont nécessaires sur les paramètres utilisés. Des méthodes probabilistes sont utilisées au Canada: pour chaque paramètre on dispose d'une distribution de probabilité et on obtient alors une distribution de probabilité pour l'impact radiologique du stockage.

Les études de situations naturelles analogues contribuent également au renforcement de la confiance. Elles ont permis d'obtenir des informations supplémentaires sur le transport des radionucléides, la durabilité des verres ou l'impact de la température sur l'argile, qui sert de matériau pour la barrière ouvragée. Cependant, aucun analogue naturel n'est complètement comparable à un système de dépôt de déchets nucléaires et il n'est pas possible de les utiliser pour valider quantitativement les modèles de transfert.

Le problème n'est donc pas de réduire à zéro l'incertitude, mais de la quantifier et de savoir jusqu'où elle est acceptable. Pour les experts ou les gouvernements qui prennent les décisions, il est parfois contre-productif d'affirmer une certitude sans faille. Ainsi, le programme américain a connu des difficultés (politiques et légales) car la certitude exigée par la règle 40 CFR 191 de l'EPA (qui sera refondue après un avis de l'Académie des Sciences sur la précision des prédictions scientifiques sur de très longues périodes) était quasiment impossible à satisfaire. Toute faille dans le discours officiel engendre alors une perte de confiance et peut entraîner des procès qui retardent ou interrompent le projet.



Comme dans tous les problèmes d'environnement modernes, qui se caractérisent par leur complexité et leur inaccessibilité au profane, les experts ont un rôle essentiel à jouer. Ils ne sont pas cependant des "juges impartiaux" qui dicteraient la meilleure solution, mais plutôt des "avocats scientifiques" qui plaident en faveur de telle ou telle solution (procédures contradictoires avec des "contre-experts"). Les faits sur lesquels ils s'appuient ne sont jamais complètement indiscutables et ils ne peuvent donc pas être intransigeants. Ils prennent désormais en considération des aspects non techniques: la décision rentre dans le champs politique autant que technique.

## 2.6.LA PRISE EN COMPTE DES ASPECTS SOCIAUX ET POLITIQUES

Tous les projets de stockages profonds ont été bloqués ou retardés par l'opposition du public et de certains hommes politiques. Nous avons vu que le rapport Bataille proposait des causes à cette opposition. La France n'est pas le seul pays touché; depuis la fin des années 60, l'opposition au nucléaire s'est souvent cristallisée sur les déchets. En 1969, en Suisse, l'autorisation de construction d'une centrale fut bloquée sous la pression populaire, sous le prétexte qu'il n'existait pas de moyen d'élimination des déchets. Les raisons évoquées par les spécialistes du nucléaire pour comprendre cette opposition sont identiques à celles proposées par Bataille.

La peur du nucléaire est un facteur toujours présent, renforcée par l'accident de Tchernobyl. En voyant certaines affaires (de déchets très faiblement radioactifs) se focaliser sur la présence de plutonium, on peut se demander si cette peur n'est pas encore liée à l'aspect militaire du nucléaire.

L'égoïsme (ou le sentiment d'inéquité) se rencontre dans tous les projets industriels qui comportent un bénéfice pour la société dans son ensemble, mais une charge pour certains, en particulier pour l'élimination des déchets de tout type (syndrome NIMBY). Certains "riverains" se sentent injustement chargés des problèmes des autres, par exemple les Etats du Nevada et du Nouveau-Mexique, qui n'ont pas de centrale nucléaire sur leur territoire et pensent avoir déjà beaucoup contribué au développement du nucléaire aux Etats-Unis(voir J. Rawls).

Les associations anti-nucléaires, en particulier Greenpeace, sont très présentes dans les mouvements d'opposition aux projets. L'élimination des déchets est le maillon faible de l'industrie nucléaire occidentale et l'étouffement du nucléaire par ses déchets est peut être la stratégie de certains. Au Canada par exemple, ces associations monopolisaient la parole lors d'auditions publiques dans les procédures d'autorisation d'entreposage à sec de combustible.

L'argument de l'impact sur l'économie locale (par l'image négative sur les produits agricoles) est parfois cité et donne lieu à des compensations. Cependant, il y a aussi un impact positif de la construction et de l'exploitation de laboratoires souterrains et de stockages profonds.

Enfin, la raison la plus importante est peut-être le manque de confiance du public dans la communauté nucléaire (du côté des industriels, mais aussi des pouvoirs publics). L'absence de transparence et d'ouverture, la "culture du secret" ont longtemps caractérisé les prises de décisions dans ce domaine. Le public a eu l'impression que EDF, le CEA et la COGEMA, décidaient sans contrôle politique, que tous les choix se faisaient de manière technocratique,



Pour rétablir la confiance et instituer un contrôle sur les institutions nucléaires, des commissions d'évaluation indépendantes ont été mises en place dans de nombreux pays.

La nécessité de mesures d'accompagnement (comme celles prévues en France) n'est pas ressentie dans tous les pays. L'Allemagne, la Suède n'en prévoient pas, en dehors de l'impact direct de la construction et de l'exploitation des laboratoires et des stockages. Aux Etats-Unis des sommes très importantes ont déjà été distribuées, soit en compensation, soit pour financer des équipements collectifs nécessaires pour accueillir des grands chantiers, soit pour permettre aux communautés de commander des expertises indépendantes.

Ces dernières années, on a donc assisté au basculement d'une approche technocratique à une démarche participative, qui a permis de débloquer la situation en France. On semble se diriger vers un contrôle social et politique plus étroit sur les choix scientifiques et technologiques.

Cependant, le succès n'est pas encore garanti. De nombreux auteurs mettent en garde contre une "démocratisation" excessive des procédures de choix technologiques: il ne faut pas que des protestations de minorités bloquent tous les projets, et fassent reporter la charge de la gestion des déchets sur les générations futures. Le député Christian Bataille lui-même écrit à propos de l'opposition aux stockages profonds, dûe parfois à des égoïsmes particuliers: "Est-ce cependant une raison suffisante pour que l'on abandonne tout projet dès lors qu'il ne recueille pas l'agrément de toute la population concernée? Il ne faudrait pas oublier qu'il existe une nation et que l'intérêt général doit l'emporter dans certaines occasions sur tous les égoïsmes particuliers." En Suède, les communes n'ont pas le droit de veto quand l'intérêt général est en jeu, même si SKB, équivalent de l'ANDRA, ne souhaite pas parvenir à une situation où le stockage serait imposé. Aux Etats-Unis, si le Nevada s'oppose à l'autorisation de construction du stockage de Yucca Mountain, c'est le Congrès qui pourra l'imposer.

Les relations entre public et experts se sont donc beaucoup modifiées et les modalités de l'expertise ont changé. Callon et Rip ont analysé l'expertise sur les problèmes d'environnement, analyse qui peut très bien s'appliquer au cas des déchets nucléaires. Ils montrent que l'activité d'expertise se décompose en trois pôles: un pôle scientifique et technique, un pôle socio-économique et politique, un pôle réglementaire. Cette décomposition de l'activité d'expertise est dû en partie au fait que "l'expert ne peut que très rarement s'appuyer sur des faits indiscutables et faire preuve d'une intransigeance absolue". Il doit en fait "dresser un bilan des connaissances tout en tenant compte du débat social en cours". Les décisions "socio-techniques" sont alors prises dans des "forums hybrides", où une grande diversité d'acteurs, aux intérêts différents, voire contradictoires, peuvent s'exprimer et où se forment des réseaux d'alliances. L'expertise consiste à trouver un compromis entre des contraintes multiples, "à réaliser un alignement acceptable entre ce que l'on sait (ou croit savoir), ce que veulent et attendent les acteurs (et qui est souvent contradictoire) et les procédures à suivre pour établir les normes". Callon et Rip écrivent encore que la fonction de l'expertise est "de fixer ce qui scientifiquement et techniquement "plausible", de faire émerger ce qui est socialement "viable" et de tester ce qui est juridiquement "admissible"". La démarche du rapport Bataille rentre parfaitement dans cette description. Dans le nucléaire, les décisions sont de moins en moins prises dans des cercles fermés, et sont débattues plus ouvertement.

Les compromis trouvés devront donc résister aux controverses, aux débats et aux litiges. Le but n'est pas de trouver la solution parfaite, mais un alignement durable et acceptable. La morale collective qui sous-tend cette expertise est celle d'une volonté de survie, que Callon et Rip



sans prendre en compte l'avis des gens concernés. Il y avait peut-être simplement un déficit démocratique dans tous les grands choix technologiques et cette délégation des choix aux experts a été remise en cause.

On a aussi beaucoup reproché à l'industrie nucléaire de s'être préoccupée trop tard de l'élimination des déchets, bien après avoir développé les premiers réacteurs. Or nous avons vu que ce problème a été évoqué dès la fin des années 40 et que des réponses, dont le stockage géologique profond, ont alors été proposées. Mais, c'est seulement dans les années 70 que d'importants programmes de recherche et développement ont été lancés. En effet, les experts ont toujours considéré que, d'un point de vue strictement technique, le problème était soluble. De plus, ils estimaient que ce problème n'était pas urgent car les quantités de déchets produites étaient faibles avant les années 70.

Enfin, les coûts des solutions envisagées, qui contrairement à une opinion parfois émise dans le public ne représenteraient que 1 à 2% du coût de production de l'électricité, ne pouvaient pas remettre en cause l'intérêt de la filière nucléaire. Les experts n'avaient pas perçus que le problème principal serait de convaincre le public que la méthode proposée était sûre.

Devant l'échec des approches technocratiques, les gouvernements ont dû modifier les méthodes de décisions pour restaurer leur crédibilité, comme nous l'avons vu pour la France. Il s'agissait d'abord d'informer plus amplement le public sur les stockages profonds; les agences chargées de la gestion à long terme des déchets ont toutes des programmes d'information très détaillés. Cette information, sur un domaine difficilement accessible aux non-spécialistes, n'est pas facile à faire.

Mais l'information à sens unique n'est pas suffisante: la population locale doit être consultée, écoutée dès le stade initial des projets. L'utilité du stockage doit être prouvée, il faut montrer que c'est la meilleure solution faisable. Il faut également montrer que la conception conservatrice du stockage permet le maximum de sûreté à long terme (on rejoint un peu la "théorie du bilan" en droit administratif). Les décisions prises et les raisons de ces décisions doivent être ouvertes et claires. Le gouvernement doit affirmer clairement que les autorisations de stockage se fondent sur des "assurances raisonnables" et pas sur des certitudes absolues. Le degré d'incertitude des prédictions devrait être précisé.

De plus en plus, on développe des démarches participatives dans lesquelles on écoute et on commence à prendre en compte les préoccupations des divers acteurs au cours de réunions publiques. Aux Etats-Unis, les communautés reçoivent des fonds pour financer leur propres expertises des projets. Les Canadiens vont faire une enquête publique sur le concept de stockage avant de commencer à chercher un site. Même les textes réglementaires sont soumis à des enquêtes publiques. En Allemagne, le plan d'autorisation du stockage de Konrad, pour déchets de faible et moyenne activité, a fait l'objet d'une enquête publique très importante au cours de laquelle 290.000 objections individuelles ont été traitées.

Les recherches de sites ne se font plus de la manière technocratique, qui consistait à imposer "d'en haut" des installations industrielles, comme en France ou aux Etats-Unis dans les années 80. Les choix reposent désormais sur le volontariat, avec éventuellement l'intervention d'un médiateur. Les critères sociopolitiques sont autant pris en compte que les critères techniques: on ne recherche plus le meilleur site mais un site géologiquement convenable, où l'acceptation sociale est bonne.



illustrent par la citation d'un industriel américain: "nous voulons que survivent à la fois la couche d'ozone et l'industrie américaine." L'important selon eux est que n'importe qui devrait pouvoir débattre et que tout devrait pouvoir être débattu; c'est donc "une rationalité pragmatique" qu'ils voient se mettre en place, qui permet de prendre en compte l'ensemble des points de vue.

## 2.7 RÉVERSIBILITÉ ET URGENCE

### *Y a-t-il urgence?*

Nous avons vu que des nouvelles modalités de choix de sites se sont mises en place, permettant de prendre en compte les aspects socio-politiques autant que techniques et de sortir de la situation de blocage. Cependant, la réussite finale des projets de stockage n'est pas encore assurée. Aucun processus d'autorisation n'a démarré dans aucun pays. En France, l'opposition sur les sites pourrait apparaître. Que se passerait-il si les projets prenaient encore du retard?

En fait, il n'y a pas d'urgence technique à l'enfouissement des déchets radioactifs. Les techniques d'entreposage en surface sont sûres et les quantités produites sont faibles: moins de 200 m<sup>3</sup> par an de produits vitrifiés hautement actifs et moins de 4 000 m<sup>3</sup> par an de déchets a faiblement ou moyennement actifs. En 2020, les quantités cumulées devraient être respectivement de 6400 m<sup>3</sup> et 100 000 m<sup>3</sup> (source: ANDRA). De plus, une période de "refroidissement" de plusieurs dizaines d'années est prévue avant le stockage final.

Certains pensent qu'il faudrait prolonger indéfiniment cette solution: c'est la position de beaucoup d'écologistes qui voudraient que l'entreposage se fasse sur les sites de production, en attendant qu'une solution acceptable soit disponible. Certains experts pensent également "qu'il est urgent d'attendre" que les connaissances augmentent en matière de stockage profond (sur la conception, l'analyse de sûreté,...), que la crédibilité de l'industrie nucléaire et de l'administration soit renforcée, que la situation soit globalement plus favorable au nucléaire (si les préoccupations liées à l'effet de serre se confirment, ou si l'approvisionnement en pétrole devient moins sûr).

### *L'exigence de réversibilité*

L'entreposage en surface présente l'avantage essentiel d'être facilement réversible contrairement au stockage profond. Bataille soulignait dans son rapport de la mission de médiation que la réversibilité est devenue un thème essentiel de préoccupation du public. Comme l'écrit J.C. Petit, "l'irréversibilité suppose la certitude que le risque est nul ou réellement négligeable, car elle élimine toute possibilité d'intervention en cas de difficulté". Le public a l'impression qu'on va commettre l'irréparable.

Au début des années 80, les spécialistes considéraient que le stockage final devait être difficilement réversible pour assurer la sûreté à long terme sans intervention des générations futures, sans contrôle institutionnel. Cela aurait permis de minimiser les risques d'intrusion. Le stockage prolongé en surface était considéré comme contraire au principe selon lequel un stockage final doit entraîner le minimum de contrainte pour les générations futures et que la responsabilité de l'élimination des déchets nucléaires doit être assumée au maximum par notre génération.

Pour certains experts, la réversibilité est une porte de sortie que les hommes politiques se sont ménagés (syndrome NIMEY). D'autre part, on peut dire que si on sait où se trouvent les déchets on peut toujours aller les rechercher si on y met les moyens.



Depuis, l'irréversibilité a été beaucoup critiquée et le consensus du milieu nucléaire a été remis en cause. L'intérêt de la réversibilité sur le court terme a été reconnu, notamment aux Etats-Unis, où la loi prévoit une réversibilité d'au moins 50 ans. La Grande-Bretagne a adopté une position "wait and see", en prévoyant de prolonger l'entreposage en surface sur 50 ou 100 ans.

En France, la loi de décembre 1991 prévoit un délai de 15 ans d'études avant qu'une décision ne soit prise par le Parlement et l'ANDRA doit étudier les possibilités de stockage réversible et irréversible. Les textes en vigueur (loi de 1991 et décret d'application de 1992) ne précisent pas les modalités techniques de la réversibilité, en particulier, sa durée. Il s'agit d'une notion à définir, qui sera très dépendante de la formation géologique d'accueil. L'ANDRA va proposer diverses options de réversibilité réalisables en fonction du coût, des enjeux techniques et de l'impact radiologique potentiel durant la phase de réversibilité. Les divers niveaux de réversibilité sont fonctions de l'accessibilité des colis et de la durée pendant laquelle les colis peuvent être repris, ou encore de la part des travaux de fermeture effectués.

La démarche de l'ANDRA est ouverte: elle n'affirme plus que la réversibilité est contraire à la sûreté, mais que l'on peut avoir à la fois réversibilité et sûreté en y mettant le prix. En 2005, l'ANDRA va proposer plusieurs solutions, réversibles ou non, pour des coûts différents, et ce sera à la collectivité nationale (au Parlement) de décider ce qu'elle est prête à payer. La réversibilité pourrait coûter très cher, dans l'argile en particulier.

Il semble que, dans tous les cas, cette réversibilité sera limitée dans le temps. Ainsi la période de mémoire du stockage, que la RFS fixe à 500 ans, en donne une limite institutionnelle. On peut donc interpréter la réversibilité comme une période probatoire pour le stockage, pendant laquelle on surveillerait le comportement des colis et du milieu d'accueil. Cependant, à moins de s'être largement trompé dans la conception, on ne devrait pas observer d'évolution. Vaut-il mieux dans ce cas un stockage profond réversible pendant quelques dizaines d'années ou bien continuer l'entreposage en surface pendant cette période et ne stocker que lorsque la confiance est assez forte? De toute façon, nous disposons d'une période de réversibilité de quelques dizaines d'années: l'exploitation d'un stockage ne pourrait commencer que vers 2015-2020 et la réversibilité devrait être possible pendant la période d'exploitation de quelques dizaines d'années. D'autres choix technologiques restent ouverts pendant cette période.

Malgré le principe de responsabilité énoncé plus haut, il semble important que rien d'irréversible ne soit fait de manière précipitée: "il est urgent d'attendre". Mais, il est important d'approfondir les recherches pour l'élimination des déchets nucléaires, en particulier sur les stockages profonds qui restent la voie la plus viable. Comme il est écrit dans la Bible, "il n'est pas de notre devoir de finir la tâche, mais il est de notre devoir de la commencer."

Mais, s'il n'y a pas d'urgence technique, il est certainement important de démontrer d'ici 15 ou 20 ans qu'une solution acceptable est disponible pour évacuer les combustibles irradiés, qu'on est capable de prouver la sûreté d'un stockage profond dans un processus réglementaire fiable et de convaincre la population concernée de cette sûreté. En effet, le programme électronucléaire connaît actuellement une pause, mais à partir de 2005-2010 il faudra renouveler le parc. La disponibilité d'une solution pour les déchets sera alors un élément important d'acceptabilité. De plus, il faudra connaître les coûts d'élimination pour disposer d'une comparaison économique complète avec d'autres filières. Il n'est pas urgent de réaliser des stockages mais il est urgent d'établir leur faisabilité et leur coût. Nous avons vu que c'est parce



que les experts ont longtemps considéré ce problème comme non urgent qu'ils se retrouvent maintenant dans une position difficile à justifier.

## 2.8 LA QUESTION DU RETRAITEMENT

De la même façon que le stockage en couche géologique a été remis en cause après avoir atteint un consensus très fort, la voie du retraitement est de plus en plus critiquée.

Dans les années 1970, on s'attendait généralement à un fort développement de l'énergie nucléaire. Beaucoup de programmes prévoyaient le retraitement et l'utilisation de réacteurs à neutrons rapides (RNR). En France, on pensait d'enchaîner rapidement le démarrage de Superphénix par la construction de plusieurs RNR. Cependant, le développement du nucléaire a été beaucoup moins important que prévu et de nombreux gisements d'uranium ont été découverts. Les tensions qu'on attendait sur le marché de l'uranium n'ont pas eu lieu: dans les années 80, le prix de l'uranium naturel a été divisé par trois en valeur réelle (source: Les Echos). De plus, les RNR qui devaient recycler le plutonium ont connu des difficultés techniques et sont plus ou moins abandonnés partout (sauf au Japon).

Beaucoup de pays ont décidé de renoncer au retraitement: les Etats-Unis, la Suède; le Canada ne l'a jamais envisagé. L'Allemagne a abandonné la construction d'une usine et fait retraiter son combustible en France et en Grande-Bretagne; maintenant l'Allemagne envisage le stockage direct sans retraitement. Les raisons avancées sont d'ordres économique et politique (risque de prolifération). Par contre, une usine de retraitement est en cours de construction au Japon.

Nous avons vu que l'objectif du retraitement est double: récupérer les matières fissiles et trier et conditionner les déchets. Mais pour l'instant le recyclage de l'uranium et du plutonium n'est pas encore effectif. La voie des RNR est reportée indéfiniment; en 1985, EDF a décidé de recycler le plutonium dans des REP sous forme de combustible mixte uranium-plutonium (Mox). Cependant, l'utilisation du combustible Mox dans les REP ne peut que ralentir, de 30 ou 40%, la croissance actuelle du stock de plutonium, sans parvenir à le stabiliser et encore moins à le faire décroître. Pour stabiliser le stock de plutonium, il faudrait 2 RNR du type de Superphénix pour 2 à 4 REP (rapport Curien). Quant à l'uranium appauvri de retraitement son enrichissement dans les usines de diffusion pose des problèmes de contamination. Une usine d'enrichissement dédiée est à l'étude (Les Echos), ce qui permettrait de boucler le cycle.

En ce qui concerne les déchets, le retraitement avait été critiqué dans les années 80 (par la commission Castaing notamment), parce qu'il produisait beaucoup de déchets secondaires. Des progrès importants ont été réalisés depuis avec la mise en oeuvre des nouvelles usines de COGEMA. La quantité de déchets à enfouir en profondeur ne représente plus qu'un volume de 1,4 m<sup>3</sup> par tonne d'uranium retraité; pour un stockage direct, ce volume serait de 1,7 m<sup>3</sup> au mieux. En 2000, les déchets bitumés devraient être totalement éliminés et le volume sera réduit à 0,5 m<sup>3</sup>. Il restera cependant 1,4 m<sup>3</sup> à stocker en surface. De plus, les doses au personnel sont très faibles.

Beaucoup d'experts considèrent que le stockage profond est possible en respectant les critères de sûreté aussi bien pour le combustible irradié que pour les verres de retraitement (qui ont l'avantage de contenir très peu de plutonium qui domine la radiotoxicité potentielle des



déchets dans la période de 10 000 à 100 000 ans après la sortie du réacteur).

Le retraitement doit donc plutôt se justifier par un choix industriel et économique, voire politique (énergétique). De nombreux pays affirment que la voie du retraitement est bien plus chère que le stockage direct. En Allemagne, une étude récente de la cour des comptes affirme que le retraitement coûte deux fois plus cher. En France, où les installations industrielles viennent d'être achevées et fonctionnent correctement, le calcul économique est sans doute différent. De plus, les partisans du retraitement estiment que le bilan ne doit pas se faire à court terme et que des arguments d'indépendance énergétique doivent être pris en compte.

Le retraitement est également critiqué pour les risques de proliférations d'armes nucléaires qu'il engendre. Ce sujet est très sensible dans le contexte international actuel. Cependant, selon les spécialistes, le plutonium produit dans les réacteurs commerciaux a peu de valeur militaire.

En France, la politique officielle est toujours de retraiter tous les combustibles irradiés. Mais entre 1995 et 2001, sur les 1100 t extraites annuellement des réacteurs, seules 800 t environ seraient retraitées immédiatement. On parle de "retraitement différé" pour le reste. De plus, on ne peut recycler le plutonium dans du Mox que deux ou trois fois, après des RNR sont nécessaires. On pourrait donc se diriger vers un stockage direct, après un ou des passages dans du Mox. Cependant, deux ou trois cycles peuvent prendre près de 20 ans et la décision n'est donc pas pour demain. L'ANDRA étudie le stockage pour tous les déchets susceptibles d'être produits dans les 70 ans à venir. Même si les producteurs n'ont pas annoncé de stockage direct, l'ANDRA doit suivre ce qui se fait à l'étranger et donc étudier le stockage direct.

Le contrat d'EDF avec COGEMA prévoit le retraitement de 7 900 t d'ici 2001. Le contrat suivant est en cours de négociation. EDF souhaite pour l'instant arriver à un équilibre des flux de plutonium: ne retraiter que la quantité nécessaire à alimenter en Mox les tranches de 900 MWe, par l'usine MELOX. Elle affirme qu'elle n'étendra l'usage du Mox au delà de seize tranches que si elle y trouve un avantage économique, comparé à l'uranium enrichi.

Dans quelques années (10 ou 20 ans), la question du retraitement pourrait se reposer et il serait important alors de disposer de comparaisons techniques et économiques de plusieurs options (la comparaison ne sera pas facile car les prix de l'énergie peuvent varier beaucoup sur les durée de vie d'installations). Ces options peuvent aller du stockage direct au retraitement poussé suivi de transmutation (avec les réserves écrites plus haut), en passant par le retraitement actuel ou simplifié (selon le CEA et la COGEMA, on pourrait réduire les coûts de 40% en ne récupérant que 95% du plutonium). Le programme CAPRA y apportera sans doute un éclairage intéressant: il s'agit de concevoir des RNR sous-générateurs pouvant consommer plus de plutonium que Superphénix (80 kg/TWh contre 20 kg/TWh). Cela permettrait de stabiliser ou de diminuer le stock de plutonium avec un RNR pour cinq à dix REP. Il faudra alors faire un choix ouvert et transparent comme pour les stockages profonds.

Enfin, à notre avis, le non-retraitement renforce la nécessité de la réversibilité: on ne peut pas affirmer pour l'instant qu'on pourra se passer, dans les dizaines d'années à venir, des matières fissiles présentes dans le combustible irradié. Dans ce cas, il faut sûrement prolonger l'entreposage en surface, tout en poursuivant les études sur la faisabilité sur des sites précis et de préciser le coût du stockage final.

**LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS**

**III - LES DECHETS DE TRES FAIBLE ACTIVITE**



## LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

### III - LES DECHETS DE TRES FAIBLE ACTIVITE

La gestion des déchets radioactifs de très faible activité est un sujet d'actualité récente qui est venu relayé, au début de la présente décennie, les polémiques sur les déchets de retraitement des combustibles irradiés. Les problèmes soulevés par l'élimination de cette catégorie de déchets radioactifs sont à la fois ceux provoqués par une réglementation incertaine, muette sur certains points et incohérente sur d'autres, et ceux découlant d'une perception des risques de la radioactivité par les spécialistes radicalement différente de celle du public.

#### 3.1 UNE SITUATION FAITE D'INCERTITUDES ET BLOQUÉE DE FAIT

##### 3.1.1 L'origine du problème: les "affaires"

En France, jusqu'au début de la décennie 90, les problèmes de déchets radioactifs ont été largement assimilés et réduits aux seules questions posées par l'implantation et l'exploitation des installations de l'ANDRA, stockages de surface et en site géologique profond, alors qu'il était manifeste que la collectivité gérait bien d'autres catégories de déchets, contenant une certaine radioactivité, qui avaient d'autres destinations.

Ces autres catégories de déchets étaient essentiellement des déchets radioactifs de faible et de très faible activité que leurs producteurs avaient banalisés, c'est à dire qu'ils les avaient soit évacués vers des décharges classiques soit recyclés ou réutilisés sans mesure particulière de sûreté et de radioprotection.

La passivité des populations et des associations écologiques à l'égard de ces déchets et de leurs modes d'évacuation allait brusquement faire place au refus et à la contestation.

D'où, dès 1991, une succession d'affaires relatives aux modes et moyens d'élimination de déchets de ce type: Saint-Aubin, Le Bouchet, Bessines, l'Ecarpière,..., et plus récemment l'affaire Radiacontrôle.

Même si ces affaires sont parfois entretenues par des médias en mal "d'informations à sensations" et par certains groupes de pression (anti-nucléaires, politiques,...), l'inquiétude des populations est réelle et conduit à un comportement irrationnel car elles craignent pour ce qu'elles ont de plus cher: leur santé.

Dans le cas de l'ancienne décharge du CEA à Saint-Aubin, qui est la première "affaire" d'évacuation de déchets très faiblement radioactif, il faut remarquer que:

- 1) le débat s'est cristallisé sur la nature et l'origine des éléments radioactifs contenus dans la décharge et sur leur niveau d'activité,
- 2) la vraie question, qui était de savoir si la radioactivité avait migré hors du site de stockage et si



elle avait causé, ou si elle était susceptible de causer, une quelconque atteinte à la santé des populations riveraines, n'a pratiquement pas été abordée.

Pour la dernière affaire en date, l'affaire Radiacontrôle qui concerne le recyclage de métaux faiblement contaminées provenant d'un centre du CEA, on retrouve les mêmes caractéristiques dans la controverse: une focalisation sur l'origine et la destination des ferrailles, la nature et le degré de leur contamination et la quasi-absence du thème de l'atteinte à la santé.

Dans ces deux affaires, comme dans pratiquement toutes celles qui ont éclaté depuis 1991, la quasi-absence de risques pour la santé a été très vite reconnue et ceci explique sans doute que ce thème ne soit pas au coeur des débats et des controverses. Les griefs contre les producteurs de déchets et les autorités de contrôle ont essentiellement porté sur la négligence des opérateurs, l'incapacité des producteurs de déchets à préciser le contenu réel des décharges et le niveau de contamination des résidus stockés, le manque ou l'absence de contrôle des pouvoirs publics, la dissimulation des faits, voire le mensonge. Dans ces conditions, il n'est donc pas surprenant que ces affaires aient fortement éprouvé la crédibilité des acteurs du nucléaire.

Tous ces conflits ont mis chaque fois en exergue l'affrontement de deux logiques irréductibles:

- celle des producteurs de déchets intimement persuadés que leurs pratiques ne font courir aucun risque aux populations concernées,
- celle des populations qui craignent pour leur santé et pour l'environnement.

De nombreux producteurs de déchets radioactifs ont estimé et estiment encore qu'il y a des déchets dont la radioactivité est si faible qu'ils devraient échapper aux règles contraignantes applicables aux autres déchets radioactifs. Ils parlent alors de déchets très faiblement radioactifs dont l'activité est très proche de la radioactivité naturelle. Pour cette catégorie de déchets, la destination a été des décharges classiques ou banales, sans beaucoup de précautions, ces déchets étant considérés par les producteurs comme pratiquement inoffensifs tant leur activité était faible.

De l'examen des affaires précédemment citées, il semble bien que les producteurs aient agi en toute bonne foi sur la base à la fois de leurs connaissances scientifiques et techniques des problèmes de radioactivité et de "leur" interprétation de la réglementation existante en matière de radioprotection. Il y a eu sans doute des négligences, des manquements et de l'irresponsabilité dans les pratiques des opérateurs, mais la dissimulation et le mensonge n'ont certainement pas guidés leurs actions et leurs conduites.

La perception de la radioactivité par nos concitoyens est une perception globale et unique: il n'y a pas de distinction entre haute radioactivité et faible radioactivité, il y a simplement "la radioactivité" qui est un tout. Il est clair alors que dans leur esprit il ne peut y avoir d'une part des déchets de haute activité et d'autre part des déchets de faible activité: il y a des "déchets radioactifs" qui nécessitent un traitement et un mode d'évacuation avec des précautions particulières adaptées à leur caractéristique "radioactive". Toute tentative pour banaliser des déchets radioactifs, même de très faible activité, devient, dans cette logique, une manière de minimiser, voire d'évacuer, les problèmes d'élimination de certains déchets et comme une porte ouverte à tous les abus et détournements de bonnes pratiques.

Pour conclure et résumer les différentes affaires relatives à l'élimination de déchets très



faiblement radioactifs qui ont éclaté depuis 1991, on peut dire que ce qui est en cause c'était et c'est encore:

- l'absence de connaissances par le producteur de déchets du contenu réel des décharges ou du niveau de contamination des matériaux recyclés,
- l'insuffisance voire l'absence de contrôle des pouvoirs publics,
- l'absence de surveillance des sites ou de traçabilité des matériaux recyclés.

c'est à dire l'absence d'une gestion responsable, organisée et contrôlée de la filière d'évacuation, de réutilisation et de recyclage des déchets de très faible activité.

Ces controverses autour d'anciennes dépositaires de substances radioactives ont montré également que:

1) les responsables du nucléaire et les pouvoirs publics avaient largement sous-estimé, voire ignoré, le problème des déchets de faible radioactivité. Si la décennie quatre-vingt a été celle de la mobilisation de toutes les énergies et de toutes les compétences sur l'élimination des déchets du combustible irradié, la décennie quatre-vingt-dix est celle du "rappel à l'ordre": le problème de l'élimination des déchets radioactifs est un problème global et entier, les déchets de haute activité et à vie longue n'était qu'une partie de ce problème global à traiter.

2) l'inventaire de l'ANDRA sur les stockages et dépôts de substances radioactives et la recherche de l'exhaustivité pour cet inventaire sont d'un intérêt incontestable pour éviter et prévenir de nouvelles "affaires" dans le futur.

### 3.1.2 Un facteur de développement des polémiques: la réglementation

Si ces différentes affaires ont mis en exergue une perception de la radioactivité par les "spécialistes du nucléaire" et celle de la majorité de la population fondamentalement différente, force est de constater que la complexité et le manque de clarté, voire l'incohérence, de la réglementation sur l'élimination des déchets faiblement radioactifs a facilité l'apparition et le développement de polémiques et de controverses. Bien que cela ne saurait excuser les fautes et les négligences qui ont été commises, il faut remarquer que l'ensemble réglementaire existant en matière d'évacuation de déchets radioactifs est tellement flou qu'il est difficile de savoir avec précision les obligations, les droits et les modalités pratiques permises pour l'évacuation de certains déchets.

On peut rappeler (cf.§1-5-Cadre légal et réglementaire) que les textes réglementaires dans ce domaine peuvent être regroupés en cinq ensembles:

- 1) la réglementation générale sur les déchets et la récupération des matériaux,
- 2) la réglementation sur les installations nucléaires de base(INB),
- 3) la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement,
- 4) les textes relatifs à la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants: ils sont le résultat de la transcription, dans le droit français, de la Directive communautaire du 15 juillet 1980, directive en cours de révision.

Parmi ces textes, il faut mentionner particulièrement:

- le décret du 20 juin 1996 modifié par le décret du 18 avril 1988: il fixe les principes généraux de radioprotection et les limites d'exposition pour les personnes,
- le décret du 2 octobre 1986 relatif à la protection des travailleurs contre le danger des rayonnements ionisants.

- 5) les autres textes tels que ceux relatifs au transport des substances radioactives ou



l'avis du 6 juin 1970 destiné aux "petits producteurs" de déchets radioactifs.

Le survol de cet ensemble de textes réglementaires amène d'abord au constat que, tant dans les textes traitant du problème général des déchets que dans les textes spécifiques des déchets radioactifs, la notion même de "déchets radioactifs" n'est pas définie, ce qui la rend, à priori et en pratique, totalement inapplicable.

Sur cette Terre, tout étant radioactif, cette absence de définition et de référence peut conduire à considérer que tout déchet, quelle que soit son origine, sa nature, ses caractéristiques physico-chimiques, sa toxicité,..., est un déchet radioactif. Ce serait là sans doute une interprétation caricaturale et extrême des choses, mais elle correspond à la réalité du vide juridique et réglementaire actuel.

Ce vide juridique a conduit certains producteurs de déchets radioactifs à assimiler et à confondre deux notions:

- celle d'exemption qui consiste à considérer qu'en dessous de valeurs très basses de taux d'activité, valeurs proches de la radioactivité naturelle, le déchet est "non radioactif" et ne nécessite aucune précaution ni aucune restriction particulière pour son élimination;
- celle d'exclusion correspondant à des niveaux de taux d'activité en dessous desquels l'utilisation ou le stockage de substances radioactives peut échapper à une réglementation particulière très stricte et très contraignante.

En effet, la seule donnée exprimée dans la réglementation est le seuil de 100 Bq/g pour les radionucléides artificiels et 500 Bq/g pour les radionucléides naturels qui constitue le seuil d'application de la réglementation sur la radioprotection (décrets du 20 juin 1966 modifié et du 2 octobre 1986). Ce seuil s'applique pour déterminer si une activité impliquant une exposition aux rayonnements ionisants est soumise ou non à un régime de déclaration ou d'autorisation préalable au titre de la réglementation sur la radioprotection. Dans la pratique, les producteurs de déchets ont longtemps considéré que ce seuil d'exclusion pour l'application d'une réglementation contraignante était le seuil d'activité en-dessous duquel des déchets radioactifs pouvaient être banalisés et remis sans précautions particulières dans le domaine public: c'est l'interprétation des textes présentée comme "argument de défense" par le CEA dans l'affaire de la dépositaire de Saint-Aubin.

Des textes récents, dans le cadre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, semblent confirmer, à priori, cette interprétation. En effet, les arrêtés du 18 décembre 1992 relatifs aux dépôts de déchets industriels spéciaux ultimes et leur circulaire d'application du 16 mars 1993 ont précisé que, pour l'admissibilité des déchets, le caractère radioactif devait s'apprécier par rapport au seuil d'exclusion fixé par le décret du 20 juin 1966 modifié.

En fait, une lecture du décret du 20 juin 1966 modifié consistant à assimiler un seuil d'exclusion à un seuil de banalisation nous paraît excessive et sans doute non conforme à l'expression du législateur. Le seuil d'exclusion doit se lire comme le seuil en deçà duquel la mise en oeuvre de substances radioactives échappent aux dispositions d'une réglementation stricte et sévère. Cette exclusion ne signifie pas que dans de tels cas, il ne faille pas prendre des mesures de précaution et de sauvegarde particulières en fonction des risques réels encourus par les travailleurs, la population et l'environnement.



De même, l'admissibilité de déchets radioactifs, ayant une activité massique inférieure au seuil d'exclusion du décret du 20 juin 1966 modifié, dans les décharges de déchets industriels spéciaux ultimes, ne doit pas s'interpréter comme une reconnaissance de la non-radioactivité des déchets et de leur possible banalisation, mais comme le fait que, compte tenu de leur faible niveau de radioactivité, les dispositions de conception, de construction et d'exploitation de ce type de décharges sont suffisantes pour prévenir tous risques pour l'environnement et les populations riveraines.

Il est clair qu'après les différentes affaires sus-mentionnées une interprétation des textes réglementaires assimilant le seuil d'exclusion du décret du 20 juin 1966 modifié à un seuil de banalisation ne pouvait plus être au goût du jour: cette interprétation a été trop vigoureusement contestée et controversée pour perdurer.

Si la réglementation est muette sur ce que l'on peut faire des déchets de très faible activité, on peut remarquer que l'ancienne classification usuelle pour l'élimination des déchets radioactifs (cf. § 1-4), ignore également cette catégorie de déchets. Ceci illustre à quel point la "banalisation" semblait naturelle pour les acteurs de la filière nucléaire.

Le refus de la banalisation et le flou réglementaire ont donc posé le problème de l'évacuation des déchets de très faible activité: il fallait trouver, voire créer, un cadre pour gérer cette catégorie de déchets.

### 3.1.3 L'urgence du problème posé

#### *la situation actuelle*

Aujourd'hui, les déchets très faiblement radioactifs n'ont plus que trois destinations réglementaires définies et admises:

- certaines décharges de déchets industriels lorsque leurs arrêtés d'autorisation au titre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement prévoient leur admissibilité,
- les centres de stockage de surface de l'ANDRA,
- l'entreposage sur les sites de production, dans l'attente d'une solution d'élimination définitive.

Dans les faits, la voie d'élimination en décharges de déchets industriels est fermée: les exploitants de ce type de décharges rechignent, voire refusent catégoriquement de tels déchets. Cette situation s'explique par le fait que:

- la contestation et les controverses autour des installations d'élimination de déchets industriels sont telles qu'aucune nouvelle décharge de ce type n'a pu être autorisée depuis plus de dix ans (syndromes NIMBY et NIMEY),
- aux problèmes déjà très difficiles d'élimination de déchets industriels, les exploitants ne veulent pas ajouter, et donc d'avoir à gérer, simultanément, ceux des "déchets radioactifs".

Les deux autres solutions, quant à elles, ne sont globalement pas satisfaisantes:

- les dispositions de sûreté et de sécurité mises en oeuvre dans les centres de stockage de surface de l'ANDRA pour garantir la protection de l'environnement et de la population sont superfétatoires pour des déchets de très faible activité,

- le remplissage des centres de stockage de surface de l'ANDRA avec ce type de déchets est contraire à la bonne gestion des déchets radioactifs. Ces centres ont des capacités limitées et ils doivent être réservés aux déchets plus nocifs pour lesquels ils ont été conçus et prévus à l'origine: il faut éviter le gaspillage des "ressources",
- laisser se multiplier les entreposages de déchets, même si ceux-ci sont très faiblement radioactifs, est une pratique que l'on peut considérer comme contraire aux règles de sûreté: multiplication des points de surveillance, caractère provisoire des conditionnements et des structures d'accueil, multiplication des risques d'incident,....

D'un point de vue économique, la solution -centre de stockage de surface de l'ANDRA- n'est pas non plus optimale pour les producteurs de déchets: le coût moyen d'une telle élimination est de l'ordre de 12000 F/m<sup>3</sup>, alors que pour une décharge du type décharge de déchets industriels spéciaux, le coût d'élimination oscille entre 1000 et 2000 F/m<sup>3</sup>.

### ***Les déchets d'exploitation***

En exploitation normale, le volume de déchets de très faible activité produits est relativement faible, de l'ordre de 2000 m<sup>3</sup>/an (activité < 100 Bq/g). Ce sont en fait les opérations hors exploitation qui sont à l'origine du volume le plus important de ce type de déchets:

- opérations de grosse maintenance,
- démantèlement partiel et total des installations en fin de vie.

Les producteurs de déchets d'exploitation, déchets "classés" en déchets de très faible activité, sont essentiellement le CEA et EDF, chacun produisant annuellement et approximativement la même quantité de ce type de déchets. La COGEMA produit également des déchets considérés comme de très faible activité, mais une partie importante de ceux-ci sont soit recyclés dans l'industrie (nitrate d'ammonium), soit évacués en décharge contrôlée dûment autorisée (fluorines): le problème ne se pose en fait que pour les déchets métalliques (1500 tonnes/an)

A titre d'exemple, pour la période 1994-2038, EDF a estimé la production de déchets d'exploitation et de grosse maintenance à environ:

- 43320 tonnes de déchets de très faible activité (< 100 Bq/g), soit de l'ordre de 1000 tonnes par an,
- 12670 tonnes de déchets d'activité supérieure à 100 Bq/g, soit moins de 300 tonnes par an.

Le faible volume de déchets de très faible activité produits en exploitation normale n'induit pas d'urgence technique à trouver une solution d'évacuation pour ceux-ci.

### ***Les déchets hors exploitation***

Les démantèlements des installations nucléaires seront à l'origine de millions de tonnes de matériaux et de déchets très faiblement radioactifs: on comprend aisément la dimension importante du problème posé lorsqu'on place en perspective ces futures opérations.

Si sur ce thème du démantèlement, on pense surtout aux centrales nucléaires, le problème est en réalité beaucoup plus large. Ainsi, le CEA, dont les installations déclassées à démanteler sont nettement moins nombreuses et moins importantes (en volume) que celles de EDF, a suspendu toutes les opérations correspondantes dans l'attente de solutions techniques adéquates ou d'une évolution de la réglementation.



La politique de démantèlement de EDF consiste à réaliser rapidement après l'arrêt:

- le déchargement et l'évacuation du combustible,
- la vidange et le retrait des matériels et matériaux liés à l'exploitation (fluides, filtres et résines).

Puis, il est procédé au démantèlement partiel de certains circuits annexes, le démantèlement total des parties les plus actives n'étant envisagé que 50 ans après l'arrêt définitif.

Les déchets produits dans cette première phase sont essentiellement constitués de calorifuge, d'acier, de déchets technologiques et sont caractérisés par une faible activité et des volumes importants.

Les quantités prévues par EDF sur la période 1994-2002 (1ère phase uniquement) sont reprises dans le tableau ci-après.

Nature	Quantité	Activité
Calorifuge	770 tonnes	< 10 Bq/g
Ferrailles	6460 tonnes	< 1000 Bq/g
Déchets technologiques	1100 tonnes	quelques Bq/g
Graphite	2000 tonnes	
Autres	900 tonnes	

A titre indicatif, on peut présenter la production globale de déchets bruts estimée par EDF pour le démantèlement total d'un REP 900 MW:

- métaux:

- \* contaminés: 6500 tonnes
- \* activés: 1500 tonnes
- \* non contaminés: 7500 tonnes

- calorifuge: 500 tonnes

- béton:

- \* contaminé ou activé: 2000 tonnes
- \* non contaminé: 250000 tonnes

- déchets technologiques: 4000 fûts de 200 litres

Il s'agit là d'une simple "estimation" puisqu'aucune opération de ce type n'a encore été réalisée en France et que les quelques références internationales existantes sont des opérations plutôt expérimentales et spécifiques, donc sans retour d'expérience possible.

Quelles que soient l'approximation et l'incertitude de ces chiffres, il n'en demeure pas moins vrai que les volumes de déchets à évacuer seront très importants et que cela nécessite que ce problème soit examiné et qu'une solution soit recherchée.

L'échéancier des démantèlements

Pour EDF, l'échéancier des démantèlements se présente ainsi:

- démantèlement de niveau 2:

- \* 1994-2002: tranches de la filière graphite-gaz et Chooz A (7 tranches),
- \* 2017-2043: tranches REP (58).

- démantèlement de niveau 3:

- \* 2023-2049: tranches de la filière graphite-gaz et Chooz A (7 tranches),

\* 2067-2093: tranches REP (58).

Ceci signifie que l'évacuation des déchets de démantèlement ne se posera, avec acuité, qu'à partir de 2017.

Pour le CEA, ne sont programmés que des démantèlements de niveau 3 sur la période 1994-2030. En pratique, cela correspond à deux phases différentes:

- 1994-2001: production de l'ordre de 8500 tonnes de déchets classés en déchets de très faible activité, soit environ 1200 tonnes par an. Il s'agit notamment de ferrailles (8000 tonnes).

- 2001-2030: production d'environ 472000 tonnes de déchets de très faible activité, soit 16500 tonnes par an. Ces déchets sont constitués pour 445000 tonnes par des bétons et gravats.

C'est donc dès 2001 que le CEA aura des besoins importants d'évacuation des déchets de très faible activité.

La COGEMA n'a pas programmé de démantèlement important pour l'instant.

#### ***Y-a-t-il une urgence technique?***

Il est clair qu'au vu de la production, en exploitation normale, de déchets de très faible activité, il n'y a aucune urgence technique à trouver une solution d'élimination de ces déchets.

L'importance du problème de l'évacuation des déchets de très faible activité est surtout le fait des opérations de démantèlement, or l'échéance de ces opérations est assez lointaine pour également ne pas induire d'urgence technique.

Ce report à long terme du problème à résoudre explique sans aucun doute, le peu de "mobilisation" observée sur le démantèlement des installations nucléaires de la part des acteurs directement concernés. De plus, il s'agit d'un domaine où l'on n'a aucune référence: il faut "imaginer" et estimer ce que sera une opération de démantèlement dans 20 ou 30 ans.

Au niveau international (CEE, AIEA, AEN,...), il y a eu de nombreux programmes d'études sur le démantèlement des installations nucléaires, mais ces programmes ont porté essentiellement sur les techniques et les technologies de démantèlement et les problèmes de radioprotection et de sûreté. Les approches de ces opérations en termes de gestion des déchets et de coûts financiers et économiques sont pratiquement inexistantes, c'est d'ailleurs ce que souligne un rapport récent d'experts européens, rapport relatif à l'évaluation des programmes de recherche et développement en cours et financés par la CEE, sur le thème du démantèlement.

#### ***Y-a-t-il une urgence non technique?***

Si à l'évidence, il n'y a pas d'urgence à trouver rapidement une solution technique à l'élimination des déchets de très faible activité, par contre, il existe une **urgence stratégique** à régler ce problème. Cette urgence stratégique concerne l'avenir de l'industrie électronucléaire et donc la politique énergétique française.

Le programme nucléaire français marque actuellement une pause, et ceci jusqu'en 2005-2010. A cette date, même pour le simple renouvellement du parc de centrales nucléaires existant aujourd'hui, il faudra montrer que la gestion des déchets radioactifs, dans son ensemble, est bien maîtrisée dans une filière responsable, organisée et contrôlée. La présence dans ce domaine de zones d'ombre et d'incertitudes ou l'absence de solutions d'élimination pour certaines catégories



de déchets constituerait, pour les anti-nucléaires, un bon prétexte pour contester et mener un front du refus pour la reprise du programme électronucléaire.

La gestion des déchets de l'industrie électronucléaire est le maillon faible de ce secteur et cette faiblesse est exploitée depuis quelques années par ses adversaires. Les polémiques sur la sûreté des réacteurs nucléaires ont été relayées, dès le milieu de la décennie 80, par les polémiques sur l'élimination des déchets générés par ces installations. Certaines associations anti-nucléaires ont alors développé de véritables stratégies visant à étouffer, à asphyxier, l'industrie électronucléaire par ses déchets. Face à ces stratégies, la seule réponse raisonnable et opposable se trouve dans une filière d'élimination "irréprochable".

En termes de politique énergétique, la question de l'urgence se pose à peu près dans les mêmes termes: peut-on retenir dans les choix énergétiques, une option pour laquelle il subsiste encore des zones inconnues ou incertaines et pour laquelle tous les problèmes ne sont pas encore réglés? Cette question se pose tant en termes techniques qu'en termes économiques.

Le traitement et l'élimination des déchets de l'industrie électronucléaire représente un coût, investissements et exploitation, qui se retrouve dans le coût de production du kwh, coût de production qui est un des critères essentiels de décision en matière de politique énergétique. Peut-on raisonner et décider, sans contestation ni polémique, sur un coût du kwh "nucléaire", si des éléments constitutifs de ce coût, ceux relatifs à l'élimination de certains déchets et au démantèlement, sont incertains ou très approximatifs?

Il est donc indispensable, pour l'avenir du nucléaire et pour la politique énergétique, que le problème de l'élimination des déchets radioactifs ait rapidement des solutions définitives. L'expérience montrant que la définition de nouveaux concepts d'élimination ou de recyclage de déchets radioactifs et ensuite leur mise en oeuvre réclament beaucoup de temps, il est en fait urgent de s'attacher et de se mobiliser pour régler ce problème.

Dans un tout autre ordre d'idées, il y a également, nous semble-t-il, une **urgence psychologique** à mettre en place un cadre responsable et organisé pour l'élimination des déchets radioactifs. Il est en effet indispensable, après six années au cours desquelles de nombreuses affaires concernant l'évacuation des déchets radioactifs se sont succédées, de rétablir et de restaurer la crédibilité des différents acteurs de cette filière. Il faut en effet rapidement montrer que des solutions aux problèmes soulevés par ces affaires existent et se mettent en place: trop attendre pourrait s'interpréter comme une incapacité ou une absence de volonté des producteurs de déchets et des pouvoirs publics à trouver des solutions responsables et acceptables. Dans ce domaine, il est aussi important d'afficher que "les choses avancent" que de présenter des solutions définies et définitives.

### 3.2 LES PREMIERES REFLEXIONS: LA REVENDICATION DE SEUILS DE BANALISATION

Après les différentes affaires évoquées précédemment, il était évident que les pratiques en usage pour l'évacuation des déchets de très faible activité ne pouvaient être maintenues: un nouveau cadre pour la gestion de cette catégorie de déchets était donc à définir ou à créer.

Définir ou créer ce nouveau cadre passait inéluctablement par la réponse à cette interrogation:



- veut-on définir des caractéristiques en dessous desquelles certains déchets radioactifs pourraient être envoyés "n'importe où"? C'est le principe de l'exemption et de la banalisation d'une catégorie de déchets.

- veut-on définir les caractéristiques des déchets acceptables dans une installation donnée ou pour une réutilisation donnée? C'est le principe de l'adéquation d'une typologie de déchets à une installation d'élimination (existante ou à créer).

La première solution, l'exemption et la banalisation, a été revendiquée, dans un premier temps, par les producteurs de déchets.

### **3.2.1 Les revendications des producteurs de déchets**

Dans un premier temps donc, face au blocage de fait de la situation et dans la perspective de l'ouverture des futurs grands chantiers de démantèlement, les producteurs de déchets se sont retournés vers "l'Etat" et ont revendiqué une solution réglementaire. Leur proposition était la fixation de seuils de banalisation, c'est à dire des seuils d'activité en dessous desquels un déchet radioactif pourrait être remis dans le domaine public sans précautions particulières découlant de sa "caractéristique radioactive". Il s'agissait ainsi d'entériner, par la voie réglementaire, les pratiques anciennes qui étaient pourtant au coeur des polémiques.

Les arguments avancés en faveur d'un seuil d'exemption et de la banalisation réglementaire étaient de trois ordres:

- ce serait le seul moyen de lever la suspicion dans l'esprit des citoyens: la réglementation existante doit être précisée dans le sens de l'exemption et de la banalisation afin de ne plus créer de toutes pièces des controverses sans intérêt,
- faute d'une réglementation claire, les "gros" producteurs continueront à entasser les déchets de très faible activité sur les sites de production et dans le même temps, certains petits producteurs les laisseront disparaître dans la nature sans aucune précaution,
- pourquoi considérer des déchets comme radioactifs si ceux-ci ont une activité proche, voire dans certains cas inférieure, à la radioactivité naturelle?

Dans cette période d'incertitude, les producteurs de déchets se sont fixés leurs propres "règles d'exemption" (très prudentes), alors que dans le même temps, les pouvoirs publics confiaient à des experts et à des parlementaires des missions d'études et de propositions sur l'élimination des déchets radioactifs.

#### ***Les pratiques d'exemption des producteurs***

Les règles d'exemption internes que les principaux producteurs de déchets se sont fixés sont reprises dans le tableau ci-après. Ce tableau montre des pratiques prudentes, les seuils retenus étant très proches de la radioactivité naturelle de certains matériaux, et parfois même différentes au sein d'une même société.



Sociétés	Activité surfacique	Activité massique ou volumique
CEA	-alpha:0,037 Bq/cm <sup>2</sup> -béta/gamma:3,7 Bq/cm <sup>2</sup>	-alpha: 1 Bq/g -béta/gamma: 10 Bq/g (gravats:<74 Bq/g)
COGEMA -Marcoule	-alpha: 0,2 Bq/cm <sup>2</sup> -béta/gamma: 1 Bq/cm <sup>2</sup>	-alpha: 1 Bq/g -béta/gamma: 10 Bq/g
-La Hague	-alpha: 0,37 Bq/cm <sup>2</sup> -béta/gamma: 3,7 Bq/cm <sup>2</sup>	-alpha: 0,037 Bq/g -béta/gamma: idem
EDF	-alpha: 2/3 fois le bruit de fond -béta/gamma:3,7 Bq/cm <sup>2</sup>	-alpha: 2/3 fois le bruit de fond -béta/gamma:0,37 Bq/g

### **Les rapports d'études et de propositions sur ce thème**

A la demande des pouvoirs publics, de nombreuses instances ont mené des travaux et des réflexions sur ce sujet, leur foisonnement montrant bien toutes les controverses dont ce thème est l'objet. Parmi ces travaux, on peut notamment mentionner:

- le rapport de juin 1991 de la commission d'examen des dépôts de matières radioactives présidée par M. Desgraupes, vice-président du CSSIN,
- le rapport d'avril 1992 sur la gestion des déchets très faiblement radioactifs présenté par M. Le Déaut pour l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques,
- le rapport de septembre 1993 du groupe de travail présidé par M.Fréjacques sur la réglementation des déchets de très faible activité,

A ces travaux franco-français, on pourrait ajouter, à titre d'information, des études internationales parmi lesquelles il faut citer, compte tenu de sa représentativité et de son poids à l'échelle internationale, les propositions de l'AIEA de seuils d'exemption destinés à être intégrés dans ses "Basic Safety Standarts".

Le "**rapport Desgraupes**" avait pour objectif premier l'examen des dépôts de matières radioactives sous l'angle de leur origine, leur situation réglementaire et leur impact sur l'environnement et la santé et de faire toutes recommandations utiles pour lever les problèmes et les incertitudes rencontrées. Une partie de ce rapport est donc consacrée à des propositions de nature réglementaire visant plus particulièrement la définition des substances radioactives et la fixation de seuils pour leur assujettissement à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ou à la législation visant les Installations Nucléaires de Base (INB).

Ce rapport propose de retenir deux niveaux de seuils tirés d'un rapport de l'IPSN de décembre 1990 intitulé "Modalités d'évacuation des déchets de très faible activité":

- des seuils d'exemption,
- des seuils d'application de la législation des ICPE et des INB.

Les seuils d'exemption proposés sont:

- pour l'activité massique:
  - \* 10 Bq/g pour l'activité bêta-gamma.
  - \* 1 Bq/g pour l'activité alpha

- pour l'activité surfacique:
  - \* 0,5 Bq/cm<sup>2</sup> pour l'activité alpha,
  - \* 5 Bq/cm<sup>2</sup> pour l'activité bêta-gamma.

Les déchets dont l'activité est inférieure à ces valeurs peuvent être considérés comme non radioactifs et être récupérés ou éliminés sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures particulières de radioprotection.

Les seuils proposés, pour définir les substances radioactives au sens de la réglementation des ICPE et des INB, sont des seuils d'activité massique:

- 10 Bq/g pour l'activité alpha,
- 100 Bq/g pour l'activité bêta-gamma.

Les substances dont l'activité massique est supérieure à ces seuils doivent être prises en compte pour la détermination de l'activité totale des installations en cause (voir § 1-5-Cadre légal et réglementaire).

Entre ces deux séries de seuils, aucune règle générale n'est fixée: ce sera au cas par cas que les dispositions d'élimination et de recyclage seront déterminées.

Le "**rapport Le Déault**" concernait la gestion des déchets très faiblement radioactifs. Ce rapport contient beaucoup de propositions d'amélioration de cette gestion. En termes de seuils d'exemption, il est estimé que des seuils de:

- 10 Bq/g pour l'activité bêta-gamma,
- 2 Bq/g pour l'activité alpha.

pourraient constituer une base de discussion pour une modification de la réglementation actuelle.

Le "**rapport Fréjacques**" traite de la réglementation des déchets de très faible activité. Les recommandations de ce rapport sont les suivantes:

- la conservation du système législatif actuel en le clarifiant et en le complétant,
- l'établissement d'un décret d'application de la loi du 15 juillet 1975 (cf §1-4) prévoyant pour les déchets et matériaux radioactifs des procédures d'agrément portant sur des installations destinées à recueillir, à traiter et à conditionner des produits afin d'en assurer l'élimination,
- la fixation, tant pour les petits utilisateurs de radionucléides que pour les installations industrielles, de taux d'activités massiques et surfaciques, tels que:
  - \* des valeurs inférieures en dessous desquelles la réglementation sur les produits radioactifs ne s'applique pas: il y a autant de valeurs que de radionucléides.
  - \* des valeurs égales à cinquante fois les valeurs inférieures au delà desquelles les réglementations s'appliquent,
  - \* entre valeurs inférieures et valeurs supérieures, seules les demandes de recyclage ou de réutilisation doivent faire l'objet d'une autorisation préalable au cas par cas, auprès des services compétents et les déchets peuvent être envoyés dans une ICPE non spécialisée.
- l'obligation pour l'exploitant de fournir une évaluation qualitative et quantitative des radioéléments contenus dans les déchets de très faible activité produits, ainsi que les possibilités de recyclage envisagées;
- l'interdiction pour l'exploitant de diluer les déchets à la source, sauf autorisation d'une autorité compétente.
- la création, en des lieux présentant les meilleures conditions d'acceptabilité, de sites de stockage de produits très faiblement radioactifs;



- l'utilisation par les pouvoirs publics des possibilités offertes par la loi du 30 décembre 1991, pour que l'ANDRA prenne la charge de la gestion de ces sites de stockages spécialisés.

Les deux premiers rapports mentionnés ne proposent que des seuils généraux d'exemption ne faisant une distinction qu'entre l'activité alpha et l'activité bêta-gamma. Ces seuils généraux sont très proches de la radioactivité naturelle de certains matériaux.

Le "rapport Fréjacques" va beaucoup plus loin en proposant des seuils d'exemption par radionucléides et des seuils au delà desquels les règlements s'appliquent. Entre les deux niveaux de seuils, il y a une zone d'exemption au cas par cas ou d'évacuation vers des décharges classiques.

Le plus connu de ces trois rapports est celui du parlementaire Le Déault, mais c'est également le plus critiqué et le plus vivement contesté.

Ces trois rapports proposent chacun des seuils d'exemption sous une forme plus ou moins complexe pour leur application pratique: aucun ne répond directement aux attentes et préoccupations exprimées dans les différentes affaires évoquées au §.3-1. En effet, les populations et les associations écologiques ont exprimé un refus au principe même de la banalisation et donc de l'exemption or, la réponse apportée est un ou des seuils d'exemption donc la possibilité de banaliser des déchets.

Pour les associations écologiques notamment, la fixation d'un seuil d'exemption est ressentie et considérée comme une tentative de minimiser les problèmes existants, voire de les évacuer. C'est également une "porte ouverte" aux détournements: les producteurs mélangeront et dilueront les déchets pour obtenir un produit sous le seuil d'exemption.

La quasi-absence de crédibilité des producteurs de déchets, la difficulté, voire l'impossibilité, d'effectuer des mesures de très faibles activités de manière fiable et exhaustive, et donc de réaliser des contrôles des déchets très faiblement radioactifs, sont les principaux éléments expliquant le refus de la banalisation par les populations et leurs relais.

Ces rapports sont restés sans suite de la part des pouvoirs publics: il s'agit sans doute "d'un blocage politique" et d'une décision découlant des vives contestations qu'avait soulevées le rapport Le Déault.

La solution de l'exemption et de la banalisation n'étant pas de toute évidence une solution "socialement" acceptée, la seule voie ouverte était celle de la définition des caractéristiques des déchets admissibles dans une installation donnée.

Mais avant d'aborder la manière dont on est arrivé, par touches successives, à cette solution, il nous paraît intéressant de regarder ce qui se fait à l'étranger pour les déchets de très faible activité.

### **3.2.2 L'aspect international**

#### ***La situation à l'étranger***

Dans toutes les réglementations sur la protection contre les rayonnements ionisants figurent des limites de radioactivité exprimées en activité massique (100 Bq/g) et en activités totales (5000 Bq pour le groupe I des radionucléides les plus radiotoxiques et des valeurs plus élevées pour les autres groupes de radiotoxicité). Selon les pays, ces limites représentent les valeurs en dessous desquelles un régime de déclaration peut ne pas être appliqué ou en dessous desquelles la réglementation ne s'applique pas. Dans ces mêmes réglementations figurent aussi des cas "d'exemption", c'est-à-dire des sources ou des matériaux auxquels la réglementation ne s'applique pas.

Les réglementations qui prennent en compte les substances de très faible radioactivité sont peu nombreuses: elles le font souvent dans le cadre des exemptions de pratiques.

**En Grande Bretagne**, l'Acte sur les Substances Radioactives exclut de la réglementation les substances solides non solubles dont l'activité massique est inférieure à 0,4 Bq/g, quel que soit le radionucléide. Cette disposition fait suite à une recommandation du National Radiological Protection Board proposant une dose de 50  $\mu$ Sv/an pour l'ensemble des pratiques exemptées et 5  $\mu$ Sv/an par pratique.

**En Suède**, les déchets radioactifs ne provenant pas du cycle du combustible peuvent être mis en décharge ou incinérés sous les trois conditions suivantes:

- chaque paquet doit contenir moins de une L.A.I. minimum,
- par laboratoire et par mois, l'activité rejetée doit être inférieure à 10 L.A.I. minimum,
- le débit de dose au contact du colis doit être inférieur à 5  $\mu$ Gy/h.

Pour les déchets nucléaires, quelques exemptions sont données:

- incinération d'huile contenant moins de 5 Bq/g en émetteur bêta et 0,05 Bq/g en émetteur alpha;
- mise en décharge de résines d'activité inférieure à 1 Bq/g;
- utilisation comme engrais de boues de station d'épuration dont la teneur est inférieure à 20 Bq/g de matière sèche.

**En Allemagne**, les niveaux d'activité qui figurent dans la loi atomique sont différents selon l'utilisation des matériaux. Pour les matériaux utilisés dans l'environnement de l'homme, la limite est de 0,4 Bq/g; pour les déchets la limite varie de 0,37 à 370 Bq/g selon les radionucléides.

**L'Italie** a adopté les mêmes valeurs que l'Allemagne pour les déchets: 0,37 à 370 Bq/g selon les radionucléides.

Comme en France donc, beaucoup de pays n'ont pas une réglementation adaptée au cas des substances de très faible radioactivité.

### ***La modification de la Directive européenne***

Comme nous l'avons indiqué au §1-6, une nouvelle directive européenne sur les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants est en préparation pour tenir compte des nouvelles recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique, recommandations dénommées CIPR 60.



La sortie de cette nouvelle directive est assez laborieuse car elle s'appuie sur la CIPR 60 qui fait l'objet de critiques de plus en plus importantes, au niveau national et international, de la part des spécialistes de la radioprotection et de scientifiques. Ce qui est reproché aux experts de la CIPR, qui proposent des normes très sévères: 1mSv/an pour l'exposition du public contre 5mSv/an actuellement, c'est de ne pas avoir de fondements scientifiques sérieux pour expliquer cette sévérité accrue. En clair, on soupçonne les experts de la CIPR d'avoir subi et accepté les pressions des "écologistes" et de l'opinion et d'avoir proposer des recommandations non fondées sur des faits et des observations scientifiques avérés. Pour reprendre une phrase d'un des "contestataires" du bien-fondé de ces propositions: ils ont "caressé l'opinion dans le sens de ses fantasmes".

La question posée par l'application de la CIPR 60 est celle de l'application du principe de précaution qui a toujours prévalu jusqu'à présent dès que la santé de l'homme est en cause.

### 3.2.3 L'approche de l'IPSN

L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN) qui participe, en tant qu'expert, aux travaux d'élaboration de cette nouvelle directive européenne, a développé une approche qui semble être accueillie favorablement et suivie au niveau du groupe d'experts (sic l'IPSN).

Cette approche du problème, organisationnelle et réglementaire, peut être résumée ainsi:

- un système global de sûreté et de radioprotection soumettant au contrôle des autorités publiques toutes les pratiques (=activités) mettant en oeuvre des substances radioactives: la gestion des déchets est une pratique soumise à la réglementation. Les déchets solides seraient soumis aux mêmes contraintes que celles jusqu'à présent réservées aux effluents gazeux et liquides: agir à la source pour limiter la production, définir des filières d'élimination mettant en jeu plusieurs installations et entreprises, concrétiser la responsabilité du producteur dans le choix et le contrôle de l'ensemble du processus d'élimination, contrôles à la source et dans l'environnement.
- l'exemption de pratiques n'impliquant que des quantités modérées de substances radioactives de faible activité, ainsi que de l'évacuation des déchets résultant de ces pratiques.
- la possibilité pour des substances radioactives de "sortir" du système réglementé et contrôlé, même lorsqu'elles sont issues de pratiques soumises. Cette sortie, "le décontrôle", peut concerner des quantités modérées ou des flux réguliers importants de déchets ou de matériaux comme dans le cas du démantèlement. Les autorisations et les niveaux de sortie sont définis au cas par cas par les autorités selon les destinations ou les réutilisations envisagées pour les substances considérées.

Les déchets radioactifs seraient, dans ce schéma, soumis à un double contrôle: contrôle à la source (caractérisation) et contrôle au "rejet" (milieu recepneur). Le contrôle des déchets serait donc effectif tout au long de la filière d'élimination et de recyclage.

Les critères de dose pour les sorties du système contrôlé pourraient être:

- soit les contraintes de dose en dessous desquelles l'opérateur optimise la gestion de ces déchets: la dose ALARA;
- soit un critère de dose triviale (10 $\mu$ Sv) comme pour l'exemption des pratiques, en dessous de laquelle aucune optimisation n'est nécessaire.



Cette approche de l'IPSN a l'avantage de ne pas prêter à la critique entendue pour la fixation de seuils d'exemption permettant de "faire n'importe quoi". Elle est cependant lourde pour les autorités de surveillance, surtout si l'option "autorisation de sortie du système contrôlé" donnée au cas par cas est retenue. Une solution intermédiaire serait de partir sur cette option, puis, avec le retour d'expérience, déterminer si la première option, seuils généraux de sortie du système réglementaire, mérite d'être reprise et retenue.

### ***La position des associations écologiques***

Les associations rencontrées adhéreront à cette approche qui lève leurs principaux griefs à l'égard du système actuel, à savoir: la banalisation, l'absence de contrôle et de suivi des déchets, la non mémorisation de leur destination et le recours à des solutions d'élimination non adaptées aux déchets à traiter. Cependant, elles seront certainement réticentes à la sortie du système surveillé, le "décontrôle", la raison principale étant que l'on perdra ainsi la traçabilité des déchets.

Un consensus semblerait pouvoir se faire autour de cette approche privilégiant une solution adaptant des caractéristiques des déchets aux moyens d'élimination.

### ***Le consensus international***

L'IPSN nous a indiqué que cette approche recevait un écho favorable des experts européens du comité EURATOM. Ce consensus, qui semble donc se dessiner au moins au niveau européen, est très important car une solution sera d'autant mieux admise au niveau national qu'elle sera cohérente avec les pratiques étrangères dans le même domaine.

En effet, dans le domaine nucléaire, que ce soit en termes de sûreté, de radioprotection ou de gestion des déchets, il ne semble pas qu'un pays puisse faire "cavalier seul" et se démarquer des pratiques internationales consensuelles sans soulever la contestation des populations et de leurs relais (groupes de pression) et provoquer des polémiques sans fin.

Il semble difficile aujourd'hui d'imaginer des solutions ou des réponses aux problèmes et questions posés par le nucléaire autres que des solutions et des réponses cohérentes avec les approches internationales sur les mêmes thèmes.

## **3.3 L'ÉVOLUTION RÉCENTE: VERS UNE FILIÈRE CONTRÔLÉE**

En introduction du §3-2, nous avons posé le problème de la définition d'un nouveau cadre pour la gestion des déchets de très faible activité sous la forme de cette interrogation:

- veut-on définir des caractéristiques en dessous desquelles certains déchets radioactifs pourraient être envoyés n'importe où? C'est le principe de l'exemption et de la banalisation.
- ou veut-on définir les caractéristiques des déchets acceptables dans une installation donnée ou pour une réutilisation donnée? C'est la principe de l'adéquation d'une typologie de déchets à une installation d'élimination (existante ou à créer).

La solution exemption-banalisation, revendiquée dans un premier temps par les producteurs de déchets et examinée par les pouvoirs publics, est apparue comme une solution "socialement" inacceptable, et d'ailleurs inacceptée par les associations écologiques (cf §3-2-1),



et donc politiquement inenvisageable. Il ne restait donc qu'à étudier la seconde solution et la définir plus précisément.

### **3.3.1 L'approche d'une nouvelle solution**

L'impossibilité de mettre en oeuvre une solution exemption-banalisation sans créer de polémiques et de controverses était manifeste dès la fin de l'année 1992, après la parution du rapport du parlementaire Le Déault. Les producteurs de déchets et les autorités de surveillance ont à cette époque compris que la solution était ailleurs et qu'il fallait se mobiliser pour la formuler et ensuite la définir: ceci s'est fait progressivement et en interne à la filière.

Face à une situation bloquée et sans issue apparente et sous la "pression" conjointe de la Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP) et de la DSIN, les trois "gros" producteurs de déchets (EDF,CEA et COGEMA) ont créé un groupe de travail fin 1993. Son objectif était:

- d'une part de définir le problème de la gestion des déchets de très faible activité en termes qualitatif, quantitatif et d'échéancier,
- d'autre part d'élaborer des propositions en réponse à ce problème.

Cette résolution constituait et marquait un pas important vers une gestion plus "responsable" des déchets par leurs producteurs.

Début 1994, les Ministres chargés de l'Industrie et de l'Environnement confiaient à l'ANDRA une mission d'étude et de définition d'un concept de stockage définitif des déchets de très faible activité.

En fait, l'ANDRA avait été approchée, fin 1993, par Rhône-Poulenc pour une étude portant sur la définition et la conception d'un stockage des déchets radifères de faible activité provenant de son usine de fabrication de Terres Rares de La Rochelle. L'ANDRA n'a voulu accepter de réaliser cette étude qu'avec l'accord des ministères chargés de l'Industrie et de l'Environnement. La DGEMP et la DSIN ont saisi cette opportunité pour qu'une mission plus générale que le seul problème de Rhône-Poulenc soit confiée à l'ANDRA.

Dans le même temps, fort des enseignements tirés des différents rapports d'experts et de parlementaires et des critiques qu'ils avaient soulevé, la DSIN travaillait à définir et à élaborer une doctrine.

### **3.3.2 Opportunité et logique de situation**

A la fin du premier trimestre 1994, tous les éléments étaient réunis pour que la DSIN, qui "avait pris les choses en main" sur ce problème de la gestion des déchets très faiblement radioactifs, puisse définir une doctrine sur ce thème:

1) la solution de l'exemption et de la banalisation était socialement et politiquement bloquée. Persister à défendre cette idée aurait conduit à un affrontement avec les associations écologiques, affrontement dont les pouvoirs publics n'étaient pas du tout sûrs de sortir vainqueurs.

2) l'exemption et la banalisation, sur l'aspect technique, soulevaient des problèmes pratiques qui portaient le germe de la controverse:

- difficulté technique et matérielle de la mesure des très faibles activités,
- exhaustivité et fiabilité des contrôles de déchets "banalisables",

- difficulté du contrôle de la non-dilution des déchets et du repérage des points chauds.

3) même si l'exemption et la banalisation étaient retenues, rien n'aurait été réglé pour autant puisque la seule destination économiquement envisageable pour les déchets "banalisés" était les décharges classiques et que les exploitants de celles-ci refusaient de les recevoir.

Le risque était donc trop grand et inutile pour continuer à travailler sur la voie de la banalisation.

Par ailleurs, la logique des autorisations réglementaires des installations nucléaires voulait également que les déchets solides soient "traités" de la même manière que les effluents gazeux et liquides de ces installations, à savoir:

- contrôles à la source (à la production) et du milieu récepteur (environnement)
- rien ne "sort" des installations sans être contrôlé et sans que son impact sur l'environnement ne soit mesuré et suivi.

### 3.3.3 La doctrine de la DSIN: pas de banalisation

Le 25 avril 1994, la DSIN a réuni les principaux producteurs de déchets, EDF, CEA et COGEMA, pour présenter les grands principes de sa doctrine en matière de gestion des déchets de très faible activité:

- 1) définition d'un **concept de zonage** des installations nucléaires afin de préciser si tel ou tel **déchet** ou matériau est susceptible d'être **radioactif** en fonction de son origine géographique,
- 2) une **filière contrôlée** d'évacuation, de recyclage ou de réutilisation des matières faiblement ou très faiblement radioactives,
- 3) des **stockages définitifs et dédiés** pour l'évacuation de ces déchets,
- 4) le recours à des **études d'impact** pour valider le choix de concept, de site, de construction et d'exploitation des stockages dédiés,
- 5) définition et mise en place d'un **code de bonnes pratiques** qui constituera la base d'un "label" accordé aux producteurs de déchets,
- 6) actes d'**autorisation** des installations nucléaires plus **prescriptifs** en ce qui concerne la gestion des **déchets radioactifs** (processus similaires aux rejets liquides et gazeux).

En résumé, cette doctrine consiste à considérer que tous les déchets de très faible ou faible activité seront évacués, en fonction de leurs caractéristiques, vers une installation de stockage dédiée et spécifique: aucun déchet de cette catégorie ne sera "banalisable" par le producteur, la destination sera une installation contrôlée par les autorités chargés du "nucléaire".

Au cours de cette même réunion, l'ANDRA a présenté les projets qu'elle développe sur le concept de stockage définitif des déchets de faible et très faible activité. Le concept est plus proche de la décharge de déchets industriels spéciaux ultimes (décharge de classe 1) que du Centre de stockage de surface de l'Aube.

Beaucoup de points et de questions restent encore en suspens dans cet énoncé des grands principes de la doctrine de la DSIN:

- 1) en deçà de quel niveau d'activité, un déchet ou un matériau sera-t-il considéré comme faiblement ou très faiblement radioactif: 100 Bq/g, 500Bq/g, 1000Bq/g,...?



- 2) quel sera le nombre, la spécificité et l'emplacement des sites de stockage?
- 3) qui sera le maître d'ouvrage, le maître d'oeuvre, l'exploitant de ces stockages pour la construction et l'exploitation?
- 4) quel est ou quel sera le cadre légal et réglementaire de cette filière contrôlée?
- 5) comment seront traitées les pratiques actuelles (et acceptées) de recyclage, de réutilisation ou d'évacuation des déchets de faible ou très faible activité? seront-elles remises en question?
- 6) y-aura-t-il des possibilités de "sortie", pour certains déchets de très faible activité, de ce système contrôlé et, si oui, dans quelles conditions: au cas par cas, pour des flux réguliers,...

Certaines des réponses à ces interrogations passent par un inventaire précis en quantité, en activité, en forme physico-chimique..., de la production des déchets qui seront considérés comme étant de faible ou de très faible activité: cet inventaire relève de la responsabilité des producteurs de déchets.

### 3.3.4 Un consensus possible pour cette doctrine ?

Les grands principes édictés par la DSIN pour une filière contrôlée d'élimination des déchets radioactifs reprennent quasiment les propositions de l'IPSN (cf §3-2-3). Il s'agit donc d'une logique de gestion qui répond à pratiquement toutes les préoccupations exprimées par les populations et les associations écologiques dans les différentes affaires qui ont éclaté depuis 1991 sur le thème de l'élimination des déchets de faible et très faible activité, à savoir:

- pas de seuils généraux de banalisation,
- double contrôle des déchets,
- surveillance et suivi des sites d'élimination,

Le fait de définir les déchets susceptibles d'être radioactifs par leur "origine géographique" dans l'installation est par exemple une des demandes des associations écologiques (CRII-RAD et Robin des Bois).

Par contre, ces associations sont certainement hostiles à toute possibilité de sortie du système contrôlé, même pour des déchets de très faible activité et en faible quantité: tous les déchets radioactifs produits par le nucléaire doivent rester dans le système (nucléaire) contrôlé, sans possibilité de dérogation à ce principe.

## 3.4 LA DOCTRINE DE LA DSIN: COMPROMIS OU CONCESSION?

Après une longue période de passivité des populations et des associations écologiques à l'égard des déchets de très faible activité et de leurs modes d'élimination, "passivité" qui semblait également de mise pour les pouvoirs publics, en 1991, le réveil fut soudain et brutal: il conduisit à la situation de blocage que l'on connaît encore aujourd'hui pour cette catégorie de déchets.

Dans un tel contexte et pour sortir d'une telle situation de blocage, la crainte que l'on peut avoir, c'est de tomber dans les excès: ignorer les contestations, même celles qui sont bien-fondées, ou les prendre toutes en compte, quelles que soient leur fondement et leur rationalité.

En ce qui concerne, les principes de la doctrine présentée par la DSIN, leur degré actuel d'élaboration et de précision ne permet pas de déterminer et de se prononcer sur un excès dans un sens ou dans un autre.

Dans ses grandes lignes, cette doctrine nous semble plutôt pragmatique et réaliste, tout en répondant globalement aux attentes des populations et des associations écologiques.

En fait, nous n'avons pas de critiques à formuler à l'encontre de cette doctrine, à son stade actuel d'élaboration, mais plus simplement des remarques ou des observations de "précaution" contre certains dangers de dérive lors de sa phase de définition et d'affinement. Ces remarques sont de deux ordres: conceptuel et organisationnel.

### **3.4.1 La conception de la filière contrôlée**

Dans le domaine de la définition des concepts de stockages définitifs dédiés de déchets de faible ou très faible activité, nous ferons trois remarques qui sont dans un même ordre d'idées:

1) Cette catégorie de déchets pourrait elle-même être subdivisée en plusieurs sous-catégories qui détermineraient des concepts différents de stockage. On peut en effet aisément concevoir, sur la base d'un même objectif d'impact sur l'environnement, que des gravats d'une activité au plus égale à 1 Bq/g, ne présentent pas les mêmes risques que des déchets d'une activité voisine de 100 Bq/g: ces deux types de déchets ne nécessitent certainement pas les mêmes concepts de stockage et les mêmes dispositions de construction et d'exploitation pour leurs stockages.

La filière contrôlée d'évacuation ne doit pas s'identifier à un seul concept de stockage, mais à une série de solutions techniques en termes de construction et d'exploitation, diversifiées et adaptées à différents types de déchets de la catégorie des déchets faiblement ou très faiblement radioactifs.

L'inventaire précis des déchets de cette catégorie que doivent faire les producteurs permettra de déterminer combien de "sous-catégories" et donc de solutions techniques, il faudra envisager et concevoir.

2) le nombre et la localisation des sites de stockages définitifs dédiés reste à définir. Dans le prolongement de la remarque 1) ci-dessus, pour les déchets de très faible activité et produits en grande quantité (cf§.3-1-3), du type gravats et bétons à moins de 1 Bq/g (quantité > 200 000 m<sup>3</sup> par tranche), il n'est pas concevable, techniquement et économiquement, de les transporter sur de très grandes distances. Un site d'évacuation par centrale nucléaire serait donc pratiquement nécessaire: ceci confirme l'intérêt de définir un concept de stockage définitif par sous-catégorie de déchets de très faible activité, les critères hydrogéologiques pour un site recevant des gravats et bétons à moins de 1 Bq/g d'activité massique devant être moins contraignants, et donc plus "facile à trouver" que ceux d'un site destiné à recevoir des déchets d'une activité de 100 à 1000 Bq/g.

3) la nécessité de valider le choix de chaque concept, de chaque site, de chaque construction et exploitation par des études d'impact est l'un des principes fondamentaux de cette doctrine. Le principe des études d'impact n'est pas en soi un principe novateur, mais il doit être



utilisé à bon escient et sans excès, c'est à dire que l'étude d'impact doit être adaptée, en termes de contenu, de détail et d'analyse aux dangers réels ou potentiels.

La crainte des producteurs de déchets est que les "spécialistes", habitués qu'ils sont à traiter des problèmes d'une toute autre ampleur en ce qui concerne les dangers, oublient de se mettre au bon niveau: il ne faudrait pas "vouloir écraser une mouche avec un rouleau compresseur". En employant le terme de "spécialistes", nous pensons en premier lieu à l'ANDRA (niveau du concept) et à l'IPSN (niveau de l'expertise).

La crainte d'une telle dérive est réelle chez les producteurs de déchets.

Sur un tout autre plan, une telle filière contrôlée pourrait avoir des effets pervers si les types de décharges définis ne sont pas assez nombreux: cela pourrait remettre en cause les pratiques de tri, de décontamination, de fusion, d'incinération,.... En effet, si un déchet contaminé à moins de 1 Bq/g a la même destination (=le même coût d'élimination) qu'un déchet contaminé à 1 000 Bq/g, les producteurs n'auront pas d'intérêt à trier et à décontaminer leurs déchets. Au contraire, si les producteurs peuvent disposer d'une gamme de décharges, plus ou moins "sophistiquées" selon les caractéristiques des déchets qu'elles peuvent recevoir et donc plus ou moins coûteuses, ils seront alors incités économiquement à trier et à décontaminer. L'optimum technique et économique serait probablement mieux approché en laissant aux producteurs et aux éliminateurs le soin de définir la gamme de sites nécessaire, en respectant simplement les principes de base de la doctrine: pas de banalisation et respect des normes de radioprotection pour chaque décharge.

Le recyclage ou la réutilisation des matériaux est un des aspects de la filière contrôlée: ces destinations de matériaux radioactifs supposent une "traçabilité sans faille", pour reprendre le terme employé par les producteurs de déchets, notamment pour le recyclage puisque, dans ce cas, les matériaux sortiront du "nucléaire". La démonstration dans le moyen et long terme de la "traçabilité sans faille" semble a priori assez délicate à prouver et à défendre: toute sortie du "système nucléaire" risque d'être, sur cet aspect, une source de doute, de polémique et de contestation.

Enfin, la définition des principes d'une filière contrôlée, de stockage dédié, d'un code de bonnes pratiques,...., sans:

- la participation et la collaboration du SCPRI, très en amont des décisions, pour tous les problèmes de radioprotection et pour tout ce qui concerne les le contrôle des faibles doses,
- une consultation ou une concertation avec des associations écologiques représentatives, au cours du processus,

nous semble actuellement difficilement concevable et contestable.

Le SCPRI est le seul service d'Etat ayant des compétences en matière de radioprotection et ce type de compétences est indispensable pour aborder les problèmes d'impact des décharges et des conditions de recyclage ou de réutilisation de matériaux radioactifs.

La consultation d'associations écologiques se place davantage sur le plan de l'acceptabilité des principes et de la doctrine et de la transparence qu'elles réclament pour les décisions qui concernent la population. L'absence d'une telle consultation apparaîtrait comme un retour aux pratiques anciennes et contestées des décisions purement "technocratiques".



### 3.4.2 L'organisation et le cadre de la filière

Deux points nous paraissent mériter d'être évoqués en matière d'organisation et de cadre de la filière définie dans cette doctrine affichée par la DSIN:

1) la question : qui exploitera les installations d'évacuation? est posée et n'a pas de réponse, ni d'ailleurs de besoin de réponse urgente puisqu'on n'est qu'au stade de la définition des concepts de ces installations. Cependant et dès à présent, on pourrait écarter l'hypothèse de la solution producteurs de déchets=exploitants et ceci pour deux raisons:

- l'acceptation par les populations et les associations écologiques de ces solutions techniques passe par une séparation des responsabilités, des pouvoirs et des obligations de chaque acteur,
- il est bon, pour la qualité et la crédibilité de la filière que des pressions et des conflits d'intérêt puissent apparaître et s'exercer dans les relations entre producteurs et éliminateurs. Ces pressions nous paraissent "saines" et favorables, en particulier pour l'exercice du contrôle et de la surveillance des pouvoirs publics qui peuvent ainsi "jouer sur deux tableaux", les producteurs d'un côté et les éliminateurs de l'autre.

Cette proposition découle naturellement de l'analyse des responsabilités et des centres d'intérêt de chaque acteur de la gestion des déchets radioactifs (cf.§1-5).

2) le cadre légal et réglementaire dans lequel cette doctrine se mettra en place est à définir, ou plutôt le cadre actuel demande à être modifié et adapté à l'évolution apportée. Il n'y a rien d'urgent dans ce domaine, les modifications et les adaptations pouvant intervenir après la définition des solutions techniques.

Le point sur lequel nous voudrions appeler l'attention est le suivant: les stockages définitifs de déchets de faible et très faible activité seront soumis soit à la législation des INB, soit à celle des ICPE. Or, la DSIN n'a de compétences que pour les INB, les ICPE relevant de la compétence des préfets de département et de services sous leur autorité.

Il semble en effet très souhaitable pour des raisons:

- de cohérence et d'homogénéité de la gestion de l'ensemble des déchets radioactifs quelles que soient leurs caractéristiques (haute ou très faible activité),
- de besoin d'un interlocuteur unique à mettre en face d'un nombre de producteurs de déchets relativement restreints (pour l'électronucléaire),
- d'absence de compétences en matière de radioprotection au niveau local,
- de non compétence, au sens administratif du terme, du SCPRI pour les ICPE,
- de crédibilité de l'action des pouvoirs publics,

que le contrôle et la surveillance de l'ensemble de la filière d'élimination des déchets radioactifs doivent être exercés par une autorité unique, la DSIN pour la sûreté et le SCPRI pour la radioprotection, et non par de multiples d'intervenants. Cette position est celle d'un bon nombre "d'experts indépendants" et même d'associations écologiques qui défendent l'idée, pour l'élimination des déchets radioactifs, d'une procédure et d'une autorité uniques.

Le cadre légal et réglementaire actuel doit donc être adapté pour prendre en compte cette donnée. Il ne faudrait pas que pour contourner le problème délicat et difficile que représente souvent la modification d'un cadre légal, on ait recours à des artifices de présentation des solutions techniques, comme par exemple "sur-évaluer" la capacité d'accueil d'un stockage (en Bq/g ou en activité totale) pour que celui-ci reste de la compétence réglementaire de la DSIN et



du SCPRI. En clair, le cadre légal doit être adapté aux solutions techniques retenues et non l'inverse car cela pourrait avoir des effets pervers contraires aux objectifs initiaux.

### 3.5 L'ASPECT ÉCONOMIQUE

La question essentielle posée par la définition et la mise en place d'une filière responsable, organisée et contrôlée de la gestion des déchets de faible et très faible activité, question que l'on peut percevoir au travers de nos remarques de "précaution" sur la doctrine affichée par la DSIN, est: **jusqu'où peut-on ou veut-on aller?**

La pression des populations et des associations écologiques a été et reste très forte, certains allant jusqu'à dire que même les experts de la CIPR n'ont pu y résister (cf recommandations de la CIPR-60). Les préoccupations des citoyens doivent être prises en compte mais en prenant bien garde de rester et de continuer à évoluer dans le rationnel et le pragmatique. La collectivité ne doit pas supporter des dépenses d'intérêts plus psychologiques que sanitaires réclamées par une minorité de la population.

L'enjeu économique de la réponse qui sera apporté à cette question est, intuitivement, considérable. Ainsi, le coût du démantèlement des installations nucléaires en fin de vie, dépend en partie de cette réponse: évacuer les gravats et les bétons de démantèlement d'une tranche REP (250000 m<sup>3</sup>) soit à 400F/tonne dans une décharge du type banal (déchets "inertes") soit à 2000F/tonne dans une décharge de type classe 1, représente une différence de plus de 40 MF.

Il ne faudra donc pas perdre de vue, au moment des choix finaux des solutions techniques, que leur impact se mesurera en dizaines de millions de francs supportés par la collectivité entière.

A cet égard, il serait souhaitable de suivre ce qui se fait à l'étranger (Allemagne, Suède, Japon,...) où les problèmes se posent dans les mêmes termes, notamment pour tout ce qui concerne les opérations de démantèlement qui constituent une des principales préoccupations de tous les pays "électronucléaires" pour la fin de cette décennie.

### 3.6 LES DECHETS MINIERES

Les résidus miniers représentent de très gros volumes constituant une source potentielle de nuisance à cause de la présence d'éléments toxiques, chimiques et radioactifs, non extraits lors des opérations de traitement du minerai. L'importance des volumes et la faible concentration en éléments nocifs font que ces résidus ne peuvent être traités de la même manière que la plupart des déchets radioactifs de faible et très faible activité: les risques potentiels, même s'ils sont de nature identique aux autres déchets radioactifs, ne se présentent pas avec la même intensité.

Les sites de stockages sont situés à proximité des exploitations, la plupart du temps dans d'anciennes mines à ciel ouvert ou dans des bassins spécialement aménagés. La majeure partie des sites n'est plus actuellement en exploitation.

Outre la surveillance exercée par les exploitants, pratiquement tous les stockages de ces résidus font, en France, l'objet de surveillances du site lui-même et de son environnement de la



part des autorités (DRIRE, SCPRI,...).

Les résultats des contrôles pratiqués jusqu'à maintenant, et dont certains portent sur plusieurs décennies, indiquent que l'impact des installations de stockage est actuellement relativement réduit: l'exposition potentielle du public et les conséquences sur l'environnement sont acceptables vis-à-vis de la réglementation sur la majorité des sites.

Néanmoins, compte tenu des volumes importants de ces résidus, de la durée de vie très élevée des radioéléments contenus et du niveau d'exposition acceptable des populations il se pose plusieurs problèmes parmi lesquels il convient de signaler:

- la stabilité à long terme des stockages,
- la protection contre les intrusions,
- la limitation des possibilités de transfert de radionucléides dans l'eau et dans l'air de manière à garantir, sur le long terme, un niveau d'exposition des populations conforme à la réglementation sanitaire,
- l'utilisation des sols à long terme,
- la surveillance à long terme des stockages.

Ces problèmes posés par l'évacuation des résidus de traitement des minerais d'uranium ont fait l'objet de deux rapports importants:

- un rapport de mars 1993 de la commission pour les questions scientifiques et techniques relatives à la gestion des déchets radioactifs auprès du Conseil Scientifique du CEA,
- un rapport de mai 1993 de M. Barthélémy, de la Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement, à la demande du Ministre de l'Environnement.

Ces deux rapports sont complémentaires au niveau de leurs propositions qui pourraient se résumer ainsi: il faut développer des solutions spécifiques et adaptées à chaque site. Ces solutions doivent prendre en compte non seulement le terme source et l'hydrogéologie spécifiques à chaque site mais également les souhaits d'intégration du site dans son environnement, sa destination et sa réutilisation ultérieures et l'impératif de conservation de la mémoire.

Ce qui paraît indispensable aujourd'hui, c'est l'élaboration d'un plan pluriannuel de réaménagement des sites anciens, ne serait-ce que pour éviter une dispersion des efforts sous les pressions locales. Il serait donc souhaitable que les exploitants miniers et les autorités de surveillance définissent des protocoles d'études (connaissance du terme source, de l'hydrogéologie locale, impact et sûreté des sites,...) des sites à réaménager, des priorités de réaménagement et un échéancier "d'assainissement" du passé.

En clair, il est surtout important de montrer que "l'on avance" sur ce problème des sites miniers.

### **3.7 LES DECHETS DES "PETITS PRODUCTEURS"**

Le problème de la gestion des déchets des "petits producteurs" est présenté au §1.4.6, en première partie de ce rapport. Nous y avons indiqué que la mission de collecte et d'élimination de ces déchets confiée à l'ANDRA, se heurtait à deux difficultés: des installations disponibles de traitement inadaptées aux besoins et un taux de récupération des déchets produits très faible



(40%). Conséquence de ces difficultés et de la dispersion de ces petits producteurs, cette activité est fortement déficitaire pour l'ANDRA.

Les "solutions classiques" à ces difficultés sont certes connues mais présentent autant de nouveaux problèmes qu'elles en règlent. Ainsi:

- augmenter les tarifs pour équilibrer l'activité conduirait à une baisse du taux de récupération des déchets,
- investir dans des installations adéquates permettrait à moyen terme de diminuer les coûts de traitement mais à court terme ne permettrait pas de les diminuer (financement des investissements) et n'aurait donc pas d'effets sur le taux de récupération.

Deux solutions extrêmes pourraient être envisagées:

1) considérer que cette mission de l'ANDRA est une mission de service public et admettre qu'elle puisse être déficitaire, le déficit étant alors pris en charge par les pouvoirs publics. Une baisse des tarifs (et donc une augmentation du déficit) aurait un effet favorable sur le taux de récupération.

2) appliquer le principe pollueur-payeur en mettant en place des dispositions réglementaires et/ou financières pour améliorer le taux de récupération, dispositions telles que autorisation de vente pour toutes substances radioactives avec consignation d'une somme au moins égale au coût ultérieur de la collecte et du traitement.

Faute de temps, nous n'avons pu approfondir ces voies possibles et les solutions intermédiaires éventuelles.

**LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS**

**IV - LA SITUATION DANS QUATRE PAYS DE L'OCDE**



<p style="text-align: center;"><b>LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IV - SITUATIONS DANS QUATRE PAYS DE L'OCDE</b></p>
---

## **4.1 LES ETATS-UNIS**

### **4.1.1 Généralités**

#### ***L'industrie nucléaire aux Etats-Unis***

Il y a aux Etats-Unis à peu près 110 centrales électronucléaires en activité, réparties sur 74 sites dans 34 Etats. En 1992, elles ont produit 22% de l'électricité du pays. Actuellement, aucune nouvelle centrale n'est en construction. En fait, les dernières commandes non annulées datent des années 70. Actuellement, les compagnies d'électricité ("utilities") préfèrent construire des centrales de petites tailles, à cycle combiné au gaz naturel.

#### ***Types de déchets***

Pour l'élimination, on distingue trois types principaux de déchets: les combustibles irradiés des centrales civiles (SNF), les déchets de haute activité provenant du recyclage à des fins militaires (HLW) et les déchets de faible activité (LLW). La limite réglementaire (10 CFR 60) entre déchets de faible activité (LLW) et de haute activité est 3700 Bq/g (100 nCi/g) en émetteur alpha à vie longue. Les LLW sont divisés en trois sous-catégories (A, B et C) selon leur activité. Mais, il existe une catégorie de déchets (essentiellement militaires) qui, sans être de haute activité, sont plus actifs que 3700 Bq/g: on les appelle greater-than-class C.

#### ***Les responsabilités***

Le DOE est responsable de l'entreposage, du transport et de l'évacuation de tous les déchets radioactifs qui ne sont pas de la responsabilité des Etats.

Les Etats sont responsables du stockage et de l'évacuation des déchets de faible activité, c'est à dire dont la concentration en éléments à vie longue est inférieure à 100 nCi/g (3700 Bq/g).

La NRC est chargée de la réglementation et de l'attribution de permis aux installations de gestion de déchets. Elle ne réglemente en fait que ce qui concerne le nucléaire commercial (donc le futur stockage souterrain de Yucca Mountain et les stockages provisoires). Le DOE auto-réglemente ses activités liées aux sites militaires.

L'EPA (Environmental Protection Agency) fixe les normes de relâchement de radionucléides dans l'environnement.

Le DOT (Department of Transportation) développe et fait appliquer des normes de sûreté pour le transport de déchets radioactifs.

Un groupe de travail, comprenant le State Department, le Defense Department, le DOE, la NRC et l'EPA, vient d'être constitué pour réfléchir à l'élimination du plutonium et de l'uranium

hautement enrichi contenu dans les armes nucléaires.

#### **4.1.2 Le combustible irradié**

Actuellement, les Etats-Unis ne pratiquent pas le retraitement du combustible commercial usé. Les installations de retraitement ont été construites à des fins militaires, pour extraire du tritium et du plutonium pour les armes nucléaires. Une installation commerciale de retraitement a été construite dans les années 60, à West Valley dans l'Etat de New-York. Elle a fonctionné de 1966 à 1972, traitant 640 tonnes de combustible. Elle a été définitivement arrêtée en 1976.

Le retraitement commercial a été interdit par le président Carter, puis réautorisé par le président Reagan. En fait, il n'apparaît pas économiquement viable pour le moment étant donné le prix très bas du minerai d'uranium. Le choix de se lancer dans le retraitement sera fait par une compagnie privée sur des critères économiques, ce qui n'arrivera pas avant plusieurs décennies selon nos interlocuteurs. Ceux-ci considèrent que le retraitement ne peut pas se justifier par son avantage au niveau de la gestion des déchets; le stockage direct est également possible.

Actuellement, les combustibles usés sont stockés dans des piscines, sur les sites de centrales. Les quantités stockées sont de 25 000 tonnes et devraient atteindre plus de 40 000 tonnes en 2000. Des problèmes de place sur certains sites se poseront bientôt. Des méthodes de stockage à sec sont actuellement à l'étude. Cela rendra l'entreposage plus pérenne et la maintenance plus simple, ce que cherchent certaines compagnies qui souhaitent abandonner l'énergie nucléaire.

Les responsables du programme américain de gestion des déchets considèrent que la génération qui a profité des centrales nucléaires a le devoir de trouver une solution définitive et sûre d'évacuation des combustibles irradiés. La solution privilégiée est celle de l'enfouissement géologique. Il existe un projet de recherche en transmutation, à Los Alamos, que le DOE voulait abandonner en 1994, mais qui a été maintenu, avec un budget faible.

L'administration américaine s'est préoccupée de l'évacuation des déchets de haute activité dès le début de l'industrie nucléaire. En 1955, l'Atomic Energy Commission (futur DOE) a demandé à l'Académie des Sciences de réfléchir à des solutions. En 1957, celle-ci recommanda l'étude de l'enfouissement dans des structures de sel profondes.

En 1963, débuta le projet Sault Vault, étudiant les formations de sel aux Etats-Unis, comme des sites potentiels. Un premier site fut sélectionné en 1970 puis rejeté en 1973. Des inventaires géologiques ont été menés dans les années 70 dans 36 Etats.

En 1983, neuf sites étaient à l'étude. Trois ont été sélectionnés en 1985, puis, en 1987, le Congrès a décidé de ne retenir qu'un seul site: Yucca Mountain dans le Nevada.

#### ***Cadre légal***

La politique pour l'évacuation du combustible irradié (civil) et des déchets de hautes activités (militaires) a été établie par le Nuclear Waste Policy Act de 1982 amendé en 1987. Cette loi prévoit l'enfouissement dans des structures géologiques profondes, avec une période de réversibilité d'au moins 50 ans. En 1982, elle prévoyait:

- une organisation spécifique: l'Office of Civilian Radioactive Waste Management



(OCRWM) du DOE est chargé de l'exécution du programme (stockage provisoire et transport, construction et exploitation du dépôt);

- **un mécanisme de financement:** il s'agit d'une taxe de 0,1 c/kWh sur l'électricité d'origine nucléaire; le Trésor établit avec cette taxe un Nuclear Waste Fund. Ce fonds servira à couvrir 90% des coûts de l'ensemble du programme d'évacuation, le reste étant payé par l'Etat pour l'évacuation des déchets militaires. Le Congrès dispose du droit d'examiner et d'autoriser toute utilisation du fonds au cours du processus annuel d'appropriation; le Secrétaire de l'Energie voudrait détacher le NWF du budget pour y avoir accès plus facilement et assurer ainsi la continuité du financement du programme;

- **un processus de sélection de sites et d'autorisations**

- **un mécanisme de supervision du programme et d'implication du public** (voir plus loin)

- **une assistance économique** ("impact assistance") aux communautés accueillant le dépôt;

- **un programme pour un 2ème stockage:** la capacité du 1er stockage est limitée par la loi à 70.000 tonnes, rendant nécessaire la recherche d'un second stockage (on estime à 90.000 tonnes la quantité de combustible usé accumulée en fin de vie de toutes les centrales actuelles)

Cette loi exige également que le DOE soit prêt à accueillir des combustibles usés dès 1998. Pour cela, elle prévoit le développement d'un stockage contrôlé et réversible (MRS: monitored retrievable storage) avant cette date.

En 1987, après que le DOE se soit heurté à de fortes oppositions (35 procès sur l'ensemble des sites) et ait dépensé beaucoup sans progresser, cette loi a été amendée et le Congrès a imposé au DOE d'étudier uniquement le site de Yucca Mountain, pour déterminer s'il est satisfaisant. Le DOE doit démontrer que la roche d'accueil peut isoler les radionucléides pendant au moins 10 000 ans.

En même temps, le Congrès établissait un processus de volontariat pour le choix d'un site de MRS, avec la désignation d'un médiateur indépendant. Le début des travaux de construction d'un MRS était conditionné par l'autorisation de construction d'un dépôt souterrain.

Le Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB), commission indépendante d'examen technique des travaux du DOE à Yucca Mountain, était créé. La loi élargissait également la participation du public. Enfin, elle reportait le programme pour le second dépôt, le DOE devant établir un rapport sur sa nécessité entre 2007 et 2010.

On constate que ces lois sont très directives. On peut par exemple, être surpris de la limitation à 70 000 tonnes du stockage, alors que les études géologiques n'ont pas encore permis de déterminer la capacité du site. Il semble que le Congrès veuille décider lui-même s'il y aura ou non un deuxième site d'enfouissement.

Le Congrès intervient beaucoup dans la politique de gestion des déchets nucléaires. Il légifère souvent dans le but d'accélérer le processus et de limiter les dépenses.

### ***Le cadre réglementaire***

Le NWPA attribue à la NRC la responsabilité principale de la réglementation des aspects de sûreté nucléaire liés au choix du site, à la construction du stockage, à son exploitation et à sa



fermeture définitive. Elle est aussi chargée des procédures d'autorisation du MRS et de certification des conteneurs. Pour le stockage souterrain, la NRC devra se prononcer en trois ans, alors qu'elle n'a jamais attribué d'autorisation similaire, et que le processus a parfois pris sept ans pour des centrales.

### ***Normes de radioprotection***

L'EPA est chargée de la fixation de normes de protection de la santé et de l'environnement pour les stockages souterrains de HLW et de déchets transuraniques. La préparation de ces normes commença dès 1975 et en 1982 l'EPA publia une proposition. Les normes ont été édictées en 1985 (40 CFR 191: Code of Federal Regulation, titre 40, partie 191). Il s'agissait de normes basées sur les technologies réalisables à un coût raisonnable. Elles contenaient des limites pour le relâchement de radionucléides et une limite de dose de 0,25 mSv/an.

Cependant, cette norme a été annulée par une cour fédérale en 1987 parce que l'EPA ne parvenait pas à fournir d'explication suffisante au choix de périodes de temps différentes pour les deux types de normes: les relâchements de radionucléides dans l'environnement étaient limités pour 10 000 ans, les doses radiologiques pour 1 000 ans seulement.

En 1992, le WIPP Land Withdrawal Act, autorisant le retrait du domaine public des terres sur lesquelles le WIPP (Waste Isolation Pilot Plant) est construit, réinstaurait les standards de l'EPA de 1985, sauf deux sections spécifiques jugées défaillantes.

En 1992 également, l'Energy Policy Act chargeait l'EPA de recueillir l'avis de l'Académie des Sciences sur les normes à appliquer à Yucca Mountain. Une fois les recommandations faites, l'EPA aura un an pour édicter des normes conformes à cet avis, puis la NRC aura un an pour modifier sa réglementation (10 CFR 60) en intégrant les nouveaux standards.

Les principaux problèmes que l'Académie des Sciences doit étudier sont :

- faut-il une norme basée sur la santé (health-based) ou sur la meilleure technologie disponible (technology-based)?
  - faut-il une dose limite pour la protection de la population ou pour la protection des individus?
  - faut-il des normes fondamentales (taux de relâchement des radionucléides) ou des limites dérivées (dose radiologique)?
  - peut-on compter sur un contrôle institutionnel après la fermeture du dépôt pour prévenir les risques d'intrusion?
  - est-il possible de faire des prévisions scientifiques de l'évolution du stockage sur une période de 10.000 ans? Est-il possible de déterminer des probabilités d'occurrence de
- C'est en fait un ensemble de problèmes très débattus au niveau international.

En plus de cela, l'EPA devra également examiner et commenter l'étude d'impact sur l'environnement exigée pour l'octroi de l'autorisation de tous les gros projets de construction.

### ***Autorisation d'un stockage***

La réglementation des aspects de sûreté nucléaire d'un enfouissement géologique est contenue dans le code 10 CFR 60, édicté par la NRC. Ce code, qui devra adopter les normes EPA, impose une approche multi-barrières et des objectifs pour chaque barrière: l'ensemble du système doit respecter les standards EPA; la barrière ouvragée et les colis de déchets doivent



rester intègres pendant 300 à 1000 ans. Après cela, ils ne doivent pas fuir à un taux supérieur à 1/100 000 par an; enfin, le temps de voyage de l'eau souterraine jusqu'à la surface doit être supérieur à 1000 ans. Ce troisième critère a été très critiqué, car il ne tient pas compte de la géochimie et de la rétention des radionucléides par les roches. Ce code donne aussi un certain nombre de critères qualitatifs pour le choix du site et pour la conception du stockage.

Cette règle contient aussi les exigences procédurales pour l'obtention d'une autorisation. Ce sera en fait une autorisation en 4 étapes: construction, autorisation d'exploitation, autorisation de fermeture, autorisation d'abandon du site.

Le DOE va effectuer les études de caractérisation du site et de conception du stockage. Il déterminera si le site est acceptable et le proposera au Président. Après l'acceptation par le Président, il déposera une demande d'autorisation de construction auprès de la NRC (il devra aussi obtenir l'approbation de son étude d'impact par l'EPA). Le DOE aura la charge de la preuve: il devra démontrer que son stockage est conforme aux exigences de 10 CFR 60. Il faut noter que le code reconnaît que la preuve de la sûreté du stockage ne peut pas être absolue et qu'elle doit reposer sur une "assurance raisonnable".

En attendant, la NRC remplit ses obligations préalables à la demande d'autorisation. Elle doit ainsi effectuer des "pre-application reviews" pour identifier le plus tôt possible les problèmes qui pourraient se poser. Elle devra interagir avec le DOE, pour permettre à celui-ci de fournir une demande d'autorisation de très bonne qualité (et donc réussir à se prononcer en moins de trois ans). Elle effectue des audits d'assurance qualité, des revues techniques, .... Enfin, la NRC a créé un centre d'analyse réglementaire pour les déchets nucléaires à l'université de San-Antonio, pour s'assurer une compétence indépendante de celles utilisées par le DOE.

Conformément à la loi, elle doit aussi interagir avec les communautés concernées (Etats, comtés, tribus indiennes) par des accords sur la procédure, des réunions, des échanges techniques et des visites de sites.

Le DOE s'est fixé une réglementation (ou plutôt une méthodologie) pour la sélection du site (10 CFR 960). Il a mis au point un système informatique de classification, à valeur légale, des documents de caractérisation du site: le Licencing Support System.

La présence de trois organismes différents rend le processus compliqué. La légalité d'une norme semble plus difficile à assurer qu'en France, avec de nombreux procès intentés par des opposants. Certains Sénateurs se demandent si l'excès de règlements et leurs changements fréquents n'ont pas ralenti le projet. On peut aussi constater que la réglementation américaine est plus normative que les réglementations française ou canadienne.

### ***Pourquoi Yucca Mountain?***

Ce site a été choisi, parmi les trois derniers sites en examen, par le Congrès qui désirait réduire le coût du programme en le limitant à un seul site. Même si l'étude géologique était loin d'être terminée un certain nombre d'avantages plaident en faveur de Yucca Mountain

- il est dans un désert, quasiment inhabité et au climat très sec (12 cm de précipitation par an, qui ne pénètrent pas profondément); il n'y a pas d'écoulement d'eau vers l'extérieur de la zone (arésisme), pas de rivière dans la région ;
- la nappe phréatique est très profonde: le stockage sera situé à plus de 1000 pieds (300 m) au dessus de la nappe ;



- la géologie consiste en quatre couches importantes de tuf poreux et non-poreux, produit par l'activité volcanique il y a plus de 13 millions d'années.

Le travail de caractérisation s'intéressera particulièrement aux séismes et à l'activité volcanique; la modélisation des mouvements d'eau souterraine (en cas de variation climatique) va également être difficile. Il semble que ce ne soit pas un site facile à caractériser.

### ***Travaux en cours sur le site***

Actuellement le DOE a commencé les études de caractérisation du site. Plus de 2000 personnes travaillent sur le projet, dont plus de 800 chercheurs (mais très peu sur le site pour l'instant).

Jusqu'à présent, les tests ont lieu en surface (forage pour échantillons, tests en laboratoire sur les roches,..). La construction du laboratoire souterrain (ESF: Exploratory Studies Facility) va bientôt commencer: un tunnel d'accès de 60 m a été creusé et un tunnelier doit arriver sur le site en août 94 pour forer 5 miles de galeries où auront lieu les expériences. Le programme a été recentré sur les activités de caractérisation du site, pour identifier et résoudre le plus tôt possible les problèmes qui pourraient empêcher l'enfouissement des déchets à Yucca Mountain, ainsi que sur les travaux nécessaires à l'obtention de l'autorisation.

L'ESF descendra à peu près 300 m sous le sommet du site et traversera plusieurs failles. Elle permettra aussi d'accéder à la couche géologique inférieure (170 m plus profonde) à celle prévue pour le stockage.

Certaines méthodes d'assurance qualité sont déjà mises en oeuvre: en particulier, il y a sur le site un centre de gestion des échantillons, où ceux-ci sont préparés pour les analyses, répertoriés, photographiés, et entreposés sous clé. Cette assurance-qualité est indispensable pour éviter les litiges lors de la procédure d'autorisation.

Les travaux programmés dans les prochaines années vont nécessiter des fonds importants, à la fois pour Yucca Mountain et pour le programme d'entreposage provisoire. Le DOE souhaiterait donc une révision du mécanisme d'utilisation du Nuclear Waste Fund pour être assuré d'un financement continu pendant plusieurs années: il propose de définir un profil de dépenses de quelques années. Il désire l'attribution de \$532,2 millions en 1995 (année fiscale), un cumul de \$1,3 milliards d'ici 1999. L'ensemble du programme a déjà coûté plus de 4 milliards de dollars, dont 1,5 milliards pour le site de Yucca Mountain. Le coût total du stockage souterrain pourrait atteindre \$6 milliards.

La demande d'autorisation est prévue en 2001 et le début de l'exploitation en 2010. Le projet est en fait très en retard sur le planning prévu, notamment à cause de l'opposition de l'Etat du Nevada (voir plus loin). Le programme initial prévoyait le début de l'exploitation en 2003.

Enfin, en visitant le site, on peut noter l'importance de l'aspect environnemental: le DOE emploie beaucoup de biologistes qui étudient la faune et la flore; la surface qui peut être perturbée est limitée et si un terrain n'est plus utilisé il doit être remis dans son état initial. Le DOE conserve donc les terres déplacées (très rares dans ce désert) pour les remettre en place et étudie la façon de réinstaller le plus rapidement possible la végétation naturelle (sans irriguer). Il est amusant aussi d'apprendre que le permis d'exploration limite à 15 le nombre de tortues du désert qui peuvent être tuées accidentellement (pour l'instant une seule a été écrasée par un



camion).

### ***Les relations avec le public***

Le loi américaine (Nuclear Waste Policy Act) prévoit la participation des Etats, municipalités et tribus indiennes intéressées au développement et à la surveillance des activités de gestion des déchets. Le DOE doit donc organiser des séminaires, des réunions d'information et mettre à disposition du public des documents consacrés aux programmes, pour que celui-ci puisse exprimer son avis sur ces projets.

La division Program Relations est responsable de cette activité. Il ne s'agit pas simplement de relations publiques, c'est à dire de s'assurer que les gens sont informés des activités du DOE. La loi réclame un certain degré d'interaction du public. Cela passe par l'attribution de subventions aux communautés concernées pour leur permettre de contrôler les programmes, d'exprimer leur avis, de faire effectuer des expertises. Ces fonds permettent aux collectivités locales de dialoguer avec le DOE et la NRC, de faire leur commentaire au Congrès. Pour l'année fiscale 1993, l'Etat du Nevada a reçu \$5.5 millions et les communautés locales (Nye county et les neuf comtés adjacents) \$7.5 millions.

Le DOE doit également satisfaire les demandes d' "impact assistance", c'est à dire payer le coût des équipements collectifs (routes, écoles,...) nécessaires à l'arrivée de quelques milliers de travailleurs sur le site. Pour l'assistance d'impact, les communautés doivent produire un rapport argumentant leurs besoins, et le DOE décide alors de l'attribution de subventions. A peu près \$100 millions ont été déjà versés depuis 1982 sur les divers sites.

La loi prévoit enfin un "paiement égal à la taxe": le DOE faisant partie du gouvernement fédéral ne paie pas de taxe. Le manque à gagner des communautés locales est compensé par un paiement égal à la taxe que paierait une compagnie privée effectuant les mêmes travaux. Le DOE a déjà versé \$3 millions aux 9 comtés et doit de l'argent à l'Etat et à d'autres gouvernements locaux. Sur toute la durée du projet, les versements se monteront à plusieurs centaines de millions de dollars.

La division Program Relations organise beaucoup de réunions avec les différentes parties concernées, pour écouter les attentes du public et modifier le programme en fonction de ses préoccupations. Chaque année a lieu à Las Vegas une réunion de tous les groupes concernés. De plus, le Secrétaire à l'Energie va bientôt nommer un "Ombudsman", c'est à dire un médiateur indépendant.

### ***Acceptation du projet***

Le projet est très controversé depuis le départ, en particulier par l'Etat du Nevada. Cet Etat s'est senti injustement sélectionné ("unfairly singled out") car:

- il n'a pas de centrale nucléaire;
- il a peu de droits de vote au niveau national;
- il a déjà accueilli le Nevada Test Site (zone d'essai de bombes atomiques).

Il considère que le choix ne s'est pas fait sur des bases scientifiques, mais politiques. Sa position officielle est donc l'opposition. Cette opposition est devenue un argument électoral.

Les gouvernements locaux sont par contre plutôt favorables au projet: ils ne sont pas effrayés et veulent bénéficier de l'impact économique (quelques milliards de dollars d'investissements, quelques milliers d'emplois: 2700 dont 2000 au Nevada).

L'Etat du Nevada a attaqué en justice la décision de sélection du site mais a été débouté. Cependant, le début des travaux nécessitait l'attribution de certains permis (forages,...) de sa part. Le DOE a mis 2 à 3 ans pour les obtenir. Cela ne s'est fait que lorsque le Congrès a attribué une somme de \$5 millions par an au Nevada. Une somme de \$6 millions est actuellement bloquée et sera débloquée si l'Etat fait preuve de bonne volonté.

Les différentes réunions publiques sont souvent très émotionnelles. Par exemple, on accuse le projet d'être un complot communiste. Les Apaches Mescaleros (intéressés par un projet de stockage provisoire de combustibles usés) traduisent le mot "radioactivité" dans leur langue par "hard rock shooting ghost bullets". Les organisations anti-nucléaires sont très présentes dans les réunions. Selon nos interlocuteurs au DOE, elles espèrent arrêter l'énergie nucléaire en empêchant l'enfouissement des déchets. Le DOE considère qu'il doit dialoguer avec toutes les parties ("stakeholders"), même les opposants. La pire des choses est d'exclure quelqu'un qui veut être impliqué dans le processus.

### ***Entreposage temporaire***

Avec tous les retards pris par le projet de Yucca Mountain, l'enfouissement des SNF et HLW ne pourra pas commencer avant 2010. Or, la loi prévoyait que le DOE commencerait à prendre en charge les combustibles irradiés des centrales commerciales en 1998. Pour cela, deux solutions sont envisagées: le MRS (Monitored Retrievable Storage) et le MPC (Multipurpose canister).

La loi de 1987 mettait en place un négociateur, pour rechercher des sites de MRS, sur la base du volontariat. Mais, le négociateur a très peu progressé. Les indiens Mescaleros se sont bien récemment portés volontaires, mais ceux-ci veulent étudier la possibilité de le faire eux-même sans le DOE. De plus, aucune étude environnementale n'a été effectuée pour le moment. Enfin, la construction d'un MRS est liée à l'autorisation de construction du stockage souterrain.

En conséquence, le DOE ne sera pas prêt à recevoir les déchets en 1998. Le DOE est donc en négociation avec les compagnies d'électricité, pour trouver un accord de partage des surcoûts dus à l'allongement du stockage sur site.

En même temps, le DOE développe un système de conteneurs multi-usage (MPC: multi-purpose canister), qui pourrait faciliter le stockage intérimaire des combustibles irradiés. Ces conteneurs pourraient être utilisés pour l'entreposage, le transport et l'enfouissement avec éventuellement des sur-conteneurs adaptés, sans être rouverts. La gestion des combustibles serait donc simplifiée, avec une réduction de la production de déchets secondaires.

Ils devront donc être compatibles avec toutes les réglementations de la NRC sur l'entreposage, le transport et l'évacuation, et devront recevoir une certification. Selon le planning actuel, ils pourraient être prêts et certifiés avant 1998.

Enfin, le DOE doit préparer le plan d'acheminement des combustibles irradiés, en respectant les réglementations de la NRC et du DOT, et en collaboration avec les communautés et tribus indiennes concernées.



### ***Une évaluation technique indépendante: le Nuclear Waste Technical Review Board***

Établi par la loi de 1987, c'est un organisme similaire au Comité National d'Evaluation français prévu par la loi du 30 décembre 1991. Il est indépendant du DOE et rend compte directement au Congrès. Il est constitué de 11 scientifiques renommés, désignés par le Président sur recommandation de l'Académie des Sciences. Il contrôle et évalue le programme du DOE et remet deux rapports par an au Congrès.

Le Board a par exemple conseillé de ne pas creuser un puits vertical avec une seule chambre d'expérience, mais d'utiliser des tunneliers pour construire une grande installation de test souterraine. Il a également recommandé d'accorder plus d'importance aux barrières ouvragées, et pas seulement à la barrière géologique.

Récemment, il a répliqué à la demande du DOE de modifier le mécanisme de financement, en recommandant que celui-ci fasse en même temps une évaluation de son organisation, pour réduire fortement les frais généraux et mieux coordonner les nombreuses recherches en cours.

Nos interlocuteurs au Board nous ont fait remarquer la complexité du programme américain. Certains pensent que l'excès de réglementation, et ses changements fréquents, freinent l'évolution du projet. Ils ont également souligné le manque de confiance généralisé, entre l'industrie, l'Etat fédéral, les gouvernements locaux. En particulier, la confiance du public envers le DOE est très entamée, ce qui est un obstacle important. Le programme d'enfouissement reste très controversé.

### **4-1-3-Les sites militaires**

L'un des aspects les plus marquants aux Etats-Unis est l'assainissement des centres militaires ou "clean-up". La tâche est gigantesque: un budget de 4 à 6 milliards de dollars par an, de 150 milliards sur 30 ans, voire 300 selon certaines estimations. A Hanford, plus de 1100 installations sont à décontaminer ou à démanteler. Le programme de clean-up reçoit une grande attention de toutes parts et la crédibilité du DOE passe par sa capacité à décontaminer efficacement tous ses sites. L'ampleur de ce problème démontre l'intérêt qu'il y a à trouver rapidement des solutions définitives, et non pas provisoires, de traitement des déchets.

La mission d'assainissement des centres du DOE est de la responsabilité de l'Office of Environmental Restoration and Waste Management (DOE/EM). Ses composantes sont:

- le traitement et l'entreposage des déchets de haute activité;
- la gestion des déchets transuraniques, en particulier le développement d'un dépôt géologique, le WIPP;
- la gestion des LLW non-commerciaux (et de tous les déchets appelés greater-than-class-C, trop contaminés pour être dans des stockages de surface).

### ***Combustibles usés et déchets de haute activité***

En 1992, les Etats-Unis ont arrêté leurs dernières installations de retraitement à des fins militaires. Mais il reste encore des quantités de combustibles irradiés non retraités: 2635 tonnes d'uranium, principalement sur trois sites (Hanford, Savannah River, Idaho Lab). L'objectif du DOE est d'évacuer ces combustibles dans le premier dépôt géologique, et de développer une solution de stockage à sec en attendant. Une étude d'impact du plan de gestion est en cours et devrait être prête pour mai 1995 (en fait, un Court Order à la suite d'un procès intenté par l'Etat



de l'Idaho l'exige).

Il faut noter que ces combustibles sont pour l'instant stockés dans des piscines parfois dans de mauvaises conditions: à côté du réacteur K de Hanford, une piscine de stockage "provisoire" contient des éléments combustibles de plus de vingt ans, dont la moitié ont leur gainage percé, laissant échappé des matières radioactives. L'accumulation de boue atteint parfois plus de 30 cm: le bassin a fui deux fois, relâchant du tritium et d'autres radionucléides dans l'environnement; le niveau de contamination au tritium au voisinage est proche de la limite fixée pour l'eau potable.

De plus, toutes les solutions de fissions produites lors du retraitement sont encore entreposées dans des réservoirs en attente d'un traitement. Cela représente 102 millions de gallons (380 millions de litres), stockés dans 250 réservoirs, sur 4 sites (l'essentiel est à Hanford). Ces solutions ont été neutralisées et la plupart des radionucléides sont contenus dans des boues, précipitées au fond des réservoirs, les liquides étant beaucoup moins contaminés. Certains liquides ont été distillés, pour stocker les déchets sous forme cristallisée. Le DOE a décidé de vitrifier ces déchets. Une fois ces déchets vitrifiés, ils seront évacués avec les déchets commerciaux dans le premier stockage géologique.

Deux projets de vitrification sont très avancés: à West Valley et à Savannah River. A Savannah River, l'installation, d'une capacité de 103 kg/h (soit 4 fois une ligne de T3-La Hague), devrait démarrer en décembre 1995. Les déchets secondaires seront conditionnés dans du ciment. A West Valley, ancien site de retraitement commercial, l'installation devrait démarrer en 1996, pour une campagne de trois ans.

La partie principale, celle de Hanford, reste à traiter. Ce site contient 168 réservoirs, dont la plupart sont à double paroi, avec des systèmes de détection de fuite. Cependant, les plus anciens n'ont qu'une paroi simple et des fuites ont été détectées sur certains groupes de réservoirs. En tout, il y a 973 000 m<sup>3</sup>, pour une activité de 380 MCi. Un accord tripartite (Etat du Washington, communes autour de Hanford, DOE) prévoit de vitrifier ces déchets, mais cela n'aura pas lieu avant l'an 2000. Plusieurs projets de vitrification ont déjà été abandonnés. Un projet privé de vitrification utilisant le procédé du CEA a été proposé par la filiale américaine de COGEMA. Il est aussi prévu de vitrifier les déchets de faible activité, ce qui est une solution très coûteuse décidée apparemment pour des raisons politiques.

L'une des difficultés est la caractérisation du contenu des réservoirs. En effet, le centre de Hanford est ouvert depuis 1943, pour la production du plutonium des bombes atomiques. Trois procédés différents de retraitement ont été utilisés, et l'inventaire de ce qui était envoyé dans les réservoirs n'était pas tenu. De plus, les gaz de radiolyse posent des problèmes dans certains réservoirs, qui doivent être brassés et ventilés en permanence. Dans le célèbre réservoir 101SY, des gaz inflammables s'accumulent dans la boue et remontent brusquement en grosses bulles. Le budget de clean-up du site de Hanford est estimé à 33 milliards de dollars, dont 16 milliards pour les solutions de hautes activités.

#### ***WIPP: stockage géologique de déchets transuraniens***

Il s'agit d'un stockage géologique de déchets transuraniens militaires (principalement des déchets technologiques contaminés par des transuraniens), situé dans le désert du Nouveau-Mexique. Il est construit dans une formation de sel, à 660 m de profondeur. Il a une capacité de 176 000 m<sup>3</sup>, suffisante pour 25 années. Sa construction est terminée depuis 3 ans, mais son



exploitation n'est pas encore autorisée, même à titre expérimental. Il a déjà coûté 1,4 milliards de dollars.

Au départ du programme, dans les années 70, le WIPP devait servir pour tous les déchets, puis son utilisation a été réduite aux déchets transuraniens de moyenne activité. C'était une décision politique, prise à la suite de l'opposition de l'Etat du Nouveau-Mexique qui considérait qu'il avait déjà eu sa part d'activités nucléaires militaires.

Comme nous l'avons écrit plus haut, le WIPP est soumis aux standards de l'EPA pour le relâchement de radionucléides. Mais il est également soumis aux lois du Nouveau-Mexique sur les stockages de matières dangereuses.

En 1991, le WIPP était prêt à être exploité, mais un procès provoqué par l'Etat du Nouveau-Mexique, à propos de la façon dont les terres avaient été retirées du domaine public, a tout retardé. Le WIPP Land Withdrawal Act de 1992 a permis d'attribuer légalement ces terres et a défini le processus d'autorisation. Un nombre impressionnant d'institutions et d'organismes sont inclus dans ce processus. La demande d'autorisation à l'EPA devrait être envoyée en décembre 1996, après une série d'expériences complémentaires et une décision devrait être prise en 1998.

Pour l'instant, les déchets transuraniens produits après 1970 sont entreposés sur divers sites dans des fûts et seront envoyés au WIPP. Les déchets produits avant 1970 sont enterrés en vrac, et ne sont pas autorisés au WIPP. Leur reprise est un gros problème, et coûtera certainement très cher.

#### **4.1.4 Les déchets de faible activité**

La production annuelle de déchets de faible activité (LLW) est d'environ 90.000 m<sup>3</sup> pour une activité de 1,6 MCi (25.000 m<sup>3</sup> en France).

La gestion des LLW est de la responsabilité des Etats (LLW Policy Act de 1980 amendé en 1985). Un amendement de 1985 autorise les Etats à se réunir en "compact" pour construire un stockage commun. Les Etats peuvent réglementer eux-même les installations ou les soumettre à la NRC. Il y a actuellement 9 compacts et 8 Etats sont encore isolés. Les compacts peuvent refuser des déchets venant d'Etats non-membres, ou appliquer des tarifs différents.

La gestion des LLW a été attribuée aux Etats, car on espérait ainsi améliorer l'acceptation des installations et faciliter le processus. Mais les résultats ne sont pas très bons, l'opposition locale est encore très forte et les procès sont nombreux. Certains compacts ont dépensé beaucoup d'argent pour la recherche de sites sans aboutir (320 millions de dollars en tout, 85 millions pour l'Illinois). Quelques progrès ont été faits récemment et quatre Etats ont soumis des demandes d'autorisation (Texas, Californie, Nebraska, Caroline du Nord).

Pour l'instant, deux sites sont exploités: Richland (Washington) ouvert en 1965 et Barnwell (Caroline du Sud) ouvert en 1971. Quatre installations ont été fermées dans les années 70, à la suite de divers problèmes: effondrements ou inondations de tranchées, illégalités dans le transport ou manque de suivi du contenu des sites.

Nous avons visité le site de Richland, géré par une compagnie privée, US Ecology. Sa conception est plus sommaire que celle des centres français: il s'agit de tranchées creusées

dans le sol, où les déchets sont soigneusement empilés, puis recouverts de terre. Des poteaux indiquent le contenu de chaque tranchée. Ce site est situé dans une zone semi-désertique (15 cm de précipitation par an). Le contrôle de la nappe phréatique montre que l'eau n'est pratiquement pas contaminée: un peu de tritium, mais bien en dessous des concentrations définies dans les normes de potabilité.

#### **4.1.5 Les déchets très faiblement actifs: l'échec du Below Regulatory Control**

Les licences américaines pour les centrales nucléaires, prévoient en général les conditions de recyclage de certains matériaux faiblement contaminés.

En 1990, la NRC a instauré une réglementation pour dispenser de contrôle les déchets dont l'activité était inférieure à certains seuils, calculés à partir de limite de doses et de scénarios. Cette réglementation a rencontré une opposition sociale et politique très forte; certains Etats ont passé des réglementations plus sévères. Finalement, elle a été annulée par le Congrès. La NRC s'est apparemment heurtée à l'idée du public qu'il ne peut pas y avoir de limite inférieure à la radioactivité, qui reste dangereuse quel que soit son niveau.

Comme cela se fait de plus en plus en France, les deux principales compagnies s'occupant de déchets classiques ont fait équiper toutes leurs décharges de portiques de détection: elles ne veulent pas de déchets "radioactifs".

Actuellement, la NRC travaille à une réglementation beaucoup moins générale qui donnera des critères pour rendre à un usage sans restriction un site décontaminé. Les critères seront déterminés à partir de scénarios radiologiques, avec des doses permises considérées comme négligeables, selon le même principe que celui utilisé dans la directive européenne en préparation. Le développement de cette norme donne lieu à un processus de participation publique. La NRC travaillera ensuite à une réglementation similaire pour les déchets de démantèlement.

## **4.2 LE CANADA**

### **4.2.1 L'industrie nucléaire au Canada**

Au Canada, toute l'industrie nucléaire est basée sur la filière CANDU unique. Le réacteur nucléaire CANDU est alimenté en uranium naturel et modéré et refroidi par de l'eau lourde. Cette filière a été mise au point par Energie Atomique du Canada Limitée (EACL), société d'Etat. Le programme électronucléaire canadien se situe aux environs de la sixième place mondiale pour ce qui est de la production annuelle d'électricité (16% d'origine électronucléaire).

Vingt-deux réacteurs, représentant une puissance brute totale de près de 17000 MWe, sont en exploitation sur cinq sites: Pickering, Bruce, Darlington, Gentilly et Lepreau.

La centrale de Bruce, avec plus de 7000 MWe de puissance installée, est considérée comme la centrale la plus puissante du monde occidental. Les réacteurs CANDU ont en général une très bonne disponibilité: la centrale de Point-Lepreau est la plus performante au monde avec un taux d'utilisation de 91%.



#### **4.2.2 Types de déchets**

Hors les résidus de l'exploitation minière et du traitement de l'uranium, la pratique distingue deux catégories de déchets radioactifs:

- les déchets de combustible irradié, essentiellement celui des centrales nucléaires auquel s'ajoute des combustibles expérimentaux des réacteurs de recherche ou assimilés. A fin 1992, ces déchets représentaient un peu moins de 17000 tonnes (4000 m<sup>3</sup>-soit 350 m<sup>3</sup>/an).
- les déchets de faible et moyenne activité correspondant aux déchets d'exploitation des centrales nucléaires, aux déchets d'applications médicales et industrielles et aux déchets des laboratoires de recherche. A fin 1992, le volume cumulé de ce type de déchets était de l'ordre de 300000 m<sup>3</sup> (8600m<sup>3</sup>/an).

#### **4.2.3 Les acteurs et les responsabilités**

##### ***Les exploitants***

Au Canada, les exploitants de centrales nucléaires sont des sociétés provinciales. Ils sont au nombre de trois: Ontario-Hydro, Hydro-Québec et Energie Nouveau-Brunswick, Ontario-Hydro exploitant à lui seul près de 90% de la puissance électronucléaire canadienne. La gestion des déchets radioactifs est de la responsabilité de ceux qui les produisent.

##### ***Energie Atomique du Canada Limitée (EACL)***

C'est une société d'Etat créée en 1952 pour mettre au point les applications pacifiques de l'énergie nucléaire: ses activités principales sont consacrées à la filière CANDU, qu'elle a mise au point, la production de radio-isotopes et de l'appareillage d'irradiation.

Elle est formée de deux unités opérationnelles:

- la première, EACL CANDU, située à Mississauga en Ontario, est chargée du développement et de la commercialisation de la filière CANDU,
- la seconde, EACL Recherche, disposant de laboratoires à Chalk River en Ontario et à Whiteshell au Manitoba, effectue des travaux de recherche-développement de base pour l'industrie nucléaire, notamment en matière de traitement de déchets, de fabrication de radio-isotopes, d'appareillages d'irradiation et sur des réacteurs expérimentaux.

EACL emploie plus de 4000 personnes dont 3500 pour EACL Recherche.

##### ***Commission de Contrôle de l'Energie Atomique (CCEA)***

Cet organisme fédéral, créé en 1946 sous forme de société d'Etat, a la mission de s'assurer que l'utilisation de l'énergie nucléaire au Canada ne pose pas de risque indu pour la santé, la sécurité, la sécurité matérielle et l'environnement. Elle lui a été confiée par la Loi sur le Contrôle de l'énergie atomique de 1946. Cette mission reprend à la fois les problèmes de sûreté nucléaire et les problèmes de radioprotection.

La CCEA est globalement chargée de la réglementation de l'industrie nucléaire, de la délivrance des permis de construction et de fonctionnement d'installations nucléaires, de détention, stockage et utilisation de substances radioactives et des inspections des sites d'installations nucléaires.

La CCEA est dirigée par cinq commissaires choisis par le gouvernement fédéral. Le

président est le seul commissaire à temps plein. Les commissaires se réunissent environ huit fois par an pour décider des permis à délivrer et pour traiter des questions générales de politique et de gestion.

Les activités réglementaires de la CCEA se répartissent comme suit:

- une direction de la réglementation des réacteurs qui s'occupe des réacteurs de centrales, de recherche, des accélérateurs de particules et des installations de EACL;
- une direction de la réglementation du cycle du combustible et des matières nucléaires qui régit tout le cycle du combustible de la mine à l'usine de fabrication de combustible, ainsi que la gestion des déchets radioactifs, le transport de substances radioactives et la fabrication des isotopes;
- une direction de la recherche et des garanties administrant le programme annuel de 3 millions de dollars de recherche contractuelle à l'appui des fonctions réglementaires et qui évalue les dangers dus au rayonnement et les programmes de radioprotection.
- une direction de l'analyse et de l'évaluation qui examine et évalue les demandes de permis et qui établit les normes et des lignes directrices pour tous les aspects de radioprotection des activités réglementaires de CCEA;
- une direction de l'administration;
- un bureau du président et un secrétariat assurant la direction de l'organisation et appuyant le travail des commissaires et des deux comités consultatifs (sûreté nucléaire et radioprotection) du CCEA. C'est le bureau du président qui administre le programme d'information publique.

La CCEA emploie environ 400 personnes et son budget annuel est de l'ordre de 40 millions de \$ canadiens.

#### **4.2.4 Le cadre légal**

Toutes les installations nucléaires sont assujetties à la Loi sur le contrôle de l'énergie atomique de 1946. Cette Loi établit la CCEA et la charge de contrôler et superviser l'exploitation, les applications et les usages de l'énergie nucléaire dans l'intérêt national. La CCEA, organisme fédéral, est rattachée au ministère chargé des ressources naturelles; les ministères chargés de la santé et de l'environnement n'ont pas de compétences pour le nucléaire.

La CCEA s'acquitte de son mandat de trois façons:

- elle fixe les exigences réglementaires des installations nucléaires, y compris les installations de gestion des déchets. Dès qu'elle a approuvé un site proposé et les plans de construction et d'exploitation d'un projet d'installation, elle délivre d'abord un permis pour la construire, puis pour l'exploiter et finalement pour la déclasser et la fermer en fin de vie. Ces trois permis sont délivrés à condition que le titulaire de permis observe toute une série de mesures édictées par la CCEA visant à protéger la santé, la sécurité et l'environnement.
- elle établit des règlements et délivre des permis pour la détention, la vente et l'utilisation, quelle qu'elle soit, de substances radioactives, ainsi que de leur transport.
- elle administre un régime de surveillance et d'inspection.

La CCEA applique son régime global de permis et de conformité de concert avec d'autres ministères fédéraux et provinciaux dans des domaines comme la santé,



l'environnement, le transport et le travail.

Les documents de réglementation de la CCEA sont classés en trois catégories selon la rigueur avec laquelle ils sont appliqués:

- le premier niveau: les règlements.

Ce sont les outils qui permettent d'établir les interdictions, les droits, les obligations et les pouvoirs: ils ont force de loi. Parmi ceux-ci, peuvent être cités: le règlement d'application de la loi sur le contrôle de l'énergie atomique, le règlement sur l'emballage des substances radioactives destinées au transport,....

- le second niveau: les déclarations de principe.

Elles contiennent des exigences et des directives rigoureuses pour assurer la conformité des activités aux exigences réglementaires. Dans ce domaine, la CCEA peut permettre des variantes ou envisager d'autres moyens d'atteindre les objectifs. Parmi ces déclarations de principe peuvent être citées: le document R-104 relatif aux objectifs, exigences et lignes directrices réglementaires à long terme pour l'évacuation des déchets radioactifs, le document R-90 relatif au déclassement des installations nucléaires et le document R-85 relatif aux exigences préalables de radioprotection pour exempter certaines matières radioactives de permis après le transfert pour évacuation.

- le troisième niveau: les guides de réglementation.

Ils comprennent des conseils et lignes directrices sur différents aspects du processus de réglementation, comme la tenue de réunions publiques, la surveillance médicale des travailleurs.

Tous ces documents de réglementation sont établis selon le même principe:

- élaboration par la CCEA et avis du Comité consultatif compétent,
- consultation publique,
- consultation des industries concernées, des syndicats, des ministères concernés,....
- élaboration d'un document final.

S'il s'agit d'un projet de règlement, il doit être adopté par les commissaires puis approuvé par le cabinet des ministres avant d'être publié. Dans les autres cas, il est publié par la CCEA.

La façon de réglementer de la CCEA est simple: fixation d'objectifs, doses à respecter, et de critères généraux. Les doses admissibles pour les travailleurs et le public sont les mêmes qu'en France.

### ***La demande de permis***

Comme première étape obligatoire, le demandeur doit établir, dans un document que la CCEA doit approuver et que le public peut consulter, une description du site, de la conception, de la construction et de l'exploitation prévues de l'installation. Ce document doit également comprendre une évaluation des dangers possibles et indiquer les mesures qui seront prises pour empêcher ou minimiser les risques.

Le demandeur doit expliquer sa demande de permis à la population concernée par l'installation selon un programme structuré d'information publique. Ceci s'applique aux permis d'installations importantes dont la liste est fixée par la réglementation sur le contrôle de l'énergie atomique.

Une fois ces formalités remplies, y compris la tenue d'audiences publiques fédérales ou provinciales à propos des répercussions sur l'environnement, au besoin, la CCEA étudie les demandes de permis de construction et d'exploitation. Ces demandes doivent reprendre un plan

de déclassement de l'installation en fin de vie et fournir l'assurance financière de ce déclassement.

Les informations à fournir par le demandeur sont fixées par les textes en vigueur et peuvent être complétées à la demande de la CCEA pour évaluer la demande. Selon le type d'installation en cause, le demandeur devra observer les règlements spéciaux, les lignes directrices et les déclarations de principe édictés par la CCEA.

A chaque étape du processus de délivrance du permis, chaque aspect de la demande est soumis à l'évaluation critique de la CCEA et de ses spécialistes. Le public peut consulter ces évaluations et les demandes originales, et faire des remarques à la CCEA à leur sujet.

C'est la Commission de la CCEA qui délivre les permis après délibérations publiques. Les permis sont délivrés pour des durées limitées de un ou deux ans selon le type d'installations.

#### **4.2.5 La gestion des déchets de faible et moyenne activité**

Les déchets de faible et moyenne activité proviennent des applications médicales, industrielles et de recherche, ainsi que de l'exploitation normale des centrales électronucléaires.

##### ***La situation actuelle***

Toutes les compagnies d'électricité canadiennes qui exploitent des réacteurs nucléaires possèdent des installations d'entreposage de déchets de faible et moyenne activité sur leur site.

La société Ontario-Hydro, qui possède vingt des vingt-quatre réacteurs nucléaires canadiens, exploite sur le site de Bruce un centre de stockages de déchets de cette nature pour l'ensemble de ses sites: elle utilise une installation d'incinération, une installation de compactage et une installation d'évaporation pour réduire les volumes à stocker.

Les déchets liquides et pâteux peuvent être conditionnés en fûts ou conteneurs avec blocage béton ou résine des déchets. Certains liquides sont conditionnés dans des contenants à double paroi.

CEAL exploite à Chalk River le stockage de la plupart des déchets hospitaliers et industriels canadiens. Il existe cependant 16 autres installations pour traiter des déchets commerciaux régionaux très peu radioactifs.

Les stockages actuels sur les sites des centrales électronucléaire et des centres de recherche de EAEL sont considérés comme des stockages provisoires. Quatre techniques de stockage provisoire de base sont employées:

- des tranchées en béton armé, creusées dans le sol à faible profondeur,
- des puits verticaux à parois en béton avec remblai en béton,
- des casemates en béton à la surface du sol,
- des bâtiments de stockages.

Ontario-Hydro a un programme pour le stockage permanent, dès 2015, de ses déchets de faible et moyenne activité.

Un ouvrage souterrain anti-intrusion (projet IRUS) est en cours d'étude aux laboratoires



de EACL de Chalk River.

En pratique, les conditions d'élimination de chaque type de déchets radioactifs sont fonction d'une classification basée sur la période minimum d'isolement des déchets fixée par la CCEA:

- <250 ans: tranchées en béton ou assimilables,
- 250/500 ans: concept IRUS (cf ci-après),
- >500 ans: stockage souterrain dans la roche granitique.

### **Les évolutions: le projet IRUS**

Les scientifiques des laboratoires de EACL à Chalk River élaborent actuellement ce qui pourrait devenir la première installation canadienne de stockage permanent des déchets de faible et moyenne activité: ce projet est le projet IRUS.

Le concept de ce stockage permanent est celui d'enceintes souterraines en béton armé, séparées les unes des autres, et mesurant chacune 35 m de long, 20 m de large et 10 m de hauteur. Chaque enceinte pourra accueillir jusqu'à 3000 m<sup>3</sup> de déchets en balles, fûts et conteneurs.

L'objectif est d'isoler les déchets pendant au moins 500 ans. Pour répondre à cet objectif, trois critères ont été retenus au niveau du concept:

- protéger les déchets contre les infiltrations d'eau,
- supporter le poids des terrains de couverture,
- dissuader les intrus éventuels.

La mise en place des enceintes à trois ou quatre mètres sous la surface, au-dessus de la nappe aquifère mais en dessous du seuil de gel, réduira au minimum le contact avec l'eau et l'action destructrice du cycle du gel et de dégel. Si la géologie de surface ne se prête pas à un enfouissement souterrain, ces ouvrages pourraient être construits plus près de la surface et recouverts de terre.

Pour empêcher l'infiltration d'eau et soutenir les terrains de couverture, les enceintes seront construites avec des parois en béton armé de 65 cm d'épaisseur, et recouvertes d'un toit en béton armé de 1 m d'épaisseur. EACL collabore avec l'Institut de recherche en construction du Conseil National de Recherches pour élaborer un béton durable convenant à ces constructions.

Contrairement aux parois et au toit, le plancher, composé de matériaux granulaires mélangés à du sable, est perméable. Le mélange permettra une évacuation rapide, évitant le contact prolongé de l'eau avec les déchets. La plupart des radionucléides entraînés par l'eau lors de son passage dans l'enceinte devraient être retenus à la surface des matériaux granulaires (clinoptilolite et argile).

Le toit d'un mètre d'épaisseur et l'emplacement souterrain constituent les dispositifs anti-intrusion.

Ce projet IRUS est étudié avec l'objectif d'isoler les déchets de faible activité pendant une période d'au moins 500 ans.

Le coût des trois premières installations est évalué à 6 millions de dollars: les installations suivantes devraient être d'un coût moins élevé car bénéficiant d'une conception normalisée.

Le coût d'élimination des déchets dans une installation IRUS est estimé à 5000 dollars/m<sup>3</sup>, alors que le prix pratiqué aujourd'hui à Chalk River est de l'ordre de 850 dollars.

Ce projet IRUS a fait l'objet d'une demande de permis de construction de la EACL à la CCEA. Cette demande a été analysée et évaluée par des experts: il a été demandé à la EACL de compléter ce premier dossier pour une seconde évaluation.

Parallèlement à cette démarche, la EACL a présenté un plan d'information du public auprès de la CCEA.

Lorsque le permis de construire sera accordé par la Commission de la CCEA, une demande de permis d'exploiter devra être présentée par la EACL.

#### **4.2.6 Les déchets de combustible irradié**

Le combustible irradié des réacteurs CANDU est un matériau céramique scellé dans des tubes en alliage de zirconium résistant à la corrosion. Le Canada n'a pas retenu le principe du retraitement du combustible usé: il n'a trouvé aucun avantage significatif tant technique que financier à ce retraitement. De plus, il faut rappeler que le Canada est le premier producteur mondial et le premier exportateur mondial d'uranium: il n'a donc pas à priori de problèmes d'approvisionnement en matières premières pour la fabrication du combustible nucléaire.

Actuellement, les combustibles irradiés sont stockés en piscine au moins pendant dix ans: ils pourraient y demeurer indéfiniment pourvu que le titulaire du permis en assure la maintenance et la surveillance appropriées et qu'il respecte les conditions de son permis. Après cette période de refroidissement et de perte de 99% de la radioactivité, les combustibles usés peuvent être entreposés dans des silos de béton construits en surface et "agrés" par la CCEA. Ces deux méthodes sont provisoires car elles nécessitent une surveillance et une maintenance continues considérées comme peu responsables vis-à-vis des générations futures. Cependant, leur existence et leur fiabilité font qu'il n'y a pas urgence à mettre en place un dispositif de stockage définitif.

#### ***Historique***

Les inquiétudes au sujet de la capacité d'assurer un stockage soutenu à long terme ont conduit, en 1978, à la mise sur pied, par les gouvernements du Canada et de l'Ontario, d'un programme commun de mise au point de techniques de stockage permanent sûr des déchets de combustibles nucléaires au Canada.

Sur la base du rapport Hare, du nom d'un professeur à l'université de Toronto, rapport de 1977 et relatif à la gestion des déchets nucléaires au Canada, le principe d'un stockage profond dans la roche granitique du bouclier canadien est retenu dès 1978. Les recherches intensives sur le terrain commencent cette même année en vue d'étudier les éléments géophysiques, géotechniques, hydrogéologiques et géologiques de la roche granitique du bouclier canadien. Les recherches sur les formes de déchets, la mise au point des conteneurs pour le stockage définitif et la migration des radionucléides dans l'environnement démarrent simultanément. Toutes ces recherches sont confiées à CEAL, sauf celles sur les conteneurs



confiées à Ontario-Hydro.

En 1979, un Comité Technique Consultatif composé de scientifiques et d'ingénieurs indépendants représentant la communauté scientifique canadienne, est mis sur pied en vue de l'examen permanent du programme de recherches mené par EACL.

En 1980, il est décidé de construire un Laboratoire de Recherches Souterrain (LRS), près du lac du Bonnet dans le Manitoba, dans une grande formation de roche granitique: l'objectif est d'acquérir et d'améliorer les compétences nécessaires à la conception, la construction et l'exploitation d'un stockage définitif de combustibles irradiés.

En 1981, les gouvernements canadien et de l'Ontario annoncent un processus d'examen du concept d'évacuation des déchets de combustible nucléaire. Ce processus prévoit un examen par un organisme de réglementation et des audiences publiques sur ce concept avant que le choix éventuel d'un site d'évacuation ne commence.

La construction du LRS démarre en 1982. Cette même année, la première évaluation provisoire du concept d'évacuation des déchets est soumise aux groupes d'examen public, réglementaire et scientifique. Une deuxième évaluation est soumise aux groupes d'examen en 1986.

En 1988, le ministre chargé des ressources naturelles soumet le concept d'évacuation des déchets au ministre chargé de l'environnement pour examen par un Groupe d'Evaluation de l'Environnement dans le cadre du Processus d'Examen et d'Evaluation en matière d'Environnement (PEEE).

En 1989, le LRS est opérationnel: depuis cette époque de nombreuses expérimentations y ont été menées (plus de 1300 publications scientifiques et techniques) et ont permis d'affiner le concept de stockage définitif.

### ***Le concept d'évacuation***

Le concept canadien d'évacuation permanente du combustible irradié repose sur le confinement, à grande profondeur, dans la roche stable du bouclier canadien.

L'enceinte d'évacuation ressemblera à une mine profonde (500 à 1000 m).

Le combustible irradié, sous forme de céramique difficile à dissoudre, sera scellé à l'intérieur de conteneurs résistants à la corrosion. Les conteneurs seront placés dans des puits creusés dans le sol des chambres de stockage. Un réseau souterrain de galeries et de chambres de stockage d'une superficie d'environ 2 km x 2 km sera suffisant pour recevoir 191000 tonnes de combustibles irradiés. Sur la base de la puissance électronucléaire installée et prévue, une seule enceinte d'évacuation pourra recevoir tout le combustible utilisé produit au Canada au delà de l'an 2035. Une série de barrières ouvragées et naturelles, cinq au total, assurera l'isolement à long terme des matières radioactives.

Le seul mode concevable de "retour" à la surface et de contamination de l'environnement par ces déchets étant la dissolution et la migration par les eaux souterraines, le combustible irradié et les conteneurs doivent être insolubles et entourés de barrières qui bloqueront l'écoulement des eaux, retiendront et ralentiront ces matières radioactives qui

s'échapperont par la suite.

Les barrières ouvragées ou artificielles seront au nombre de quatre:

- le combustible usé non retraité, sous forme de pastilles de céramique scellées dans des tubes en alliage de zirconium,
- le conteneur en titane ou en cuivre: il est conçu pour résister au moins 500 ans à la corrosion. Entre les grappes de combustibles et les parois du conteneur, des perles de verre seront tassées pour assurer le support interne contre les pressions souterraines,
- le scellement d'étanchéité du puits, compacté autour des conteneurs de combustible irradié. Le mélange de scellement sera constitué d'argile et de sable
- le remblaiement des chambres et des galeries d'accès constitué par un mélange d'argile, de sable et de roche concassée.

La barrière naturelle est constituée par la roche hôte: toutes les fractures importantes de la roche réceptrice seront cimentées avec de l'argile et du ciment. Les puits et les trous de forage seront scellés de la même manière.

Toutes ces barrières sont testées en vraie grandeur au LRS du lac de Bonnet.

Plus de 600 personnes de EACL travaillent à temps plein sur ce programme.

La conception, la construction, l'exploitation, la fermeture et le déclassé d'une telle enceinte d'évacuation représenteraient un coût total d'environ 9 milliards de dollars, étalé sur environ 70 ans, pour une capacité prévue de 191000 tonnes de combustible irradié à éliminer. A fin 1995, les sommes engagées et cumulées pour ce programme s'élèveront à 2 milliards de dollars.

On estime que ce coût d'évacuation se chiffrera à moins de 1% du prix de l'électricité que paie le consommateur.

La phase de construction de l'installation, qui serait de 10 ans, emploierait environ 1100 personnes. La période d'exploitation durera de l'ordre de 40 ans et occupera près de 600 personnes à temps plein.

Ce concept de stockage est un concept avec irréversibilité et aucune surveillance particulière après le déclassé.

### ***Le processus d'examen du concept***

Le concept d'évacuation du combustible irradié a été soumis à un examen rigoureux à tous les stades de son développement. Il subit actuellement un dernier examen avant que des décisions soient prises quant à son acceptabilité.

Deux évaluations provisoires du concept ont été publiées et examinées (1982,1986); l'évaluation définitive sera soumise au public et aux organismes d'examen quand elle sera achevée.

Le Comité Technique Consultatif, institué en 1979, assure un examen permanent et indépendant du programme depuis son origine: un rapport public annuel est publié.



Dans le cadre du programme de gestion des déchets du combustible nucléaire, EACL a mené des sondages d'opinion et a organisé des discussions publiques avec des comités de défense d'intérêts particuliers et d'intérêts publics. Le public est aussi consulté au cours de la phase des audiences publiques du processus d'examen.

Le concept d'évacuation développé par EACL a été soumis au ministre fédéral de l'Environnement pour examen par la Commission d'évaluation environnementale dans le cadre du Processus d'Examen et d'Évaluation en matière d'Environnement (PEEE). Cette commission est aidée par un groupe d'examen scientifique.

Les gouvernements canadien et de l'Ontario décideront de l'acceptabilité du concept après avoir reçu le rapport de la commission.

Si ce concept est accepté, le processus de choix du site d'installation d'évacuation pourra être lancé: la durée prévue pour ce processus est estimée à 10 ans.

Le calendrier du processus d'examen du concept était initialement celui-ci:

- 1989-Formation de la Commission d'évaluation environnementale et définition de l'étendue de l'examen. Nomination du groupe d'examen scientifique.
- 1990-Etude d'impact environnemental rédigée par EACL.
- 1991-Etude d'impact environnementale rendue publique et soumise à l'examen.
- 1991-Examen technique du concept d'évacuation par le groupe d'examen scientifique. Rapport présenté à la Commission d'évaluation environnementale.
- 1992-Examen du concept d'évacuation et tenue des audiences publiques par la Commission d'évaluation environnementale. Rapport présenté au ministre de l'environnement et au ministre de l'énergie, des mines et ressources;
- 1993- Décision des gouvernements canadien et de l'Ontario sur l'acceptabilité du concept d'évacuation et sur les dispositions prochaines à prendre.

Ce phasage a pris plus de deux ans de retard: actuellement le concept n'a pas encore été totalement examiné par la Commission d'évaluation environnementale, par contre une consultation publique préalable démarrera bientôt (été 1994).

#### ***Le choix d'un site***

Le processus de choix d'un site de stockage définitif ne doit normalement démarré qu'après acceptation du concept d'évacuation par les gouvernements canadien et d'Ontario.

Ce processus est actuellement soumis à l'examen public.

A noter que le gouvernement fédéral n'a prévu aucune mesure financière d'accompagnement pour l'accueil du site.

#### **4.2.7 Les exemptions**

Le texte de réglementation R-85 fixe les exigences préalables de radioprotection pour exempter certaines substances radioactives de permis après le transfert pour évacuation. En effet, le règlement sur le contrôle de l'énergie atomique prévoit des situations où il n'est pas nécessaire d'avoir de permis pour évacuer des substances radioactives: cette possibilité d'exemption n'est pas ouverte aux déchets provenant de l'industrie électronucléaire.

Le critère d'exemption est une dose de rayonnement de minimis de 0,05 mSv/an pour tout membre du public. L'exemption est donnée au cas par cas.

Cette possibilité de l'exemption, difficile à mettre en oeuvre dès qu'il y a cumul "d'exemptions" intéressant une même population, est très peu utilisée: la CCEA délivre, au plus, une à deux exemptions par an.

La CCEA fait réaliser actuellement, par un consultant indépendant, une étude et un bilan de l'impact des exemptions accordées.

Pour les déchets de l'industrie électronucléaire, non retenus pour cette procédure d'exemption, des autorisations de remise dans le domaine public (=banalisation) peuvent être accordées au cas par cas par la CCEA. Cette "banalisation" peut être accordée si la dose induite par ces déchets sur la population est inférieure à 50  $\mu$ Sv/an.

Les recours à ce type d'autorisation spécifique de banalisation sont aussi très peu nombreux et ne concernent que certains types de déchets: matériels, huiles,....

#### **4.2.8 Le démantèlement**

Trois réacteurs, propriété de la EACL, sont aujourd'hui partiellement déclassés et démantelés au niveau 2 défini par l'AIEA: la période de surveillance avant démantèlement complet est prévue sur 30 ans.

Pour le démantèlement complet, il est envisagé un tri des déchets et la possibilité de "banaliser" les déchets très faiblement radioactifs. En pratique, rien n'est vraiment défini de manière précise pour le démantèlement total dont le premier n'interviendra que dans plusieurs années. Dans ce domaine, la préoccupation principale de la CCEA a été d'assurer le financement à terme du démantèlement et de la remise en état des sites: les exploitants d'installations nucléaires sont tenus de provisionner ces travaux futurs pendant la durée de l'exploitation de leurs installations. Le dossier de demande d'un permis d'exploiter doit contenir le plan conceptuel, technique et financier, du déclassement et du démantèlement.

La CCEA a cherché dans cette obligation à éviter de voir se multiplier les sites "orphelins" dont le coût de remise en état et de surveillance doit être supporté par le gouvernement fédéral.

#### **4.2.9 Le public et le nucléaire**

Comme dans beaucoup de pays occidentaux, l'opposition au nucléaire dans l'opinion publique semble maintenant se réduire à un noyau dur.

Pour les installations de traitement, de stockage et d'évacuation de déchets radioactifs, il n'y a pas d'opposition systématique des populations concernées. Par contre, Greenpeace est assez présent et "monopolise la parole" lorsque les débats sont ouverts au public.

Au travers de ce qui est présenté ci-dessus, on peut remarquer que la consultation du public et les audiences publiques tiennent une place très importante dans toutes les étapes des



processus de délivrance de permis et de décisions fondamentales gouvernementales (décisions sur les concepts). Cette présence et cette importance accordées à l'avis du public conduisent à ce que même les règlements, avant promulgation, fassent l'objet d'une consultation préalable publique.

### **4.3 LA SUÈDE**

#### **4-3-1-L'industrie nucléaire en Suède**

Il y a 12 centrales nucléaires en Suède:

- 9 BWR représentant une puissance brute totale de 7555 MWe
  - 3 PWR représentant une puissance brute totale de 2834 MWe
- réparties sur 4 sites: Barseback (2 BWR), Forsmark (3 BWR), Oskarshamn (3 BWR) et Ringhals (1 BWR + 3 PWR).

En 1992, elles ont produit 50% de l'électricité du pays.

En 1980, le parlement suédois a décidé, après un référendum, qu'aucun nouveau réacteur ne serait construit en Suède et que les réacteurs existants devaient être arrêtés au plus tard en 2010. Cependant, à ce jour, aucun échéancier précis d'arrêt des centrales nucléaires n'a été établi et aucune mesure n'a été prise pour prévoir leur remplacement.

#### **4.3.2 Types de déchets**

Dans l'usage, on distingue trois catégories de déchets radioactifs:

- les combustibles irradiés déchargés des centrales électronucléaires (haute activité-vie longue),
- les déchets d'exploitation des centrales électronucléaires (faible et moyenne activité-vie courte). Les déchets radioactifs issus d'activités médicales et industrielles sont généralement repris dans cette catégorie.
- les déchets de démantèlement des installations nucléaires (faible et moyenne activité-vie courte).

Environ 2500 m<sup>3</sup> de déchets d'exploitation et 250 tonnes de combustibles irradiés sont produits chaque année. En 2010, échéance prévue pour l'arrêt de toutes les centrales électronucléaires, le volume total de déchets produits sera de:

- 90000 m<sup>3</sup> de déchets d'exploitation,
- 8000 tonnes de combustibles usés,
- 110000 m<sup>3</sup> environ de déchets de démantèlement des installations nucléaires (faible et moyenne activité-vie courte)

Il convient de préciser que:

- un déchet est classé et traité comme déchet radioactif dès que son activité massique est supérieure à 300 Bq/g. Les déchets d'activité massique inférieure à ce seuil peuvent être enfouis sur le site de la centrale, avec une autorisation limitant l'activité totale des déchets enfouis,
- la distinction vie courte-vie longue se fait à un période de 50 ans.

### 4.3.3 Les acteurs et les responsabilités

#### ***Les exploitants***

La gestion et l'élimination des déchets radioactifs est de la responsabilité première des propriétaires-exploitants de centrales électronucléaires. Cette responsabilité englobe également le financement intégral des coûts de cette gestion, financement assuré grâce à un droit, de 2 öne/kwh (1,6 c/kwh), prélevé sur la production d'énergie d'origine nucléaire et versé dans un fonds national, sur un compte dédié.

Les quatre sociétés propriétaires-exploitants des centrales suédoises, trois d'entre elles étant des sociétés privées, ont créé une filiale commune, la société **SKB**, qui assume la responsabilité de la reprise, du transport et du stockage temporaire ou définitif de tous les déchets radioactifs qu'elles produisent. **SKB** conduit également les recherches et les développements relatifs à l'élimination des déchets radioactifs, y compris ceux provenant d'activités médicales et industrielles.

Le budget de **SKB** est de l'ordre de 550 millions de francs par an: il emploie directement environ 75 personnes et indirectement plus de 500 personnes (sous-traitants).

#### ***Les institutions et organismes publics***

Conformément à la loi de 1984 modifiée sur les activités nucléaires, le Ministère chargé de l'Industrie est responsable de la supervision générale des procédures d'autorisation des combustibles nucléaires et des installations nucléaires.

Cependant, l'organisme national compétent, en ce qui concerne la conduite de la procédure d'autorisation des installations nucléaires, est le service suédois d'inspection de l'énergie nucléaire, le **SKI**. Placé sous la tutelle du Ministre de l'Environnement, le **SKI** exerce des fonctions dans le domaine réglementaire et en matière de contrôle. Il a pour mission d'examiner et de donner un avis sur toutes les demandes d'autorisation, dans la limite des pouvoirs qui lui ont été délégués par le gouvernement. Le **SKI** est dirigé par un Conseil nommé par le gouvernement.

Le Président du Conseil est en même temps le Directeur général du **SKI**.

Le **SKI**, qui emploie environ 100 personnes, a un budget annuel voisin de 100 millions de francs, dont 50% pour le fonctionnement et 50% pour la R&D (sous-traitée). Il est essentiellement constitué de deux services opérationnels:

- le bureau de la réglementation chargé de l'examen et de la formulation des règles techniques de sûreté,
- le bureau des inspections chargé de faire respecter ces règles.

Trois Comités consultatifs sont rattachés au **SKI**:

- le Comité relatif à la sûreté des réacteurs,
- le Comité relatif aux garanties (vol, sabotage,...),
- le Comité relatif à la recherche.

L'organisme ayant en charge les problèmes de protection contre les rayonnements ionisants est l'Institut national de protection contre les rayonnements, le **SSI**. Cet organisme gouvernemental est placé sous la tutelle du Ministère de l'Environnement: il exerce des compétences en matière de délivrance d'autorisation, il effectue des contrôles par voie



d'inspection et de manière générale suit tout ce qui concerne la protection contre les rayonnements et les interventions d'urgence.

En pratique donc, le SKI et le SSI participent tous deux à la procédure d'autorisation et de surveillance, mais sur des plans différents:

- le SKI examine la sûreté technique des installations (conception, construction et exploitation) et établit les règles de sûreté,
- le SSI examine les effets de l'installation au point de vue de la radioprotection, des rejets d'effluents radioactifs et prépare les règles dans ce domaine.

En juillet 1992, le SKI a fusionné avec l'office national des combustibles nucléaires irradiés, le SKN, un organisme gouvernemental ayant une mission de contrôle dans le domaine nucléaire. Le SKI a repris les activités de SKN: évaluation et contrôle du programme de R&D de l'industrie nucléaire en matière de gestion et d'évacuation des combustibles usés, ainsi que de déclasserment et de démantèlement des centrales nucléaires. Il avait également pour tâche de gérer le système national de financement de la gestion des déchets nucléaires basé sur une taxe prélevée sur la production d'électricité "nucléaire" (environ 5% du coût de l'électricité).

Le SKI et le SSI sont chargés de l'information du public sur les questions nucléaires dans leur domaine respectif de responsabilité.

Il existe en outre un Comité consultatif pour le traitement des déchets nucléaires, le KASAM, qui rend compte au Ministère de l'Environnement et de l'Energie des progrès accomplis dans le domaine de la gestion des déchets nucléaires, y compris au niveau de la recherche et du développement. Ce comité est rattaché directement au Ministre de l'Environnement.

#### **4.3.4 Le cadre légal**

La procédure d'autorisation des installations nucléaires est, en Suède, régie en premier lieu par la loi de 1984 sur les activités nucléaires (KTL), modifiée en 1986, 1987 et 1992, et l'Ordonnance de 1984 complémentaire à cette loi. Ces textes remplacent la loi de 1956 sur l'Energie Atomique, la loi de 1977 relative à l'autorisation spéciale pour le chargement en combustibles des réacteurs nucléaires et la loi de 1980 relative à l'information du public en ce qui concerne la sécurité dans les centrales nucléaires. Les modifications apportées en 1987 à la loi de 1984 stipulent qu'il est interdit de délivrer des autorisations pour la construction de centrales nucléaires. Les modifications apportées en 1992 concernent la nécessité de produire une étude d'impact à l'appui de chaque demande d'ouverture d'une installation nucléaire: ce sont le SKI et le SSI qui détermine le détail des éléments qui doivent être repris dans ces études d'impact.

La loi de 1984 établit les conditions d'autorisation de certaines activités nucléaires, ce qui reprend la construction, la détention et l'exploitation des installations nucléaires, notamment des réacteurs, et des installations pour la récupération, la manipulation, le traitement, le stockage intérimaire ou définitif de substances ou de déchets radioactifs.

Les problèmes de protection contre les rayonnements sont régis par la Loi de 1988 sur la protection contre les rayonnements.



Il convient de noter que les installations nucléaires sont soumises à d'autres législations telles que:

- la loi de 1987 relative à la planification et à la construction,
  - la loi de 1987 sur la préservation des ressources naturelles (NRL), qui joue un rôle important dans le choix d'un site de stockage,
  - la loi de 1983 sur le régime des eaux,
  - la loi de 1977 sur l'environnement du travail,
  - la loi de 1969 sur la protection de l'environnement
- et sont astreintes, le cas échéant, à obtenir des autorisations particulières au titre de ces législations.

#### ***La procédure d'autorisation au titre de la Loi modifiée de 1984***

Conformément à la modification apportée en 1987 à la loi de 1984, il est interdit d'autoriser de nouveaux réacteurs. La procédure reste cependant applicable aux réacteurs existants en ce qui concerne les renouvellements d'autorisation et les changements importants dans les autorisations déjà accordées (augmentation de puissance). Les installations soumises à cette procédure définie par la loi modifiée de 1984 sont notamment celles relatives à la manipulation et au stockage des déchets radioactifs. La procédure de base peut subir des modifications importantes selon la nature des installations de traitement de déchets et du niveau de radioactivité des déchets.

A l'heure actuelle, les procédures d'autorisation d'installations de traitement de déchets sont les suivantes:

- l'autorisation de la gestion des déchets sur le site d'une centrale nucléaire, à l'exclusion de leur élimination définitive, est délivrée en même temps que l'autorisation de la centrale,
- l'évacuation dans le sol, en surface, de déchets très faiblement radioactifs à l'intérieur du site d'une centrale ou d'une installation de recherche nécessite une autorisation du SSI. Un rapport de sûreté et de radioprotection doit être présenté: le SKI et les autorités locales et régionales sont consultés.
- l'enfouissement dans le sol de déchets de faible et moyenne activité est soumis à autorisation gouvernementale conformément aux lois sus-mentionnées. Il en est de même pour le stockage intérimaire des éléments de combustibles irradiés.
- la procédure d'autorisation pour l'élimination définitive des combustibles irradiés se déroulera en plusieurs étapes, sur de nombreuses années et selon un schéma restant à définir par le SKI et le SSI, schéma qui sera traduit en directives gouvernementales.

La procédure générale d'autorisation des installations nucléaires comporte les grandes étapes suivantes:

- présentation de la demande au SKI et d'un rapport préliminaire de sûreté au SKI et au SSI, ceci au moins six mois avant la date prévue pour le début des travaux de construction.

- consultation des parties intéressées: la demande est transmise à un certain nombre d'organismes techniques nationaux et locaux tels que les offices nationaux de la protection de l'environnement, de la planification urbaine, de météorologie et d'hydrologie,....

La législation ne contient pas de dispositions spéciales relatives à la consultation du public et ne prévoit pas d'enquête publique au cours de la procédure. Par contre, le Conseil



provincial et le Conseil communal concernés sont saisis. Des réunions publiques d'information sont cependant souvent organisées à l'initiative des collectivités locales ou du SKI. De même, la demande d'autorisation ainsi que les commentaires et remarques des organismes consultés sont des documents publiés pouvant donner lieu à des commentaires par écrit de toutes personnes s'estimant concernées par le projet.

Conformément à la loi sur la préservation des ressources naturelles, le Conseil communal peut s'opposer à l'implantation d'une installation industrielle, sauf en ce qui concerne celles destinées à l'élimination finale des déchets lorsqu'il s'est avéré impossible de trouver un meilleur site: cette disposition n'a jamais été utilisée par le gouvernement. En effet, par définition, il n'existe pas de site idéal et par ailleurs le gouvernement ne tient pas à aller à l'encontre d'un refus ou d'un rejet des populations locales et de leurs représentants.

- délivrance de l'autorisation: c'est le gouvernement qui accorde l'autorisation portant approbation du site et couvrant également la construction puis l'entrée en service de l'installation, sous réserve des permis qui doivent être accordés, à chacun de ces stades, par le SKI et le SSI. Le gouvernement statue sur la base des rapports et des avis du SKI, du SSI, des organismes techniques nationaux et locaux et des Conseils de province et de commune.

- permis de construction: il est donné par le SKI sur la base d'un rapport du titulaire de l'autorisation démontrant sa capacité à respecter les prescriptions et les conditions de l'autorisation.

- permis d'exploitation: il est accordé par le SKI et après avis du SSI sur le dispositif de radioprotection.

Il convient de préciser que lorsque l'autorisation lui est accordée, le titulaire est tenu d'accorder au Comité local de sûreté, désigné par les autorités communales, un droit de regard sur les travaux de sûreté et de radioprotection menés dans l'installation en vue d'informer le public au sujet de ces travaux. Le titulaire doit fournir au Comité les documents disponibles et lui donner accès à l'installation. Une procédure d'appel est prévue contre les décisions du Comité.

#### 4.3.5 Le système actuel de gestion des déchets radioactifs

SKB est responsable de la gestion des déchets radioactifs en Suède: il assume cette responsabilité pour le compte des producteurs de déchets radioactifs dont il est une émanation.

La première particularité à signaler est que le combustible irradié n'est pas retraité. Il y a 25 ans environ ce retraitement était d'actualité et la Suède possédait même une unité de retraitement. Cette unité a été arrêtée et la Suède a passé un contrat de retraitement avec COGEMA, contrat qui est actuellement en "sommeil", seuls 60 tonnes environ ont été retraitées. En fait, certaines autorités suédoises et les exploitants considèrent que le retraitement, compte tenu de l'arrêt prévu du programme nucléaire, ne s'impose pas. De plus, le retraitement ne règle pas le problème du stockage définitif des déchets de haute activité et à vie longue.

Globalement, la gestion des déchets radioactifs s'articule ainsi:

- les transports sont essentiellement assurés par mer,
- les déchets d'exploitation des centrales nucléaires et les déchets des activités médicales et industrielles sont stockés au SFR situé près de la centrale nucléaire de

Forsmark,

- le combustible irradié est entreposé dans un stockage intérimaire, le CLAB, situé près de la centrale nucléaire de Oskarshamn.

### **Le conditionnement des déchets**

Le conditionnement des déchets de faible et moyenne activité stockés sur le site SFR fait l'objet d'un "agrément" préalable de la part de SKB.

SKB a défini des spécifications et des normes de qualité pour les conteneurs ainsi qu'une liste de critères d'acceptation des déchets conditionnés sur le site SFR.

Chaque conteneur a un "dossier" complet caractérisant les déchets qu'il contient. Des contrôles sont réalisés avant transport, sur le site de production des déchets ainsi qu'à l'arrivée sur le site de stockage.

Un système informatique commun exploitants-SFR permet d'assurer un suivi de tous les déchets produits et stockés.

### **Le SFR**

D'un coût de construction initial voisin de 600 millions de francs, il a été mis en service en 1988 pour le stockage définitif de déchets radioactifs de faible et moyenne radioactivité à vie courte (50 ans).

Cette installation, d'une capacité actuelle de 60000 m<sup>3</sup>, est construite au-dessous du niveau de la Baltique, à environ 60 m de profondeur dans la roche granitique. Ce site a été retenu pour deux raisons essentielles:

- l'absence de nappe d'eau souterraine,
- la barrière anti-intrusion constituée par la mer au dessus de la zone de stockage.

Deux tunnels d'accès de 1 Km relient la terre ferme à la zone de stockage. Le dépôt est constitué de quatre salles souterraines (10000 m<sup>3</sup> de capacité chacune) recevant essentiellement les déchets de faible activité, conditionnés dans des fûts métalliques ou des conteneurs en béton, et d'un silo en béton de 25000 m<sup>3</sup> destiné aux déchets de moyenne activité, conditionnés en conteneurs en béton. L'espace entre ce silo et le roc est rempli de bentonite.

La dose au contact maximale des colis de déchets radioactifs admis dans ce dépôt est de:

- 500 mSv/an pour les déchets de moyenne activité stockés dans le silo,
- 100 mSv/an pour les déchets de moyenne activité conditionnés en fûts métalliques et 10 mSv/an pour ceux conditionnés en conteneur béton,
- 2 mSv/an pour les déchets de faible activité stockés en salle.

L'activité totale autorisée pour ce site, dans sa configuration actuelle, est de  $10^{16}$  Bq, dont 90% pour le seul silo.

Il existe un projet d'extension (SFR 1) permettant de porter la capacité de ce dépôt à 90000 m<sup>3</sup>: cette extension nécessitera une nouvelle autorisation dont la procédure n'est pas encore lancée. L'extension à 200000 m<sup>3</sup>, dite projet SFR 2, permettra, à plus long terme, de recevoir les déchets de démantèlement des centrales.

Ce stockage, qui reçoit environ 6000 m<sup>3</sup>/an de déchets, emploie environ 20 personnes.



Le budget annuel de fonctionnement de cette installation est de l'ordre de 22 millions de francs.

Il a été conçu et il est exploité pour isoler les déchets qu'il reçoit pendant 500 ans. Une fois son exploitation achevée, les tunnels d'accès seront obturés avec du béton pour en interdire l'accès.

Aucune surveillance de l'installation n'est prévue après l'arrêt de son exploitation.

#### **Le CLAB**

L'installation CLAB, dont la construction a commencé en 1980 et qui est opérationnelle depuis 1985, est attenante à la centrale d'Oskarshamn.

Le combustible nucléaire irradié doit y être stocké temporairement pendant environ 40 ans avant d'être conditionné dans des conteneurs en vue de son stockage définitif dans un site restant à définir. Pendant cette période intérimaire, la radioactivité et la chaleur résiduelle diminueront de près de 90%, ce qui en facilitera la manipulation.

Cette installation comprend des superstructures au sol et un complexe de stockage souterrain, creusé dans le roc, à une profondeur de 70 m. Le combustible est manipulé et stocké sous l'eau, dans des piscines de 3000 m<sup>3</sup> pouvant recevoir chacune environ 1200 tonnes de combustibles usés. La capacité actuelle de stockage en piscine est de 5000 tonnes, l'installation recevant environ 300 tonnes/an de combustibles irradiés. Un projet d'extension existe afin que la totalité du combustible provenant des installations nucléaires suédoises jusqu'en 2010 puisse y être stocké.

L'intérêt de ce stockage intérimaire est de "donner du temps" pour trouver une solution de stockage définitif: il a été conçu, en termes de sûreté, pour une période de stockage provisoire d'au moins 100 ans.

Le coût initial de construction de ce stockage est voisin de 1300 millions de francs; son budget annuel de fonctionnement est de 60 millions de francs. L'installation emploie 75 personnes.

#### **4.3.6 Recherche, Développement et Démonstration**

SKB conduit des recherches sur le stockage des déchets radioactifs depuis le milieu de la décennie 70, en coopération avec des universités, des instituts technologiques et des experts indépendants.

SKB est tenu d'établir un programme triennal de R&D depuis 1986: ce programme est examiné par le SKI et éventuellement modifié et/ou complété avant décision d'acceptation par le gouvernement. Pour le stockage final des combustibles usés, les recherches ont démarré en 1977: des forages de reconnaissance géologique ont été réalisés un peu partout en Suède et ont notamment permis de sélectionner le site de Äspö pour un laboratoire de recherche souterrain.

Les aspects les plus importants des concepts de stockage définitifs ont été examinés tant sur le plan théorique que sur le plan expérimental. En effet, la Suède a participé au programme de l'AEN-OCDE, de 1980 à 1992, relatif à des recherches et des expérimentations

dans une ancienne mine de fer située à Stripa, à 200 Km environ à l'ouest de Stockholm. Les travaux (migration des radionucléides et circulation des eaux souterraines) ont été réalisés, en coopération avec d'autres pays adhérents de l'AEN, dans des roches granitiques et ont porté également sur l'utilisation de l'argile comme matériau de remblaiement des cavités et d'obturation des roches fissurées.

Comme beaucoup de pays, la Suède a participé et participe encore aux études sur les réacteurs naturels, et en particulier sur celui de Oklo au Gabon.

Aujourd'hui, la communauté scientifique suédoise est convaincue que le problème de l'élimination des déchets radioactifs peut être résolu dans des conditions ne présentant aucun risque pour l'homme. Les efforts sont maintenant concentrés sur:

- la compilation et l'exploitation de tous les résultats des recherches menées jusqu'à présent,
- les méthodes de démonstration pour l'architecture et la localisation d'un stockage profond pour les combustibles usés.

Le grand principe adopté pour le stockage définitif est celui des multiples barrières naturelles ou artificielles: la sûreté "proportionnelle" au nombre de barrières.

La solution retenue est l'encapsulage des déchets (barrières artificielles) et leur stockage à environ 500 m sous terre, dans des roches cristallines (barrières naturelles). Construire le stockage définitif n'est en soi pas difficile: la difficulté réside dans la vérification et la démonstration de "l'isolement" des déchets sur une période d'au moins 100000 ans.

Les travaux de SKB dans ce domaine s'articulent autour de trois axes fondamentaux:

- la mise au point de conteneurs pour le stockage définitif des combustibles usés,
- les tests et expérimentations dans un laboratoire souterrain permettant d'évaluer le concept du stockage géologique profond pour les combustibles usés,
- la recherche d'un site de stockage profond.

A noter que le programme R&D de SKB portant sur la période 1992/1995, a repris, à la demande du gouvernement, la recherche de solutions alternatives au stockage profond des combustibles usés et notamment la séparation-transmutation pour les éléments à vie longue: ceci signifie que le retraitement pourrait être une nouvelle fois à l'ordre du jour, au moins pour les autorités gouvernementales. Mais la réticence des exploitants et de SKB sur ce thème du retraitement est si forte qu'il ne semble pas que cette voie de la séparation-transmutation ait été beaucoup étudiée jusqu'à présent.

### ***Le conteneur***

SKB a défini et a mis au point un conteneur pour conditionner les combustibles irradiés après "épuisement" dans le stockage intermédiaire du CLAB.

Ce conteneur est en fait constitué d'une double enveloppe d'acier (enveloppe intérieure) et de cuivre (enveloppe extérieure): ce conteneur n'est pas encore "agréé" par le SKI, la démonstration de sûreté restant à faire.

Ce conteneur doit assurer un confinement d'au moins 1000 ans des déchets qu'il contient: la dose au contact maximale doit être de moins de 0,1 mSv/an.



Une unité d'encapsulation des combustibles usés devrait être construite sur le site du CLAB. La construction de cette unité devrait démarrer à la fin des années 90 pour être opérationnelle en 2005. L'autorisation pour cette unité est en cours d'instruction par les services compétents.

### ***Le laboratoire souterrain de Äspö***

Le laboratoire souterrain de Äspö (Äspö Hard Rock Laboratory), situé à proximité de la centrale nucléaire de Oskarshamn, est en cours de construction. Il consiste en un tunnel de 4 Km de longueur descendant à une profondeur de 460 m. Commencée en 1986, sa construction devrait être achevée fin 1995: le coût total de cette installation sera d'environ 400 millions de francs.

Les objectifs de ce laboratoire sont de:

- tester la qualité et l'adaptation des différentes méthodes de caractérisation de la roche hôte,
- affiner et démontrer les méthodes pour adapter le stockage final aux propriétés locales de la roche hôte,
- collecter des données pour la sûreté, la sécurité et l'exploitation du dépôt final,
- pouvoir mener des essais et des expériences scientifiques en "grandeur réelle" qui seront la base de l'évaluation du concept de stockage profond.

Les études réalisées devront également apporter une réponse à la question, encore très ouverte, de la réversibilité du stockage.

Les recherches et études sur les mouvements des eaux souterraines, hors et dans les fracturations, et sur la migration des radionucléides se dérouleront sur la période 1993-1998. L'ensemble des expérimentations devrait être achevé en 2001.

Six pays travaillent en collaboration avec la Suède sur ce site et sur un projet commun de recherche.

Il faut enfin préciser que ce site ne pourra pas être le site du stockage final car très fracturé et à circulation importante d'eau souterraine.

### ***La recherche d'un site de stockage profond***

La recherche d'un site pour le stockage profond des combustibles irradiés est en cours depuis 1990. Cette recherche est menée en plusieurs étapes:

- 1) 1993/1994: c'est l'étape à la fois des pré-études générales permettant de sélectionner des sites répondant aux critères géologiques pour le stockage définitif et de "l'appel à candidatures" auprès des collectivités pour accueillir une telle installation. A ce jour, deux communautés se sont portées candidates pour recevoir ce stockage.
- 2) 1995/2000: deux candidatures émanant de collectivités seront sélectionnées et des investigations seront réalisées sur les sites pour déterminer lequel sera effectivement retenu. Les données recueillies lors de ces investigations seront transmises aux collectivités candidates, aux autorités et au gouvernement à qui appartient la décision finale.
- 3) 2000/2005: cette étape est celle de la caractérisation du site retenu à partir de travaux de surface, de forages et du creusement d'un tunnel ou d'un puits jusqu'à la profondeur prévue pour la zone de dépôt. Les données collectées pendant cette période

permettront aux autorités et au gouvernement de statuer et de délivrer le "permis de site".

4) 2005/2010: la construction du stockage est réalisée sur cette période ainsi que la démonstration de la faisabilité effective de ce stockage.

Pour la phase de démonstration, des combustibles irradiés pourront être utilisés.

5) 2010/.....: Le dépôt est opérationnel. En fait, il ne pourra être exploité pleinement qu'après une évaluation et un complément d'autorisation prenant en compte l'ensemble des résultats de la démonstration.

En termes réglementaires, les deux premières étapes sont soumises à la législation sur les ressources naturelles et les suivantes à celle des activités nucléaires.

En pratique, ce stockage final ne fera l'objet que d'une seule décision gouvernementale, et non du parlement, mais chaque étape: caractérisation, construction, prédémarrage et exploitation, sera soumise à l'autorisation préalable de SKI. Cela pourrait encore changer après les prochaines élections: la décision de réaliser une évaluation intermédiaire n'est pas exclue aujourd'hui par SKI

Toute cette procédure de recherche et de désignation d'un site de stockage final s'accompagne d'un programme très lourd d'information du public, programme qui mobilise plus de dix personnes en permanence au sein de SKB.

Le principe du stockage qui prévaut jusqu'à présent consiste à encapsuler le combustible usé et stocker ces conteneurs dans des puits: l'espace entre les conteneurs et les parois du puits sera rempli avec de l'argile. Cette argile jouera un double rôle: barrière d'étanchéité aux eaux souterraines et absorption des mouvements éventuels de la roche hôte.

Il faut préciser qu'aucune mesure financière d'accompagnement à destination des collectivités candidates et de la collectivité finalement retenue pour le stockage, n'est envisagée tant par SKB que par les autorités.

#### **4.3.7 Le problème du démantèlement des installations nucléaires**

Le problème du démantèlement des installations nucléaires reste entier et ne semble pas être la préoccupation essentielle actuelle tant de SKB que des autorités.

SKB travaille pourtant sur ce sujet car il doit remettre en 1996 un premier rapport et des propositions au SSI sur le déclassement et la démantèlement des installations nucléaires. La démonstration de la sûreté et celle de la gestion des déchets restent à faire.

Il faut noter qu'il existe des dispositions pour le recyclage de "déchets nucléaires", tels que les ferrailles et les métaux non-ferreux, qui seront applicables aux déchets de démantèlement. Il n'est prévu que la production de 110000 m<sup>3</sup> de "déchets" pour le démantèlement des 12 réacteurs existants, le reste étant banalisé ou recyclé.

#### **4.3.8 Les relations avec le public**

La législation sur les installations nucléaires ne prévoit pas d'enquête publique pour les autorisations d'installations nucléaires: l'information et la consultation du public sont laissées à



l'initiative des autorités locales, des institutions de contrôle et des exploitants.

Cependant, sur ce thème du nucléaire, la présence et la pression du public sont fortes, ou du moins ont été fortes, puisqu'elles ont conduit à la décision de l'arrêt des centrales nucléaires au plus tard en 2010.

Les Comités locaux de sûreté, créés sur chaque site nucléaire et dont les membres sont désignés par les autorités communales, ont des pouvoirs d'investigation importants, avec accès permanent aux installations et droit de regard sur les travaux de sûreté et de radioprotection réalisés dans ces installations.

Depuis le milieu de la décennie 80, les exploitants de centrales électronucléaires et SKB ont développé une politique de communication et d'information très impressionnante par les moyens mis en oeuvre. A titre d'exemple, on peut citer le site de stockage SFR qui reçoit près de 25000 visiteurs par an depuis 1989.

De plus, il semble totalement exclu aujourd'hui de sélectionner un site pour une installation nucléaire uniquement sur des critères techniques et scientifiques. La base de la sélection est le "volontariat", la candidature libre d'une collectivité: ce sera certainement aussi le critère primordial de choix d'un site.

Avec les difficultés économiques, la pression du public et des collectivités semble s'atténuer: les "anti-nucléaire" se réduisent peu à peu à un noyau dur. Il convient d'ailleurs de signaler que les deux communes qui se sont portées candidates pour accueillir le stockage définitif des combustibles usés connaissent des taux de chômage supérieurs à 20%.

La gestion des déchets et l'absence de stockage définitif pour les combustibles usés sont aujourd'hui les meilleurs arguments des anti-nucléaire: ces deux thèmes constituent l'enjeu stratégique majeur du nucléaire.

## **4.4 L'ALLEMAGNE**

### **4.4.1 Généralités - Politique de gestion**

#### ***L'énergie nucléaire en Allemagne***

A la fin de 1992, il y avait 20 tranches nucléaires en activité, sur 18 sites différents, pour une puissance totale de 22.500 MW. La production d'électricité nucléaire représentait environ 34% du total. Dans les Länder de l'Est, les centrales ont été arrêtées (2 unités). La dernière mise en service date de 1985, et aucune nouvelle unité n'est en construction.

L'avenir de l'électronucléaire en Allemagne n'est pas certain. Les Verts et le SPD (Sociaux-Démocrates), qui pourrait arriver au pouvoir cette année, y sont opposés. Le SPD ne souhaite pas forcément arrêter les centrales en exploitation, mais au moins empêcher la construction de toute nouvelle tranche. Le problème des déchets nucléaires est un des arguments importants des opposants.

#### ***Cadre légal et réglementaire***

L'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire, et en particulier la gestion des déchets, est

régie par la **Loi Atomique de 1976** (Atomgesetz). Il est prévu que tous les déchets nucléaires soient enfouis dans des structures géologiques profondes. La loi prévoit la procédure d'autorisation pour un site de stockage, dans laquelle la consultation du public a une grande importance.

Les aspects radiologiques sont réglementés par une **Ordonnance de Radioprotection de 1989** (Strahlenschutzverordnung).

### ***Stratégie de gestion***

Depuis les années 60, il est prévu que tous les déchets doivent être enfouis dans des structures géologiques profondes, quel que soit leur type (vie courte ou longue, haute ou faible activité,...). On a alors entrepris d'examiner le choix de formations rocheuses et on s'est prononcé en faveur des dômes de sel, très nombreux dans le nord du pays.

Comme tous les déchets doivent être évacués en profondeur, on n'utilise pas une classification en fonction de l'activité et de la durée de vie, mais on distingue simplement les déchets qui produisent une faible quantité de chaleur et les déchets exothermiques.

En fait, les caractéristiques des déchets varient considérablement, et seule une analyse de sûreté propre à chaque site susceptible de servir dépôt permet de satisfaire aux critères d'acceptation.

### ***Politique pour le combustible irradié (CI)***

La loi atomique stipule que les combustibles usés doivent être retraités et les matières fissiles réutilisées. L'Allemagne utilise donc depuis longtemps des combustibles Mox. En 1979, le gouvernement fédéral et les Länder ont réclamé la construction d'une usine de retraitement, mais les électriciens y ont renoncé en 1989, devant l'opposition très forte du public et des écologistes. Les combustibles irradiés sont actuellement retraités par COGEMA ou BNFL.

Cependant, le stockage direct (SD) a été étudié très sérieusement depuis 1985, par le Ministère Fédéral de la Recherche et de la Technologie (BMFT), et le retraitement est actuellement remis en cause, pour des raisons économiques principalement. Selon un rapport récent de la cours des comptes de Karlsruhe, il reviendrait deux fois plus cher que le stockage direct. Celui-ci devrait être permis après une révision de la loi atomique. Le développement du stockage direct a pour l'instant été entièrement financé par l'Etat. Une usine pilote de conditionnement des CI est en cours de construction à Gorleben.

De plus, un tribunal a retiré en 1993 des autorisations partielles de construction de la nouvelle usine Mox de Siemens, qui doit servir au recyclage du plutonium produit en France et en Angleterre.

### ***Responsabilités et organisation***

La loi atomique confie la responsabilité du stockage à long terme et de l'élimination des déchets radioactifs au gouvernement fédéral. Cette mission a d'abord été attribuée au Physikalische-Technische Bundesanstalt (PTB), puis transférée au Bundesamt für Strahlenschutz (BfS, Office Fédéral de Radioprotection) nouvellement créé. Le Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU: Ministère Fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sûreté des réacteurs) est l'autorité de tutelle de BfS.



BfS sous-traite la construction et l'exploitation des stockages à la Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), mais reste responsable de la demande d'autorisation.

Le Ministère Fédéral de la Recherche et de la Technologie (BMFT) est responsable de la recherche et du développement dans les techniques de gestion de déchets radioactifs, en particulier dans la mine de sel de Asse, gérée par une société privée (GSF: Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung) pour son compte.

Les Länder sont compétents pour accorder les autorisations de construction et d'exploitation de toutes les installations nucléaires, y compris d'un stockage profond, mais à l'exception des entreposages intermédiaires de combustibles usés. Ils doivent cependant agir selon les directives fédérales et sous le contrôle du BMU. Ce contrôle a pour objet de veiller au respect de la légalité et à l'efficacité des dispositions d'application de la loi atomique.

Toutes les autres étapes de la gestion des déchets sont de la responsabilité des producteurs (entreposage, retraitement, conditionnement, transport,...).

Les Länder doivent disposer de centres de collecte pour les petits utilisateurs (industrie, médecine et recherche).

### **Sites et programmes**

Actuellement, trois sites d'évacuation sont envisagés:

- l'ancienne mine de fer de Konrad, près de Brunswick en Basse-Saxe, en cours d'autorisation, recevrait des déchets non générateurs de chaleur;
- le dôme de sel de Gorleben, en Basse-Saxe, en cours d'investigation, recevrait tous les types de déchets, en particulier les déchets vitrifiés ou des combustibles irradiés;
- l'ancienne mine de sel de Morsleben, en Saxe-Anhalt dans l'ex-RDA, servait de stockage définitif aux déchets de faible ou moyenne activité, avec une très faible concentration en émetteur alpha ( $< 40 \text{ MBq/m}^3$ )

Une ancienne mine de sel à Asse en Basse-Saxe est utilisée depuis 1965 pour l'exécution d'un programme intensif de recherche. Des déchets de faible et moyenne activité y ont été évacués jusqu'en 1978.

Si la mine de Konrad reçoit son autorisation l'année prochaine, le stockage pourrait être opérationnel en 1997 ou 1998. Le stockage de Gorleben pourrait être près en 2008. L'exploitation du dépôt de Morsleben a été arrêtée par un tribunal à la suite de la réunification, puis reprise en janvier 94; elle doit durer jusqu'en 2000 pour une quantité de déchets de 40.000 m<sup>3</sup>. Une nouvelle étude de sûreté pourrait alors avoir lieu pour prolonger l'exploitation.

### **Financement**

Les coûts doivent être supportés par les producteurs de déchets. Les travaux sont financés par l'Etat fédéral et remboursés annuellement par les producteurs de déchets, selon une clé de répartition basée sur leur production prévisionnelle.

La recherche de base (à Asse notamment) est financée par l'Etat et représente environ 100 millions de DM par an.

### **Quantités de déchets**

Jusqu'en 1978, presque tous les déchets de faible et moyenne activité ont été évacués à Asse.

A la fin de 1992, la quantité de déchets non conditionnés produite était de 27800 m<sup>3</sup> et la quantité de déchets conditionnés non exothermiques s'élevait à 58400 m<sup>3</sup>. En l'an 2000, cette quantité devrait atteindre 188000 m<sup>3</sup>, et 270000 m<sup>3</sup> en 2010, en supposant un status quo du parc de centrales. Les déchets exothermiques représentaient 610 m<sup>3</sup> fin 1992, et devraient atteindre 5000 m<sup>3</sup> en 2010.

Les volumes des déchets produits ont été fortement réduits en quelques années, depuis que les générateurs doivent financer les travaux concernant les stockages.

### **Entreposage**

L'entreposage provisoire de déchets a lieu dans une cinquantaine de sites: sur les sites de centrales (dans l'enceinte ou à l'extérieur), dans des entreposages centralisés (Gorleben et Mitterteich pour les déchets non exothermiques), dans les centres de collectes des Länder, dans les centres de recherche (Karlsruhe en particulier).

Ces capacités d'entreposage sont remplies à 43%. La capacité disponible en piscine pour le combustible irradié était de 3150 tonnes fin 1993, pour une production annuelle de 530 tonnes (source: Chronique d'Allemagne).

Deux centres d'entreposage provisoire de combustible irradié ont été construits à Gorleben et Ahaus, d'une capacité de 1.500 tonnes chacun, soit 3 ans de production des centrales allemandes. Le centre de Gorleben est prêt à fonctionner mais n'a pas encore reçu son autorisation. Il est prévu d'ailleurs de demander une autorisation pour 4.200 tonnes, sans modifier l'installation.

La conception du centre de Gorleben est très simple (si on la compare au CLAB en Suède): il s'agit dans un grand hall, où les combustibles irradiés seront stockés dans leur château de transport (Castor). La ventilation a été optimisée de manière à évacuer la chaleur par convection naturelle. La pression et la température des châteaux sont surveillées en permanence. La construction a coûté 80 millions de DM, et un conteneur Castor coûte 1,5 millions DM.

Les autorisations de construction et d'exploitation des centrales nucléaires sont liées à la preuve que les combustibles irradiés peuvent être gérés sûrement pendant au moins 6 ans, ce qui rendait ces entreposages nécessaires.

En Allemagne de l'Est, la capacité d'entreposage de combustible irradié dans l'enceinte des réacteurs est de 485 tML, pour un taux de remplissage de 65%. N'étant pas parvenus à un accord avec les Russes pour le transport du combustible irradié, les Allemands ont l'intention de construire un centre de stockage intermédiaire à Greifswald.

#### **4.4.3 Les projets de stockages géologiques**

##### **Cadre réglementaire**

Les stockages profonds sont soumis à quatre règlements:

- la loi atomique de 1976;



- l'ordonnance de radioprotection de 1989;
- la loi minière fédérale;
- les critères de sûreté pour le stockage final des déchets radioactifs dans des mines (Sicherheitskriterium für die Endlagerung Radioaktive Abfälle), publiés en 1983.

La loi atomique et l'ordonnance de radioprotection fixent les objectifs de sûreté. En particulier, la limite de dose résultant de la migration des radionucléides est fixée à 0.3 mSv/an pour un individu de la population critique.

Les mesures de sûreté nécessaires aux stockages définitifs sont développées dans un document publié en 1983. Chaque site de stockage doit faire l'objet d'une étude de sûreté spécifique, prenant en compte la géologie, la conception technique du laboratoire, son mode d'exploitation, les types de déchets qui y seront placés et la quantité. L'accent est mis sur l'utilisation de barrières multiples.

Les différents stockages profonds ne sont pas conçus pour être réversibles.

### ***Procédures d'autorisation ou "approbation des plans"***

La loi atomique prévoit un processus spécifique d'autorisation pour les dépôts souterrains: la procédure "d'approbation de plan", qui regroupe en un document toutes les diverses autorisations (sauf celles concernant la loi minière). L'objectif est de procéder à une évaluation complète du projet sur la région d'accueil. Toutes les autorités concernées par un aspect de l'autorisation participent à cette procédure, dont l'une des étapes importante est une consultation publique: les plans du projet sont mis à la disposition du public et tout le monde peut adresser des remarques. BfS répondra à toutes ces remarques au cours de réunions publiques. Il s'agit d'une autorisation en une seule étape: la construction et l'exploitation sont autorisées en même temps, contrairement à ce qui se fait aux Etats-Unis.

### ***Recherche***

Un programme important de recherche a été entrepris dès 1965 dans l'ancienne mine de sel d'Asse. Des tests de dépôts de déchets y ont été menés à l'échelle industrielle jusqu'en 1978: 124000 colis de déchets de faible activité et 1300 de déchets de moyenne activité y ont été déposés.

Actuellement, la recherche se concentre sur les techniques et les données nécessaires au développement du stockage de déchets vitrifiés et de combustibles irradiés. On y teste par exemple le transport et la manutention de colis, le dépôt dans des puits verticaux, à l'aide de bloc témoins contenant du césium 137 ou du strontium 90. Le comportement thermomécanique des roches y est particulièrement étudié.

### ***Konrad***

L'ancienne mine de fer de Konrad est destinée à recevoir les déchets non exothermiques, pour une activité totale de  $5 \cdot 10^{18}$  Bq et une activité alpha de  $1,5 \cdot 10^{17}$  Bq.

Cette mine de fer, exceptionnellement sèche, est entourée de couches argileuses et marneuses très peu perméables. Elle est située dans une formation très stable, âgée de 100 millions d'années. Elle comprend un niveau à -800m et un niveau à -1300 m.

Les conteneurs seront empilés dans des galeries, qui seront ensuite comblées à l'aide d'un mélange de matériau d'excavation, de ciment, d'eau et d'additifs. La capacité prévue est de 650000 m<sup>3</sup>, soit 95% du volume nécessaire pendant la période de fonctionnement de 40 ans. Les 5% restant pourront être envoyés à Morsleben.

L'étude de Konrad en vue d'en faire un stockage a démarré en 1975. En 1982, elle a été déclarée convenable pour cela et des études plus approfondies ont débuté en 1983. Les documents nécessaires à "l'approbation des plans" ont été soumis aux 80 autorités concernées en 1986.

Depuis cela, la procédure d'autorisation progresse très lentement. Il s'agit en fait d'un problème politique. L'autorité responsable est le Ministère de l'Environnement du Land de Basse-Saxe (NMU). Or, ce Land est gouverné par une coalition SPD-Verts, opposée à l'énergie nucléaire. NMU fait donc traîner volontairement la procédure, sans prétexte valable selon BfS.

En 1989, de nouveaux documents ont été soumis aux autorités suite à une modification de la réglementation. Après examen par les autorités du Land, ils étaient prêts pour une publication dès juin 1990. Cependant, ils n'ont été soumis au public qu'en juin 1991, après l'intervention du BMU auprès du NMU. Durant 1991 et 1992, 290000 objections ont été recueillies et analysées.

En fait, il y avait 10000 objections distinctes, regroupées en 1000 types. Elles ont été débattues publiquement en 75 jours, de septembre 1992 à mars 1993.

Selon BfS, toutes les objections ont reçu une réponse satisfaisante au cours de ce débat. Cependant, un an après, l'autorisation n'a toujours pas été accordée, sans prétexte sérieux de NMU.

La situation politique a récemment évolué dans le Land de Basse-Saxe: le SPD gouverne maintenant seul et le nouveau ministre-gouverneur est moins opposé au nucléaire que son prédécesseur. L'autorisation de Konrad pourrait donc être accordée en 1994, ce qui permettrait au dépôt d'être opérationnel en 1998.

### **Gorleben**

Le dôme de sel de Gorleben sera utilisé pour enfouir tous les types de déchets, en particulier ceux issus du combustible irradié (avec ou sans retraitement). L'activité totale sera limitée à 10<sup>21</sup> Bq, et l'activité alpha à 10<sup>19</sup> Bq. Le stockage sera placé à -870 m, dans la formation de sel.

Comme pour Konrad, les investigations à Gorleben, commencées en 1979, ont progressé très lentement à cause de problèmes principalement politiques. Le site a été le lieu d'importantes manifestations dans les premières années. Le gouvernement de Basse-Saxe a utilisé ses pouvoirs pour ralentir le projet.

De 1979 à 1985, les investigations ont eu lieu à partir de la surface. Elles consistaient en des études hydrogéologiques, géophysiques, des mesures sismographiques, des forages (dont 4 forages profonds à -2000m).



Deux puits sont en cours de percement (début en 1986). Ils viennent d'atteindre le sommet du dôme à environ 300m de profondeur. Les études seront menées dans un laboratoire souterrain à -840m (pour ne pas perturber le niveau -870m). Cela permettra de mieux déterminer la structure géologique et le volume utilisable et d'établir un modèle détaillé du futur dépôt.

Les déchets non exothermiques seront empilés dans des chambres qui seront comblées avec la même technique qu'à Konrad. Les déchets exothermiques seront déposés soit dans des puits verticaux de 300 à 600 m de profondeur (soit à -1500m) pour les déchets vitrifiés, soit dans des galeries horizontales pour le combustible usé. La capacité prévue pour Gorleben est de 1 100 000 m<sup>3</sup>, ce qui pourrait suffire pour une période d'exploitation de 70 ans. Le site sera en exploitation au plus tôt en 2008.

### **Morsleben**

Entre 1981 et 1991, le stockage de Morsleben, situé dans une ancienne mine de sel, recevait des déchets de faible et moyenne activité à faible concentration en alpha. En dix ans, 13 500 m<sup>3</sup> de déchets solides et liquides et 5 800 sources scellées ont été déposés.

Son exploitation a été interrompue par un tribunal en 1991, puis reprise en janvier 1994. Elle continuera jusqu'en 2000, pour une quantité de déchets limitée à 40 000 m<sup>3</sup>. En 2000, une nouvelle étude de sûreté sera nécessaire pour continuer d'utiliser le site.

Ce centre accepte les déchets dans des fûts de 200 ou 400 litres, que les nouveaux stockages refuseront. Les producteurs peuvent donc y envoyer certains de leurs anciens déchets sans avoir à les reconditionner. Les fûts sont empilés dans des chambres, qui sont ensuite comblées par un mélange de matériau d'excavation, d'argile et de sable.

D'autres techniques ont été utilisées: solidification de liquide in-situ, déversement de déchets dans une cavité hors d'un container réutilisable, emplacement de sources dans un puits. Le stockage de liquide et de sources a été abandonné. Le dépôt sans conditionnement est réservé aux déchets non inflammables.

Notons que sur les 40 000 m<sup>3</sup> disponibles, 10 000 m<sup>3</sup> sont réservés aux déchets de démantèlement des deux centrales d'Allemagne de l'Est (5 tranches). Un travail important de décontamination est prévu pour réduire le volume des déchets lors de ces démantèlements. Le reste du volume sera réparti entre les déchets d'exploitation de centrales de l'Ouest (25 000 m<sup>3</sup>) et des déchets de petits producteurs, principalement de la recherche (5 000 m<sup>3</sup>).

### **Coûts**

Le coût total du stockage de Konrad est estimé à 2 milliards DM (6.8 milliards de F), dont 912 millions DM ont été dépensés jusqu'en août 93. Le coût d'exploitation serait de 45 millions DM/an.

Le coût total du stockage de Gorleben est estimé à 4 milliards DM (13.5 milliard de F), dont 1,313 ont été dépensés jusqu'en août 1993. Le coût d'exploitation serait de 120 millions DM/an.

Le prix payé par les producteurs de l'entreposage à Morsleben est de 12 500 DM/m<sup>3</sup>, ce qui ne couvre que les dépenses opérationnelles, le démantèlement étant pris en charge par le gouvernement fédéral. Pour Konrad, le prix total est estimé à 7 000 DM/m<sup>3</sup> (24 000F/m<sup>3</sup>).



Le coût de ces installations paraît très élevé dans l'absolu, mais ne représenterait en fait qu'une faible part du coût de production de l'électricité (1 à 2%).

#### ***Accompagnement économique***

Aucune mesure d'accompagnement, comme celles existant en France ou aux Etats-Unis, n'est prévue. L'impact sera limité aux retombées de la construction et de l'exploitation, en emplois ou contrats. Cependant selon Chronique d'Allemagne, le Land de Basse-Saxe a reçu de 1990 à 1992, une compensation de 90 millions de DM.

#### **4.4.4 Les déchets issus du démantèlement**

Les démantèlements d'installations nucléaires ne prendront de l'importance qu'au delà de l'an 2000. Les recommandations de la Commission Allemande de Radioprotection (Strahlenschutz Kommission, SSK) concernant les niveaux de décontrôle ("clearance") seront mises en oeuvre. Grâce à des décontaminations et des recyclages, la quantité de déchets radioactifs à évacuer sera limitée à 2 300 m<sup>3</sup> par tranche REP de 1 300 MW.

La loi atomique prévoit que le démantèlement ne peut se faire qu'avec une licence. Les réacteurs commerciaux allemands ayant une durée d'exploitation prévue de 35 ans, le premier arrêt définitif n'aura lieu qu'en 2002. Le démantèlement total (niveau 3) n'aura lieu qu'après une période d'attente de 35 ans. Depuis la réunification, il faut aussi tenir compte des centrales de l'Est, mises à l'arrêt définitif. Des réacteurs de petite taille sont déjà dans leur phase de démontage.

#### ***Recyclage des métaux***

Les opérations de démantèlement ont déjà été étudiées dans le détail. Il est prévu de recycler les ferrailles contaminées. En fait, la loi atomique donne la priorité au recyclage sur le dépôt en décharge finale. Les autorisations définissent des niveaux de décontrôle basés sur les recommandations de 1987 de la Commission de Radioprotection, pour les métaux ferreux. Des recommandations pour les métaux non-ferreux ont été publiées en 1992. Ces recommandations sont établies à l'aide d'analyses de scénarios critiques sur les processus de diffusion des radionucléides, en prenant comme critère radiologique une exposition de 10 µSv/an (de minimis), recommandée par l'AIEA. Des méthodes probabilistes sont utilisées, qui donnent des distributions de doses individuelles. Cela permet de prendre en compte des scénarios peu probables en leur affectant une faible probabilité.

Certains matériels, comme des outils ou des pompes, pourraient être réutilisés directement, mais la plupart seront traités comme de la ferraille à recycler. Le recyclage à l'intérieur de l'industrie nucléaire aura la priorité.

Les recommandations ont été formulées pour la banalisation des métaux, en fonction du spectre valide dans les centrales REP, c'est à dire une activité due essentiellement à du cobalt 60 et du césium 137. Les options sont les suivantes:

- la libération inconditionnelle est possible pour une activité spécifique de moins de 0,1 Bq/g
- la libération à condition que le métal soit fondu est possible pour une activité spécifique de moins de 1 Bq/g;
- un recyclage sous contrôle est possible pour des pièces qui dépassent 1 Bq/g.

Après refonte, le métal peut être utilisé sans condition pour une activité de moins de 0,1 Bq/g.



Les masses sur lesquelles l'activité moyenne doit être respectée sont spécifiées. Des conditions d'activité surfacique doivent être également vérifiées: sur toute surface de  $100 \text{ cm}^2$ , l'activité moyenne doit être inférieure à  $0,05 \text{ Bq/cm}^2$  en alpha, à  $0,5 \text{ Bq/g}$  en bêta-gamma et à  $5 \text{ Bq/g}$  en bêta-gamma mou.

Ces recommandations ont été appliquées lors d'un projet pilote de démantèlement de la communauté européenne à la centrale de Grundemmingen. 3 300 tonnes de ferrailles y ont été recyclées pour un coût de  $10 \text{ DM/kg}$ .

### **Autres déchets**

La zone contrôlée d'une centrale nucléaire représente 140 000 tonnes de béton (pour un total de 155 000 tonnes), très faiblement contaminé. Les Allemands prévoient de le déposer dans des décharges traditionnelles. Une recommandation à ce sujet sera publiée en 1994. Des normes pour les procédés de mesure à utiliser pour la banalisation de déchets vont également être publiées.

Pour l'instant les seuils de décontrôle ne sont pas spécifiques à chaque radionucléide (mais prennent en compte les spectres rencontrés dans les installations).

L'activité totale d'une tranche REP de 1 300 MW, 30 ans après l'arrêt, est estimée à  $10^{15} \text{ Bq}$ . Son démantèlement ne devrait produire que  $2 300 \text{ m}^3$  de déchets radioactifs, à enfouir dans des stockages souterrains.

## CONCLUSION

Les problèmes d'élimination des déchets radioactifs ne présentent pas d'urgence technique quant à la mise en oeuvre de leurs solutions: ce sont des problèmes dont les solutions sont importantes pour des raisons sociales, politiques et économiques, comme par exemple en matière de politique énergétique.

L'urgence est stratégique et aussi d'ordre psychologique: elle appelle, dans ses réponses, de la prudence et surtout à ne rien faire d'irréversible avant de réduire autant que faire se peut toutes les marges d'incertitudes qui subsistent dans les approches et les critères "techniques" de décisions.

Ces problèmes d'élimination des déchets radioactifs sont autant , voire plus, des problèmes de crédibilité des solutions envisagées ou mises en oeuvre et des acteurs des filières d'élimination, que des problèmes techniques. Leur résolution passe inéluctablement par une restauration de cette crédibilité: il faut convaincre le public, lui redonner confiance et lui montrer que l'on s'occupe de ces problèmes, que l'on progresse dans la définition de leur solution et de leur mise en oeuvre.

L'affichage d'une volonté et d'une prise en charge responsable de l'élimination des déchets radioactifs et de l'apurement du passé est à cet égard un élément majeur: une doctrine et une politique nationales claires et concertées auraient sans aucun doute un effet à la fois stimulant et apaisant dans ce domaine.



## SIGLES ET ABREVIATIONS

-AEN	Agence pour l'Energie Nucléaire (OCDE)
-AIEA	Agence Internationale de l'Energie Atomique (Nations Unies)
-ANDRA	Agence Nationale des déchets radioactifs
-Bq	Becquerel
-CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
-CIREA	Commission Interministérielle des Radioéléments artificiels
-CIPR	Commission Internationale de Protection Radiologique
-CSA / CSM	Centre de Stockage de l'Aube / Centre de Stockage de la Manche
-CSSIN	Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaire
-DGEMP	Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières
-DSIN	Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires
-ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
-INB	Installation Nucléaire de Base
-IPSN	Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
-LAI	Limite Annuelle d'Incorporation
-Mox	Mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium (combustible Nucléaire)
-MWe	MégaWatt électrique
-NIMBY	Not In My Back Yard
-NIMEY	Not In My Electoral Year
-REP	Réacteur à Eau sous Pression
-RNR	Réacteur à Neutrons Rapides
-SCPRI	Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants
-UNGG	Uranium Naturel-Graphite Gaz





ANNEXE 1

\*\*\*\*\*

LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

\*\*\*\*\*

ORGANISMES CONTACTES ET PERSONNES RENCONTREES

EDF - Paris

- M. Alain Gloaguen (Service combustibles)
- M. Campani (DSRE)
- M. Ducoulombier (DSRE)

EDF - Centrale de Flamanville

- MM Vidal et Ennoushi

CEA

- M. Lallement (DGD)
- M. Barre

Associations

- Robin des bois: M. Bonnemain
- GSIEN: Mme Sené
- CRII-RAD: Mme Rivasi

COGEMA - Usine de La Hague

- M. Patrick Ledermann
- M. Philippe Fournier
- M. René Charbonnier
- M. Philippe Maurice
- M. Bouin

COGEMA - Vélizy

- M. Laurent
- M. Pfiffelmann

ANDRA

- M. Henri Wallard
- Mme Nicole Sugier
- M. Yves Marques
- M. Jean-Marie Potier
- M Horelbecques

ANDRA - Centre de Stockage de la Manche

AEN

- M. J.-P. Olivier

IPSN

- M. Dominique Grenéche
- Mme Annie Sugier

- M. Daniel Quéniart

Ministère de l'Environnement

- M. Jean-Pierre Henry (DPPR)

Ministère de l'Industrie

- M. Yves Kaluzny (DGEMP)

- M. Xavier Ouin (DGEMP)

Mission de Médiation du député Christian Bataille

SCPRI

- M. le Professeur Chanteur

Mission aux Etats-Unis

- Ambassade de France

\*M. Bertrand de Galassus, Attaché Nucléaire

\*M. Jérôme Rougeot, assistant

\*Mlle Christiane Houzet (contact)

-NWTRB

\*Mme Paula Alford (contact)

\*M. William Barnard

\*M. Dr. Sherwood Chu

- DOE:

\*M. Terry Caine (contact)

\*Mme Renee Jackson (OCRWM)

\*M. Allen B. Benson (OCRWM)

\*M. Jerome Saltzman (External Relations and Acting)

\*M. John Roberts (Regulatory Compliance Division)

\*M. Mark Frei (SNF)

\*M. John Jicha (SNF)

\*M. Denis Koutsandreas (HLW)

\*M. Scott Van Camp (TWD)

\*M. Terry Plummer (LLW)

- NRC:

\*M. Howard Faulker (International Programs)

\*M. Roberty Bernero (Director - ONMSS)

\*M. Michael Bell (LLWM)

\*Mme Margaret Federline (HSPB)

- M. Daniel G. Mc Kenzie, III Pe - Sté Morrison Knudsen Corporation

- Mme Susan SANDE et M. Don Merrick - Westinghouse Corp.

- Mmes Sue J. Mitchell et Kelli J. Templeton - Pacific Northwest Laboratory

- M. Dan Tallman - US Ecology

Mission au Canada

- CEAL - Centre de recherche de Whiteshell à Pinawa (Manitoba)

\*Mme Barbara Stephens

\*M. Dr. Jan Cramer



- \*M. David Whitehouse
- \*M. Paul Thompson
- EACL - Centre de recherche de Chalk River (Ontario)
  - \*M. Pierre Dulude
  - \*Mlle Ima Kalos
  - \*M. David Lisle
  - \*M. Ross Meadowcroft
  - \*M. Dr. Bruce Lange
  - \*M. Garry Mitchell
- CCEA - Ottawa (Ontario)
  - \*M. Thomas Diamantstein
  - \*M. andré Régimbald

Mission en Suède

- SKI
  - \*M. Sören Norrby
  - \*M. Övind Toverud
  - \*M. Johan Andersson
  - \*M. Stig Wingefors
- SKB
  - \*M. Torsten Eng
  - \*Mlle Kristina Gillin
  - \*M. Mats Olsson (Äspo HRL)
  - \*M. Bo Kåwemark
- OKG AKTIEBOLAG (CLAB)
  - \*M. Stefan Nord

Mission en Allemagne

- BfS
  - \*M. Lutz Ebermann
  - \*M. Ralf Schmitt
  - \*M. Peter Brennecke
- Sites de Konrad, Morsleben et Gorleben

ANNEXE 2

\*\*\*\*\*

LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

\*\*\*\*\*

LE CADRE LEGAL ET REGLEMENTAIRE

**1 La réglementation générale concernant les déchets**

Le texte de base est la loi 75-663 du 15 juillet 1975, modifiée notamment par la loi 92-646 du 13 juillet 1992, relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux.

Cette loi fixe les principes généraux relatifs à l'élimination des déchets de toute nature:

-le principe de "l'abandon": un déchet est un matériau pour lequel aucun usage n'est prévu;

-le principe de la responsabilité du producteur de déchets: le producteur de déchets est tenu d'assurer ou d'en faire assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter de porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement;

-le principe de l'information de "l'administration": les entreprises qui produisent, transportent ou éliminent des déchets doivent fournir à l'administration toute information concernant l'origine, la nature, les quantités, la destination et les modalités d'élimination des déchets qu'elles produisent;

-le principe de l'agrément des installations d'élimination pour certaines catégories de déchets.

Cette loi et ses décrets d'application, et notamment celui du 10 août 1977, ne définissent pas les niveaux d'activité à partir desquels un déchet doit subir un traitement spécifique dans une installation nécessitant un agrément de l'administration.

De manière plus générale, le caractère radioactif d'un matériau doit être appréhendé en fonction de consignes sanitaires et des rayonnements ionisants qu'il génère sur les individus ou pour l'environnement. La réglementation sur la radioprotection fournit un certain nombre de critères impliquant un suivi des matériaux du point de vue de la radioprotection.

**2-Les textes relatifs à la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants**

Les textes en matière de radioprotection, mentionnés ci-après, sont le résultat de la transcription dans le droit français, de la Directive communautaire du 15 juillet 1980; cette Directive est en cours de révision.

***Le décret 66-450 du 20 juin 1966 modifié par le décret 88-521 du 18 avril 1988***

Ce texte fixe les principes généraux de la radioprotection contre les rayonnements ionisants. Il précise que ses dispositions "s'appliquent à toute activité impliquant une exposition à des rayonnements ionisants, et notamment...au stockage...et à l'élimination des substances radioactives naturelles ou artificielles".



En premier lieu, il définit la terminologie et les unités employées (becquerel, sievert,...).

En second lieu, ce décret classe les radionucléides en quatre groupes selon leur radiotoxicité connue, le groupe I étant celui des radionucléides très fortement radiotoxiques.

En troisième lieu, ce texte spécifie que toutes les activités impliquant une exposition à des rayonnements ionisants sont soumises à un régime de déclaration ou d'autorisation préalable sauf lorsque ces activités portent sur des substances radioactives entrant dans l'une des catégories suivantes:

- substances radioactives dont l'activité totale est inférieure à 5000 Bq pour les radionucléides les plus toxiques (groupe I) ou aux valeurs équivalentes déterminées dans chaque cas en fonction de la radioactivité relative;
- substances radioactives dont l'activité est inférieure à 100Bq/g pour les radioéléments artificiels et 500 Bq/g pour les radioéléments naturels.

Ce texte est clair: il suffit que l'une de deux limites ne soit pas atteinte pour que les substances radioactives puissent être traitées, stockées,... sans que l'opérateur ait à faire une déclaration ou à demander une autorisation.

Ce décret fixe également les limites d'exposition pour les personnes exposées pour des raisons professionnelles et les limites pour les personnes du public. Pour le public, les limites sont:

- 5 mSv/an pour l'équivalent de dose reçu par irradiation externe à l'exclusion de toute irradiation interne (50 mSv/an pour les travailleurs),
- des limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition interne (ingestion ou inhalation) provenant d'un seul radionucléide et règles de cumul lorsqu'il peut y avoir plusieurs sources d'exposition. Les LAI sont exprimées en becquerels.

### ***Le décret 86-1103 du 2 octobre 1986 relatif la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants***

Ce décret, en Conseil d'Etat, décrit les dispositions à appliquer dans les locaux ou chantiers où le personnel est susceptible d'être exposé à l'action des rayonnements ionisants. Toutefois, ses dispositions ne sont pas applicables lorsque:

- l'installation est une installation nucléaire de base, le texte de référence étant alors le décret 75-306 du 28 avril 1975,
- l'installation ne contient, comme générateur de rayonnements ionisants, que des substances radioactives dont:

- \* l'activité massique est inférieure à 100 Bq/g, cette limite étant portée à 500 Bq/g pour les substances radioactives solides naturelles ou des substances constituées de radionucléides de même radiotoxicité,

- \* l'activité totale est inférieure à 5000 Bq si la radiotoxicité du ou des radionucléides est très élevée ou aux valeurs correspondantes déterminées en fonction du groupe de radiotoxicité (cf décret du 20 juin 1966 modifié).

Pour être dispensé de l'application de ce texte, l'établissement ne doit donc posséder ni substance dont l'activité massique est élevée, ni substance dont l'activité totale est supérieure aux limites fixées par groupe de radiotoxicité des radionucléides. Ces deux conditions doivent être remplies simultanément alors que dans le décret du 20 juin 1966 modifié, le respect de l'une ou l'autre des limites était suffisant pour échapper aux contraintes réglementaires.

Il précise également que les déchets ou résidus radioactifs doivent être recueillis dans



des récipients spéciaux étiquetés dans l'attente de leur traitement aux fins d'élimination et qu'un arrêté ultérieur définira dans quelles conditions et selon quels critères de tri, les déchets ou résidus doivent être recueillis. A ce jour cet arrêté n'a toujours pas été pris.

***-Le décret du 28 avril 1975 modifié relatif à la protection des travailleurs contre le danger des rayonnements ionisants dans les Installations Nucléaires de Base (INB)***

De la même manière que le décret du 2 octobre 1986, il stipule que les déchets radioactifs doivent être recueillis séparément, dûment identifiés, et faire l'objet d'un traitement et d'un conditionnement adaptés à leur niveau de nuisance potentielle.

**3 Les textes relatifs aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement(ICPE)**

Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont soumises aux dispositions de la loi du 19 juillet 1976 modifiée, les procédures étant précisées par le décret modifié du 21 septembre 1977. Le champ d'application de cette législation est défini par décrets en Conseil d'Etat, constituant la "Nomenclature des Installations Classées".

Les installations qui présentent des dangers ou des inconvénients pour l'homme et l'environnement sont soumises soit à simple déclaration soit à autorisation préalable du préfet de département, après enquête publique, selon l'importance et l'impact réel ou potentiel de ces dangers et inconvénients

Pour les substances radioactives, sont soumis à déclaration les stockages dont l'activité est comprise entre:

- 1 mCi et 100 mCi pour les radioéléments du groupe I (ancien)
- 10 mCi et 1 Ci pour ceux du groupe II (ancien)
- 0,1 et 10 Ci pour ceux du groupe III (ancien)

En dessous de ces seuils, il n'y a pas d'obligation administrative de déclaration.

Sont soumis à autorisation, les stockages de substances dont l'activité est comprise entre:

- 0,1 et 1 000 Ci pour les radioéléments du groupe I (ancien)
- 1 et 10 000 Ci pour ceux du groupe II (ancien)
- 10 et 100 000 Ci pour ceux du groupe III (ancien)

Au dessus de ces seuils, les installations sont des Installations Nucléaires de Base (INB) et ne sont pas soumises à la réglementation des ICPE.

Les dépôts de déchets radioactifs soumis à la législation des ICPE, le sont à double titre: d'abord en tant que déchet et ensuite en tant que substance radioactive.

Très généralement, les arrêtés d'autorisation au titre de la législation sur les ICPE, des dépôts de déchets industriels et de déchets domestiques interdisent toute mise en décharge de substances radioactives. Les arrêtés récents du 18 décembre 1992 relatifs aux installations nouvelles et anciennes de déchets industriels spéciaux ultimes et stabilisés ont précisé la liste des déchets admissibles ainsi que les modalités d'acceptation préalable et de contrôle des déchets: les déchets radioactifs provenant des installations nucléaires sont sur la liste des déchets interdits.



Cependant, une circulaire du 16 mars 1993 relative aux conditions d'application de ces arrêtés précise que "le terme radioactif s'entend au sens du décret du 20 juin 1966 modifié, relatif aux principes généraux de radioprotection, visé par les arrêtés".

Un avis du Conseil d'Etat du 11 décembre 1991, confirme que les stockages des substances radioactives dont l'activité est inférieure aux seuils fixés par le décret du 20 juin 1966 modifié n'entre pas dans le champ d'application des activités soumises à la législation des ICPE. Il précise également que le calcul de l'activité totale peut être basé sur l'activité de deux éléments dits "tête de série" pour l'uranium et le thorium naturels et non sur l'ensemble de leurs descendants.

#### **4 Les textes relatifs aux Installations Nucléaires de Base (INB)**

La réglementation des INB comprend des décrets (6 novembre et 31 décembre 1974,...) et des arrêtés (10 octobre 1976,...) relatifs à la protection du public et des travailleurs et pour les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides des Installations Nucléaires de Base. Dans cet ensemble réglementaire, il n'y a pas de dispositions spécifiques aux déchets radioactifs solides.

#### **5 Les textes relatifs au transport de matières dangereuses**

Le règlement du transport des matières dangereuses, dans sa section traitant des substances radioactives, précise que les matières dont l'activité massique ne dépasse pas 2  $\mu\text{Ci}$  (74 Bq/g) et certaines limites d'activité surfacique, de l'ordre du Bq/cm<sup>2</sup>, ne sont pas soumises à ce règlement.

#### **6 Les autres textes**

##### ***L'arrêté du 30 octobre 1981 relatif aux conditions d'emploi de radiéléments artificiels utilisés en sources non scellées à des fins médicales***

C'est le seul texte juridique qui évoque, hors du cas des INB:

- l'évacuation des effluents liquides et gazeux,
- des dispositions concrètes relatives à l'entreposage des déchets radioactifs en attente d'enlèvement.

Les dispositions relatives aux rejets de mélanges de radionucléides non identifiés sont très sévères:

- 4 Bq/m<sup>3</sup> au maximum pour les gaz,
- 7 Bq/l au maximum pour les liquides.

##### ***Avis du 6 juin 1970 aux utilisateurs de radioéléments soumis au régime d'autorisation prévu par le code de la santé publique, relatif à l'élimination de déchets radioactifs (sources non scellées)***

Cet avis détaille la manière de traiter les déchets radioactifs provenant de sources non scellées. Sont considérés comme déchets radioactifs et ne peuvent donc être évacués directement dans le milieu environnant ou avec les ordures ménagères, les déchets dont l'activité massique est supérieure à 74 Bq/g et dont l'activité totale est supérieure à:

- $3,7 \cdot 10^6$  Bq pour les radioéléments du groupe I,
- $37 \cdot 10^6$  Bq pour ceux du groupe II,
- $370 \cdot 10^6$  Bq pour ceux du groupe III,

- 3 700 .10<sup>6</sup>Bq pour ceux du groupe IV.

Cet avis confirme d'abord que l'exemption de formalités prévue pour l'évacuation de déchets radioactifs ne peut se faire que si deux conditions d'activité massique et d'activité totale sont simultanément observées.

Il introduit ensuite l'idée que des déchets de très faible activité peuvent être réputés "non radioactifs" et ainsi être éliminés sans précautions particulières.

### ***La Commission Interministérielle des Radioéléments Artificiels (CIREA)***

Les articles L 631 et L 340 du code de la santé prévoient un régime d'autorisation pour les radioéléments artificiels. Pour les activités médicales, ces autorisations sont délivrées par le Ministre de la santé après avis de la CIREA. Pour les autres activités, les autorisations sont données par le Président de la CIREA.

Le seuil d'autorisation est une activité totale de 5 000 Bq pour les radioéléments du groupe I, 50 000 pour le groupe II, 500 000 pour le groupe III et 5 000 000 pour ceux du groupe IV.

Les autorisations sont données pour une durée maximale de 5 ans. On compte en France de l'ordre de 5 000 utilisateurs de radioéléments artificiels: chaque année environ 300 000 sources sont autorisées.

Depuis 1990, la CIREA a imposé un système de reprise par le fournisseur, les frais d'élimination étant payés lors de la vente de la source. Les fournisseurs doivent passer une convention avec l'ANDRA pour la reprise de ces sources: ce dispositif devait éviter les mises en décharges non autorisées de ces sources.

### ***La réglementation minière***

Les dispositions générales en matière de radioprotection reprises dans le décret du 20 juin 1966 modifié ont été précisées, pour le cas des industries extractives, par le décret 90-222 du 9 mars 1990 complétant le règlement des industries extractives par un nouveau titre "Rayonnements ionisants - 2ème partie: Protection de l'Environnement".

Ce décret précise notamment que "les travaux doivent être conduits de façon que leur impact radiologique sur l'environnement soit aussi faible qu'il est raisonnablement possible de le faire aussi bien pendant la période de l'exploitation qu'après son arrêt définitif".

L'article 5, relatif à l'exposition naturelle, prévoit que: "au moment de l'ouverture des travaux, la DRIRE constate les expositions naturelles...". Cette disposition soulève une difficulté du fait que la majorité des exploitations actuellement en activité ou déjà terminées n'ont pu faire l'objet de ce point initial.

L'article 6 précise les limites annuelles des expositions ajoutées: il reprend la valeur de 5 mSv/an pour l'exposition externe et précise les valeurs pour les autres modes d'exposition.

Pour tenir compte des divers modes d'exposition, on définit le taux annuel d'exposition total (TAET), somme des rapports aux limites fixées par l'article 6 et le taux annuel d'exposition totale ajoutée (TAETA) qui se déduit du TAET en retirant l'exposition naturelle. Le TAETA doit être inférieur à 1 pour toute personne du public.

Les entreposages peuvent être également soumis, selon la caractéristique des résidus et leur quantité, à la réglementation des installations classées pour la protection de



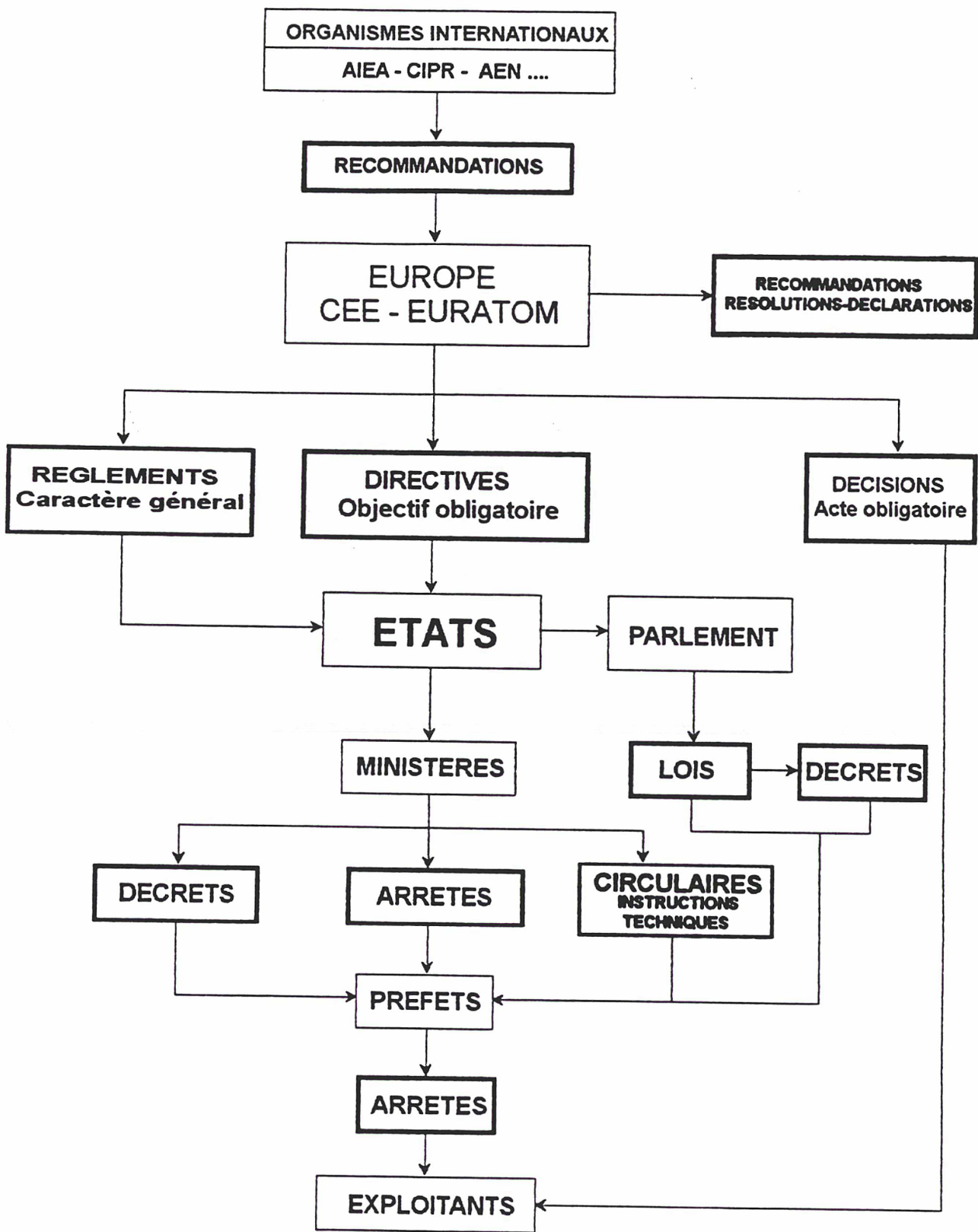
l'environnement.

## **7 Les textes sans valeur juridique formelle**

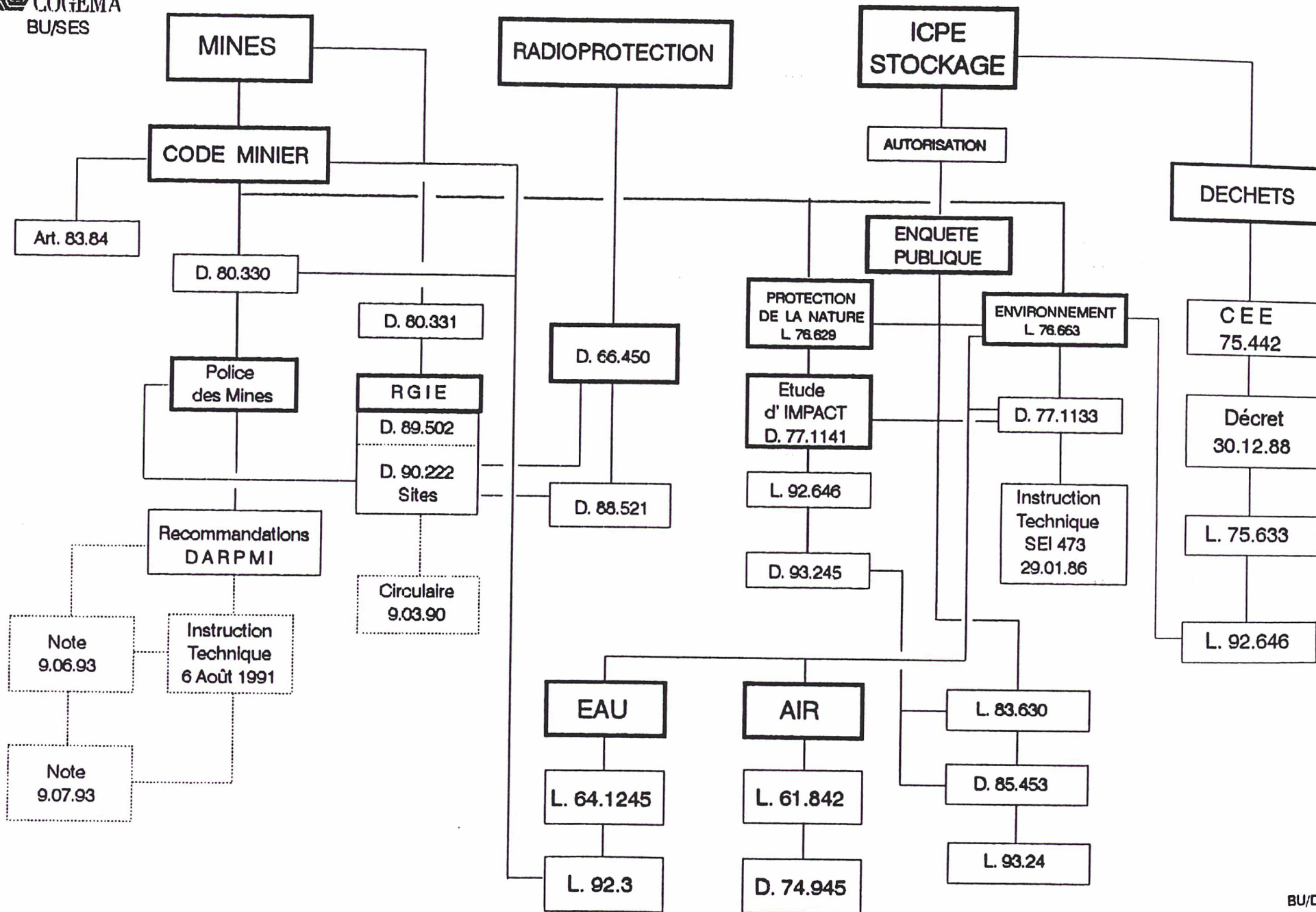
Parmi ces textes, on peut signaler plus particulièrement:

- les Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) édictées par la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires, comme par exemple la RFS I.2.a applicable aux stockages définitif en surface de déchets radioactifs,
- les Spécifications de Conditionnement élaborées par l'ANDRA,
- les Conditions Particulières d'Autorisation données par la CIREA pour l'utilisation de radioéléments artificiels.

**INTEGRATION DANS LA LEGISLATION NATIONALE  
DES TEXTES INTERNATIONAUX**







**LES DECHETS RADIOACTIFS**  
\*\*\*\*\*  
**REFERENCES DOCUMENTAIRES**

**CONSEIL SUPERIEUR DE SURETE ET D'INFORMATION SUR LE NUCLEAIRE (CSSIN)**

- Rapport de M. Castaing sur la gestion des combustibles irradiés (décembre 1982)
- Rapport de M. Castaing sur les recherches et développements en matière de gestion des déchets radioactifs (octobre 1984)
- Rapport du Professeur Goguel sur le stockage des déchets radioactifs en formations géologiques (mai 1987)
- Rapport sur les suites données par le CEA aux directives ministérielles relatives aux recherches et développement en matière de gestion des déchets radioactifs (mai 1988)
- Rapport sur le déclasséement des installations nucléaires (novembre 1988)
- Rapport de M. Desgraupes concernant les dépôts de matières radioactives (juin 1991)
- Rapport de M. Fréjacques sur la réglementation des déchets de très faible activité (septembre 1993)

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'EVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

- Rapport de la première mission de M. Bataille sur les déchets du combustible irradié
- Rapport de M. Le Déaut sur la gestion des déchets très faiblement radioactifs (avril 1992)
- Rapport du Médiateur, M. Bataille, chargé de la concertation sur l'implantation de laboratoires de recherche souterrains pour les déchets radioactifs (décembre 1993)

**AUTRES DOCUMENTS**

- Plan quinquéennal de recherche et de développement du CEA -"Effluents et Déchets"- 1990/1994
- Document d'orientation sur la politique énergétique - Ministère de l'Industrie - Novembre 1993
- Revue Générale Nucléaire-La gestion des déchets radioactifs-Septembre 1992
- Les déchets radioactifs - Collection "Que sais-je?"
- Bilans et rapports d'activité de la DSIN



-Evaluation of the Community's Research Programme on Decommissioning of Nuclear Installations - Research évaluation - Report 58 - EUR 15329 EN.

-Gestion des déchets radioactifs dans la Communauté Européenne - CCE- DG XII- Programme de Gestion des Déchets Radioactifs.

-Revue Nuclear Engineering International

-Actes du "Seminar on Melting and Recycling of Metallic Waste Materials fromm Decommissioning of Nuclear Installations" - Krefeld, Germany-27/29 Octobre 1993.

-Revue "La Gazette Nucléaire" du GSIEN

-Bulletins d'information "LE REM" de la CRII-RAD

-"Le stockage des déchets radioactifs: perspective historique et analyse socio-technique" - J.C. Petit.

-"Economiser la planète" - Allègre C. (1990).

-OCDE/AEN (1991) - Evacuation des déchets radioactifs - Peut-on évaluer la sûreté à long terme.

-Callon M. et Rip A. (1992) - Humains et non-humains: morale d'une coexistence - "La terre outragée" -

-Hamstra J. (1975) - Radiotoxic hazard measure for buried solid radioactive waste - Nuclear Safety -

-Cohen B.L. (1977) - The disposal of radioactive waste from fission reactors - Scientific American -

-Rapport de mars 1993 de la Commission pour les questions scientifiques et techniques relatives à la gestion des déchets radioactifs auprès du Conseil Scientifique du CEA

-Rapport de mai 1993 de M. Barthélémy relatif aux stockages de résidus de traitement de minerai d'uranium