



HAL
open science

Le démantèlement des installations nucléaires

Sophie Rémont, Roland Masson, Jérôme Gosset

► **To cite this version:**

Sophie Rémont, Roland Masson, Jérôme Gosset. Le démantèlement des installations nucléaires. Sciences de l'Homme et Société. 1996. hal-01908534

HAL Id: hal-01908534

<https://minesparis-psl.hal.science/hal-01908534>

Submitted on 30 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.

Sophie REMONT
Roland MASSON
Jérôme GOSSET

Ingénieurs des Mines

**LE DEMANTELEMENT
DES INSTALLATIONS
NUCLEAIRES**

**Pourquoi faire aujourd'hui ce que l'on
pourrait faire demain**

CONSULTATION SUR PLACE



[330]

JUILLET 1996

*“ Les auteurs de projet
souffrent d'une maladie,
semble-t-il incurable: ce
sont d'incorrigibles
optimistes !”*

Marcel Boiteux

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M. LACOSTE, Directeur de la DSIN de nous avoir permis d'étudier le démantèlement des installations nucléaires, en nous consacrant beaucoup de moyens pour approfondir le sujet. Nous remercions également MM. MIGNON et BRIGAUD qui nous ont accordé beaucoup de temps, et introduits auprès des personnes compétentes, notamment à l'étranger.

Nous sommes gré à M. NOKHAMZON qui nous a permis d'entrer en contact avec bon nombre des personnes travaillant sur le sujet du démantèlement en France.

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 de leur temps.

Enfin nous souhaitons remercier tout particulièrement M^{me} GAUTHIER, qui a dirigé ce mémoire et qui par son dynamisme, son enthousiasme et ses nombreuses suggestions, nous a conduit à y voir plus clair et a beaucoup aidé notre réflexion.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	4
AVERTISSEMENT	6
RESUME DU MEMOIRE	7
INTRODUCTION	13
I Le démantèlement pour quoi faire?	16
1) Le cycle du nucléaire	16
2) La réglementation	16
3) Les acteurs	19
4) Une problématique complexe	20
II La mise en oeuvre du démantèlement en France.	27
A) Commissariat à l'Energie Atomique	27
1) Introduction	27
2) Expérience	27
3) Politique générale	29
4) Organisation	29
5) Recherche et industrialisation	30
6) Déchets	31
7) Coûts et financement	32
8) Le cas de EL4	33
9) Conclusion	34
B) Compagnie Générale des Matières Nucléaires	36
1) L'expérience du démantèlement à la Cogema	36
2) Les démantèlements à venir	36
3) La politique de démantèlement	37
4) Coûts et financement	39
C) Electricité de France	42
1) Historique de la politique du démantèlement à EDF	43
2) Analyse du scénario EDF	49
D) Les autres intervenants	53
1) L'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques	53
2) L'action de l'administration	53
3) Les élus	54
4) Les associations, la presse, le public	55
5) Les organisations internationales	55
III La mise en oeuvre du démantèlement à l'étranger	56
A) Les Etats-Unis d'Amérique	56
1) Situation générale	56
2) Acteurs	56
3) Réglementation	57
4) Avancées	59
5) Bilan des trois sites visités	62
6) Les enseignements	64
B) L'Allemagne	66
1) Situation générale du nucléaire en Allemagne	66
2) L'organisation du secteur nucléaire allemand	66
3) La réglementation du démantèlement	67
4) Les trois grands chantiers de démantèlement allemands	69
5) Les enseignements	73
IV Enseignements, axes de progrès	75
A) Les enseignements	75
B) Les axes de progrès	77
V Conclusion	79
VI Annexes	81
A) Glossaire	81

B) Etude FRAMATOME des démantèlements immédiat et différé du circuit primaire principal (CPP)	84
C) Liste des personnes rencontrées	87
D) Article du Canard Enchaîné du 24 Avril 1996	90
E) Une page d'humour... ..	91

AVERTISSEMENT

Ce mémoire poursuit un double but. Il s'adresse en premier lieu au lecteur qui découvre le démantèlement et qui souhaite s'informer sur les questions que soulève ce sujet et les réponses qu'on peut y apporter. Ce mémoire s'adresse en second lieu au lecteur spécialiste du domaine, auquel il espère apporter des éléments de réflexion.

Ce texte contient donc des passages relativement techniques qui pourront être passés par le lecteur novice. Il trouvera toutefois en annexe A un glossaire qui lui facilitera la compréhension de ce document.

RESUME DU MEMOIRE

A l'occasion du dixième anniversaire de la catastrophe de Tchernobyl, le démantèlement a eu droit aux honneurs de la première page du Canard Enchaîné.

Dans cet article il est expliqué que le démantèlement est une activité très compliquée, que personne ne sait combien cela coûte et que, pour que le nucléaire puisse continuer à vivre, EDF veut attendre cinquante ans avant de s'y atteler. Nous analyserons donc ce qui nous paraît vrai ou faux dans ce jugement.

I La problématique du démantèlement

L'activité du démantèlement consiste à gérer la fin de vie des installations nucléaires. Cela recouvre les travaux d'assainissement (décontamination, démontage) des parties radioactives de l'installation, afin de libérer le site de façon conditionnelle ou inconditionnelle. L'état final à atteindre dépendra de la réutilisation qui sera faite du site.

Le démantèlement présente des spécificités par rapport à la phase d'exploitation. En effet, il y a rupture des barrières de confinement de la radioactivité, un niveau de risque bien inférieur à l'exploitation, mais un impératif de gestion d'une très grande quantité de matériaux, essentiellement très faiblement radioactifs.

La question qui résume l'ensemble de la problématique du démantèlement est: faut-il démanteler aujourd'hui, ou attendre?

A savoir, faut-il opter pour un démantèlement immédiat, ou attendre un délai de plusieurs dizaines d'années, en confinant l'installation et en la mettant sous surveillance?

La première motivation pour envisager une attente aussi longue est d'ordre radiologique. Peut-on accepter les doses actuelles ou est-il préférable d'attendre que la radioactivité ait décliné naturellement, en sachant que la réglementation sera plus stricte?

Mais d'autres enjeux viennent s'articuler autour de cette question.

Des enjeux techniques: n'est-il pas intéressant d'attendre cinquante ans pour disposer d'une meilleure technologie? Mais qu'en est-il alors de la perte de mémoire de l'installation?

Des enjeux en matière de déchets: seront-ils effectivement moins nombreux et plus faciles à gérer (car moins actifs) en attendant, même si les réglementations se durcissent?

Des enjeux financiers: dépenser plus tard est intéressant mais les provisions sont-elles pérennes et inaliénables sur une si longue période?

Et enfin des enjeux sociaux et politiques: la population préférera-t-elle une mise sous cocon ou un démantèlement immédiat avec un transfert en décharge des déchets?

II Les protagonistes du démantèlement

L'électricité française est à 80 % d'origine nucléaire. EDF possède plus de cinquante réacteurs nucléaires aujourd'hui. Pour leur démantèlement à venir, EDF propose un scénario dit "de démantèlement différé", où l'installation est d'abord mise sous cocon pour une phase d'attente de cinquante ans, avant le démantèlement final. Les justifications données sont :

- techniques (l'attente permet de bénéficier de progrès technique),
- radiologiques (conditions de travail plus favorables après attente),
- en terme de gestion des déchets (sites de décharge inexistantes et réglementation pour partie incomplète aujourd'hui).

Le cycle du combustible français est confié à la COGEMA, qui n'a pas de scénario général en matière de démantèlement. Elle intègre le démantèlement dans la gestion de son outil industriel: pour l'instant, la Cogema ne prévoit qu'un démantèlement partiel de ses installations, parce qu'elle espère maintenir des activités nucléaires sur ses sites.

Enfin, l'organisme de recherche français dans le domaine nucléaire qu'est le CEA n'a pas non plus de scénario général, en raison de la diversité de ses installations. Sa politique est cependant de démanteler immédiatement dès lors que ses contraintes budgétaires le lui permettent (d'autant plus que les radioéléments contenus dans ses installations sont essentiellement à vie longue). Mais comme il ne peut financer tous les travaux, il est contraint de mettre des réacteurs sous cocon aujourd'hui.

Toutes ces activités sont réglementées et contrôlées par la DSIN (Direction de la sûreté des installations nucléaires), direction d'une centaine de personnes dépendant à la fois du ministère de l'industrie et de celui de l'environnement. Elle souhaite aujourd'hui un démantèlement immédiat à Brennilis en guise d'expérimentation, afin de tester les points difficiles de la réglementation. Dans le même temps, elle autorise la mise sous cocon de Chinon A2. Elle laisse donc pour l'instant les deux voies ouvertes. Le ministère de l'environnement défend la même idée d'un premier chantier.

La DGEMP (Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières) est plutôt d'avis qu'il n'y a pas d'intérêt à démanteler aujourd'hui s'il n'y a pas de retour d'expérience conséquent à attendre.

Enfin la DGS (Direction Générale pour la Santé) n'a pas de préférence entre les deux scénarios, à condition que les chantiers soient correctement maîtrisés.

Les élus et les associations sont les grands absents de ce débat. Toute activité sortant de l'ordinaire dans une centrale est finalement un gros risque pour un homme politique local, et le fait qu'il ne se passe rien est au fond ce qui peut lui arriver de mieux. Le démantèlement ne rencontre que peu d'écho au sein de la population. Quant aux associations, elles ne se sont que peu mobilisées sur ce sujet, mais leur position s'inscrit dans leur ligne générale visant à ne pas laisser de situation potentiellement dangereuse aux générations futures.

En matière de démantèlement, tous ces acteurs sont en interactions fortes: la compétitivité du nucléaire est en jeu. Si ce chaînon encore inconnu de l'industrie nucléaire venait à être trop cher, les écarts entre le prix du kWh nucléaire et celui des autres filières s'étant resserré, l'électricité nucléaire pourrait devenir moins rentable que ses concurrentes, et être remise en cause.

Tous les exploitants cherchent donc à minimiser les coûts de démantèlement, mais adoptent pour ce faire des positions divergentes face au même problème, qui relèvent plus de contraintes politiques et financières que d'aspects techniques et de radioprotection. La justification du scénario d'attente d'EDF est donc faible. Toutefois, d'autres arguments peuvent justifier une attente de plusieurs dizaines d'années pour EDF:

- peur de l'échec de la part de la direction de l'Équipement d'EDF, secoué par l'expérience de Chooz B. La construction du nouveau palier N4 s'étant avérée bien plus difficile que prévu.

- peur de l'accident
- la période d'attente est génératrice de liquidités
- peur de remettre en cause la rentabilité du nucléaire
- moyen de pression sur l'administration en matière de TFA
- position d'attente confortable qui ne préjuge en rien des choix définitifs qui seront faits le moment venu.

Les points de discussion les plus marquants entre l'administration et les exploitants sont:

Le démantèlement doit-il être immédiat ou différé ?

Quelle réglementation pour le recyclage et le stockage des déchets ?

Quelle réglementation pour les provisions?

Ainsi que nous l'avons déjà vu, le démantèlement a de nombreuses facettes et pose des problèmes variés. Afin d'évaluer les positions que prennent chacun des intervenants, il est instructif de faire le point sur ceux des problèmes qui sont d'ores et déjà résolus et ceux qui ne le sont pas encore.

III Les certitudes et incertitudes du démantèlement

La difficulté de l'exercice qu'est le démantèlement réside dans le fait que les intervenants doivent décider aujourd'hui de ce qu'ils font ou feront, sans avoir tous les éléments de décision en main: coût des déchets, des machines, évolution de la réglementation concernant les INB et la radioprotection, avenir du nucléaire... Mais tous les exploitants ont la même contrainte: minimiser les coûts du démantèlement.

En France comme à l'étranger, les principaux protagonistes buttent sur deux problèmes très complexes:

====> Les provisions pour démantèlement: cette question n'est pas résolue en France et seulement partiellement à l'étranger. Le problème est de savoir comment s'assurer de l'existence et de la disponibilité des moyens financiers lors de la phase de démantèlement. Le problème vient des durées mises en jeu. Quel montant? A quel rythme de provisionnement? Quels placements leur autoriser?

====> La gestion des déchets et les conditions de libération des sites: cette question, non plus, n'est pas résolue en France et seulement partiellement à l'étranger. Elle ne l'est pas car elle mêle des éléments rationnels (de santé publique par exemple) et des éléments irrationnels (tels que acceptabilité par le public). Il s'y joint un manque de volonté politique (qui se traduit par une très grande difficulté à ouvrir des sites, en particulier de stockage de déchets), qui rend l'avenir très incertain.

Toutefois dans cet océan d'incertitudes, il y a deux lueurs d'espoir. D'après les études faites et les expériences acquises par EDF, CEA, FRAMATOME ou COGEMA, et par ce qui se fait à l'étranger et qui sera développé plus loin, on peut affirmer deux choses:

====> Les industriels savent démanteler une centrale ou une usine nucléaire: toutes les techniques nécessaires sont disponibles et opérationnelles à l'échelle industrielle. Les ingénieurs ont même en général le choix de la méthode employée pour découper ou assainir une installation. Tout ceci se faisant dans les règles de l'art sur le plan de la sûreté nucléaire.

====> Les contraintes de radioprotection sont maîtrisées: cela est prouvé par les chantiers du CEA, de Cogema ou de l'étranger. Le danger le plus présent est le risque classique (incendie, explosion,...) ayant éventuellement des conséquences nucléaires, car les entreprises du secteur y sont moins sensibilisées qu'à la radioprotection.

Les incertitudes sur les déchets rendent très difficile la prévision des quantités des déchets nucléaires¹ et encore plus celle du coût de leur élimination. Cela dépendra en partie de la définition que la réglementation donnera des déchets TFA. Il est également très délicat de prévoir à long terme le coût de la main d'oeuvre car il dépend de la réglementation sur la protection radiologique des travailleurs. En conséquence, il est difficile de prévoir le coût global du démantèlement, et ce d'autant plus que les

¹ C'est à dire de déchets nécessitant des mesures spécifiques de contrôle et de traçabilité, à cause du danger potentiel pour la santé, qu'implique la radioactivité qu'ils contiennent.

échéances sont éloignées. Il est donc impossible d'assurer quel scénario de démantèlement est le plus économique.

Toutefois, le démantèlement (découpe, décontamination d'une installation) est techniquement réalisable dès aujourd'hui. L'étude de la situation à l'étranger va confirmer cette affirmation, et montrer par ailleurs que les coûts du démantèlement immédiat sont maîtrisés.

IV L'Allemagne

Malgré un poids de 33% dans la production nationale, l'électricité nucléaire allemande est en perte de vitesse et paraît n'avoir que peu d'avenir. Les raisons sont essentiellement politiques: sous l'influence de l'électorat vert le SPD s'est engagé à stopper l'industrie nucléaire.

Ce contexte est renforcé par l'organisation fédérale de la sûreté nucléaire: si l'Etat central (ministère de l'environnement) définit la réglementation, ce sont les gouvernements locaux qui sont chargés de l'appliquer. En pratique les procédures sont longues, souvent bloquées malgré les rappels à l'ordre du Ministère de l'environnement.

En matière de démantèlement le problème principal des exploitants est celui du stockage des déchets. La loi allemande impose un stockage en profondeur quel que soit le type de déchets hautement ou faiblement radioactif. Or seul un centre de stockage est aujourd'hui ouvert, en Allemagne de l'est, mis aux normes à la hâte, avec une licence qui s'achève en l'an 2000 et dont on peut douter qu'elle soit renouvelée. Quoi qu'il en soit, de part cette conception monolithique, les coûts de stockage sont extrêmement élevés.

Le système serait totalement bloqué s'il n'existait en Allemagne un seuil d'exemption qui permet de faire sortir 98% des déchets du démantèlement du cadre des déchets radioactifs, après une éventuelle décontamination (pour 6% d'entre eux). Miraculeusement cette solution n'a encore fait l'objet d'aucune contestation, elle est même préconisée par la loi: par exemple le recyclage des gravats est obligatoire. Cependant sans traçabilité des déchets, il est impossible de savoir s'ils sont réellement recyclés ou s'ils sont stockés clandestinement. Cette solution est toutefois jugée beaucoup trop chère par les exploitants français qui cherchent à obtenir des coûts de mise en décharge 50 fois inférieurs à ceux pratiqués en Allemagne.

Dans un contexte peu favorable, mais clair en ce qui concerne la législation sur les déchets, les exploitants et le ministère de l'environnement ont, d'un commun accord, un discours très cohérent sur le démantèlement des installations nucléaires aux antipodes du discours d'EDF. Les choix ne sont pas techniques (on sait faire avec la technologie d'aujourd'hui) ni liés à la radioprotection (maîtrisée quel que soit le scénario), mais s'inscrivent dans la logique industrielle de l'entreprise: les considérations financières, économiques, industrielles, sociales, d'image de marque priment dans les décisions.

Trois visites de sites (centre de recherche de Karlsruhe, Greifswald (VVER) et Gundremmingen (réacteur eau bouillante 370 MW)) nous ont permis de constater que le démantèlement est intégré dans la gestion industrielle et sociale de l'installation. Le démantèlement immédiat est maîtrisé industriellement, avec des investissements dans des machines adaptées à la taille du chantier et utilisées à bon escient (en décontamination, découpe, compactage des déchets). Les coûts et les doses sont enfin parfaitement contrôlés.

Cependant, les installations sous responsabilité de l'Etat sont soumises à l'incertitude des crédits budgétaires, puisqu'ils ne disposent pas de provisions.

V Les Etats-Unis

Le nucléaire n'a fait l'objet d'aucun programme général aux Etats-Unis. Il n'y a donc pas de standardisation. De plus, les acteurs sont privés et indépendants. Leur poids est donc moindre, d'autant plus que le nucléaire n'est souvent pour eux qu'une petite partie de leurs activités...

Parallèlement, l'administration dispose à la Nuclear Regulatory Commission (NRC) d'un important service dédié au démantèlement (contrôle et suivi).

La réglementation.

A l'arrêt d'une exploitation, le point essentiel est la remise d'un plan de démantèlement pour approbation par la NRC. Pourtant, en attente de cette approbation, il existe une procédure appelée 50.59 qui permet d'engager certaines opérations lorsqu'elles s'apparentent à des opérations de maintenance. Ce qui peut vouloir dire démantèlement de générateurs de vapeur, décontamination... Pour éviter les abus, la NRC est en train d'en revoir les modalités de mise en oeuvre.

D'autre part, les industriels travaillent déjà dans une optique de libération de site au delà de certains seuils, même si la loi fixant ces seuils est encore en attente d'approbation par le Congrès. Le démantèlement peut ainsi être très différent du retour à l'herbe

L'expérience de terrain

Les aspects techniques et de radioprotection ne posent pas de problèmes: les américains utilisent en effet des techniques de démantèlement éprouvées dans l'industrie classique, ne font pas de développement, et utilisent beaucoup de main d'oeuvre.

En matière de radioprotection, les études menées rapportent que la dose reçue en démantèlement immédiat est double de celle en démantèlement différé, mais toujours faible par rapport à l'exploitation. De plus les doses diminuent fortement avec la répétition des opérations.

En matière de scénarios, des études de la NRC, des exploitants et d'organismes indépendants, concluent toutes que le démantèlement immédiat est plus favorable économiquement. Qui plus est, les quelques exploitants qui avaient choisi une attente sous cocon ont rapidement changé d'avis et opté pour le démantèlement immédiat, car les coûts de surveillance se sont révélés largement sous-estimés. Ils ont également réestimé la valeur de la mémoire humaine de l'installation pour le démantèlement. C'est donc toujours un démantèlement immédiat qui est choisi, puisque nous avons vu que les critères de radioprotection et de progrès techniques ne sont pas déterminants.

Quels sont les difficultés qui subsistent?

Le problème financier a été tranché en demandant la création d'un fonds par centrale. Le montant à provisionner est fixé par la NRC en fonction du type de réacteur (110 M\$ pour un REP). Le fonds est valorisé parmi une liste de placements agréés par la NRC, les intérêts n'étant pas taxés et reversés dans le fonds.

En revanche les déchets restent un vrai problème. Preuve en est les augmentations du prix de mise en décharge de 12% par an sur cinq ans dans l'Oregon, et les fortes variations entre Etats (1 à 10). Beaucoup d'exploitants préfèrent donc démanteler aujourd'hui connaissant la situation, de peur de ce qu'elle pourrait devenir.

Remarquons qu'aujourd'hui certains sites sont gérés avec de nombreux abus, et que les industriels disposent de libertés pour moyenniser la radioactivité contenue dans les différentes parties d'un élément massif. C'est ainsi qu'un site a éliminé d'un bloc ses générateurs de vapeur, et pourrait faire de même avec la cuve du réacteur si la NRC lui accorde une dérogation pour un élément, ce qui devrait être possible. De telles pratiques semblent peu importables en France.

Remarquons également certaines incohérences réglementaires entre les critères de libération de site et l'absence de libération possible de déchets. Or il est possible de faire ce que l'on veut de ce qui est sur un site libéré...

VI Enseignements

Les expériences française et étrangère permet de résumer les points suivants.

Tous les démantèlements entrepris à l'étranger aujourd'hui sont menés à terme dans les délais, les coûts et les doses prévues: le démantèlement est techniquement et économiquement faisable aujourd'hui, même si chaque pays a ses spécificités.

Dans tous les pays, seules des installations sous contrôle public direct font l'objet d'un démantèlement différé, pour des raisons budgétaires.

Le démantèlement peut être très différent du retour à l'herbe. Dès lors, il est dangereux de véhiculer l'image d'un retour à l'herbe (message qui frappe et qui est retenu par les médias, cf Canard Enchaîné du 24/04/96): il pourrait être difficile de faire autre chose par la suite.

Comme les contraintes de radioprotection sont surmontables, tous les acteurs qui ont entamé le démantèlement l'ont fait surtout pour des raisons de politique industrielle: le démantèlement immédiat permet d'attendre la fonte naturelle des effectifs, ou en attendant dix ans comme à Marcoule l'évacuation de déchets reconditionnés du bâtiment. Il n'est jamais question de radioprotection ou de technique dans ces choix.

Quoiqu'on laisse entendre, le démantèlement est déjà un sujet d'actualité en France, que ce soit au CEA, à la Cogema ou à EDF.

VII Conclusion

La Cogema a une stratégie industrielle cohérente, le CEA aussi même s'il souffre de certaines limitations financières. Seul EDF souhaite différer le démantèlement. Les raisons peuvent être multiples et nous les avons évoquées en II.

Cependant, le démantèlement immédiat (i.e. à court terme) est préférable, non pas parce que son coût est très différent de celui du scénario différé, coût au demeurant difficile à évaluer, mais car les risques liés à l'attente ne sont pas proportionnés aux gains envisageables. C'est au fond le ressort des décisions de démantèlement immédiat prises à l'étranger. En effet, la radioprotection et les techniques sont déjà maîtrisées à des coûts raisonnables. Les gains à attendre seront donc largement compensés par la sévèrisation de la réglementation (sûreté nucléaire, radioprotection, déchets) sur la même période: en 2070 les normes ne seront plus adaptées aux centrales dont la conception remonte à 1970. A l'opposé, les risques d'une attente aussi longues sont très importants pour les industriels: ils restent responsables financièrement d'une installation qui ne leur rapporte plus, mais qui coûte en termes de surveillance. La réglementation continuant d'évoluer, rien n'assure que le démantèlement sera plus facile après cinquante ans, d'autant plus que la mémoire de l'installation aura été perdue.

Il nous semble qu'en plus du risque industriel et économique que cela représente pour un industriel, reporter ainsi le problème laisse planer des doutes, génère des oppositions et entretient le mythe au sein de la population que le démantèlement est une tâche herculéenne. Ceci est très dommageable car la partie la plus délicate du démantèlement est la gestion des relations avec le public, sur le thème de la gestion des déchets qui en seront issus. L'ouverture d'une décharge étant une oeuvre de longue haleine, il vaut donc mieux commencer le plus tôt possible...

En guise de réponse au Canard Enchaîné, nous pourrions dire: " Le démantèlement on sait faire, ça sert à rien d'attendre et c'est raisonnablement cher ..."

INTRODUCTION

A l'occasion du dixième anniversaire de la catastrophe de Tchernobyl, le sujet du nucléaire est revenu sur la sellette. L'essentiel du débat concerne les risques dus au fonctionnement des centrales de l'Europe de l'Est, mais aussi le problème de leur démantèlement. Le vieillissement de ces centrales nous rappelle que même bien entretenu, la durée de vie d'un réacteur de puissance est limitée. Ceci est vrai pour les cinquante-quatre² centrales nucléaires françaises en exploitation. Mais au delà des réacteurs de puissance, les laboratoires de recherche, les usines du cycle du combustible et les usines militaires sont aussi concernés.

Alarmée par des titres comme celui du Canard Enchaîné du 24 Avril 1996 "Le démantèlement, ça coûte cher et on sait pas faire" l'opinion pourrait faire du démantèlement un problème de société, sans solution aujourd'hui, redoutable cadeau empoisonné abandonné à nos arrières- petits-enfants.

Des sommes importantes ont normalement été provisionnées pour couvrir les frais du démantèlement. Mais de nombreuses questions subsistent: démanteler, pour quoi faire? Sait-on démanteler à l'échelle industrielle? Allons-nous être submergés de déchets? Les sommes provisionnées sont-elles suffisantes? Quelles garanties couvrent ces fonds? Faut-il attendre avant de démanteler?

Le nucléaire en France

La France est le pays occidental pour lequel le nucléaire représente la plus grande part de l'énergie électrique produite, soit 80%. Les orientations qui seront prises à l'occasion du renouvellement du parc seront donc d'une importance considérable. Un grand nombre de réacteurs expérimentaux et de laboratoires de recherche, mais aussi huit réacteurs de puissance ne sont d'ores et déjà plus en service. Une usine d'enrichissement militaire ainsi qu'une usine de retraitement du combustible seront également bientôt arrêtées définitivement.

Au début du siècle prochain, le nombre et la taille des installations nucléaires en fin d'activité va s'accroître considérablement. De ce fait, le démantèlement des installations nucléaires, qui recouvre l'ensemble des travaux d'assainissement radioactif et de démontage de tout ou partie des installations, sera dans les dix à vingt prochaines années une activité industrielle de première importance. Pour donner un ordre de grandeur de l'importance des travaux, il faut savoir que le démantèlement du parc actuel d'EdF est estimé à environ 100 MdF, à comparer aux 600 milliards qu'a représenté sa construction (valeurs actualisées).

Même si l'essentiel du démantèlement concerne le futur, le problème se pose dès aujourd'hui à l'échelle industrielle.

² Cinquante-six avec les surgénérateurs Phénix et Superphénix, et bientôt soixante avec les tranches 1450MW de Chooz B 1 et 2 puis Civaux 1 et 2.

Beaucoup de débats aujourd'hui

Différentes affaires concernant les déchets de très faible activité et les travaux du député BIRRAUX ont mis à jour certaines zones d'ombre dans le domaine du démantèlement. Ceci a enclenché un processus dans lequel les exploitants et l'administration se penchent plus sérieusement sur le sujet, après l'avoir considéré comme un souci lointain.

Aujourd'hui, la situation évolue rapidement car nombre de réflexions et d'études sont en cours. Des tendances se dessinent mais les orientations stratégiques prises par chacun des protagonistes ne sont pas identiques.

Une des questions qui soulève bien des interrogations en matière de démantèlement est celle du coût et du financement. En effet, derrière se cache le problème plus épineux des "coûts cachés" de l'énergie nucléaire. Cette nouvelle étape atteinte par l'industrie nucléaire ne va-t-elle pas ruiner l'apparente compétitivité de l'électricité nucléaire?

L'autre principale pierre d'achoppement est celle de la gestion des déchets. Les coûts qu'ils peuvent entraîner, et les incertitudes réglementaires à leur sujet rendent ce point central dans les études menées sur le démantèlement.

Les nombreux débats qui ont lieu aboutissent toujours à ces deux principaux sujets, sans que les avancées ne soient encore réellement significatives. Sur ce point la situation est identique aux USA et en Allemagne.

La difficulté de l'exercice réside dans le fait que les intervenants doivent décider de leur politique sans avoir en main tous les éléments, quantitatifs (coûts des déchets, des machines) ou qualitatifs (évolution de la réglementation, avenir du nucléaire...). Le sujet est donc encore très débattu, étant donnés les enjeux financiers et industriels importants du démantèlement, les larges incertitudes en matière de déchets et de coûts qui subsistent, et les réactions plus ou moins rationnelles de la population vis à vis du nucléaire.

Le démantèlement pour quoi faire?

1) Le cycle du nucléaire

L'aventure du nucléaire a commencé en France il y a cinquante ans avec la création du Commissariat à l'Energie Atomique. Nous sommes aujourd'hui à la fin de vie de la première génération d'installations nucléaires du CEA, qui doit démanteler certains laboratoires pour se moderniser. Nous sommes aussi à la veille du renouvellement du parc de réacteurs de puissance d'EDF, dont la durée de vie, bien qu'elle soit régulièrement allongée (quarante ans aujourd'hui), ne dépassera pas cinquante ans. Quant aux installations d'enrichissement et de retraitement du combustible, la question du démantèlement s'est posée rapidement sous forme de réhabilitation de sous-unités des usines.

La question du démantèlement se pose donc à tous les niveaux du cycle du nucléaire, avec à chaque fois ses caractéristiques propres, mais toujours la même problématique: que faire de ces usines ou laboratoires radioactifs devenus inutiles ?

Tout le monde s'accorde à dire qu'il faut démanteler ces installations. D'une part, et c'est simplement du bon sens, une installation nucléaire laissée à l'abandon deviendrait dangereuse au fil des ans. L'industrie nucléaire de l'Est est là pour le confirmer. D'autre part, les industriels dans leur ensemble démantèlent leurs installations dangereuses en fin d'exploitation (mines, chimie,...), dans une optique de limitation des risques de pollution. Il n'y a donc pas de raison pour qu'il en aille différemment des sites nucléaires.

2) La réglementation

2.1 Les INB

Une réglementation particulière a été instituée pour s'assurer que les installations nucléaires sont construites et fonctionnent dans des conditions de sécurité satisfaisantes. La Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN)³ est chargée de la définition et de l'application de la réglementation concernant les principales installations nucléaires fixes, appelées Installations Nucléaires de Base (INB)⁴. Elles comprennent:

- les réacteurs nucléaires, à l'exception de ceux qui font partie d'un moyen de transport,
- les accélérateurs de particules,
- les usines de séparation, de transformation ou de fabrication de substances radioactives, notamment les usines de fabrication de combustible nucléaire, de traitement de combustible irradié ou de conditionnement de déchets radioactifs.
- les installations destinées au stockage, au dépôt ou à l'utilisation de substances radioactives, y compris les déchets.

Ces installations ne relèvent toutefois de la réglementation des INB que lorsque la quantité d'activité totale des substances radioactives qu'elles contiennent est supérieure à un seuil fixé, selon le type d'installation et de radioéléments considérés, par arrêté conjoint des ministres chargés respectivement de l'environnement, de l'industrie et de la santé. Les installations nucléaires qui ne sont pas considérées comme des INB peuvent être soumises aux dispositions de la loi du 19 Juillet 1976 en tant qu'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)⁵.

³ Créée par l'article 5 du décret 73-278 du 13 Mars 1973.

⁴ Définies par l'article 2 du décret 63-1228 du 11 Décembre 1963.

⁵ Pour un ensemble exhaustif des textes touchant au nucléaire voir: Sûreté des installations nucléaires en France, législation et réglementation, N°1606 Editions du JORF.

2.2 Le démantèlement

A l'issue de leur période d'exploitation, les INB font l'objet d'une série d'opérations d'assainissement et de transformations qui vont permettre leur arrêt définitif dans des conditions de sûreté satisfaisantes. Le cadre réglementaire régissant la fin de vie d'une INB a été précisé en 1990. Les textes en vigueur engagent l'exploitant dans une réflexion sur le devenir de son installation puis sur l'organisation par étapes des opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement. Ils ne définissent aucun objectif ni délai au démantèlement, dont les modalités sont laissées à l'appréciation de l'exploitant, sous réserve qu'il en démontre la sûreté. Les travaux ainsi réalisés vont alors conduire sur le plan administratif à ce qui s'appelle le déclassement de l'INB.

Le déclassement correspond à l'ensemble des procédures administratives destinées à modifier le statut d'une INB, pour en faire une nouvelle INB, ou une ICPE ou encore pour la sortir du périmètre des installations sous contrôle réglementaire. Cet ensemble de procédures est organisé en trois phases:

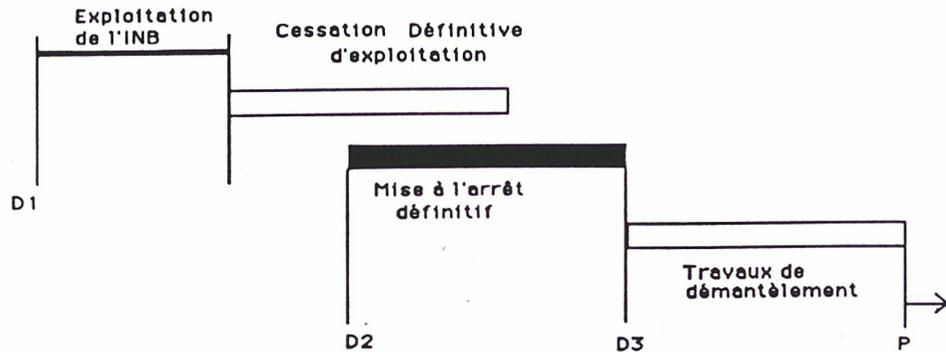
=> La première phase, qui commence dès l'arrêt de la production, et qui ne fait pas partie à proprement parler du démantèlement, s'appelle la "**Cessation Définitive d'Exploitation**" (CDE). Pour un réacteur nucléaire, ces premières opérations sont le déchargement complet et l'évacuation du combustible neuf et irradié (99% de la radioactivité totale), l'élimination des fluides caloporteurs, l'évacuation des matières radioactives hors du périmètre de l'installation, quelques opérations de décontamination et d'assainissement. Elles n'affectent pas la nature de l'installation nucléaire et sont réalisées dans le cadre des règles de sûreté en vigueur durant l'exploitation. Elles font néanmoins l'objet d'un rapport de sûreté explicitant le calendrier des travaux, le devenir des déchets et les procédures techniques. Il doit être remis à la DSIN au minimum 6 mois avant l'arrêt définitif de la production. A la fin de de cette phase l'usine pourrait redémarrer.

=> Les opérations de **Mise à l'Arrêt Définitif (MAD)** de l'installation portent principalement sur l'évacuation de matières dangereuses, pour limiter le risque d'incendie. Ils portent également sur l'assainissement et la mise hors service de matériels annexes non nécessaires au maintien de la sûreté, le maintien ou le renforcement des barrières de confinement et l'établissement d'un bilan de la radioactivité contenue dans l'installation. Ces travaux ne touchent pas les parties nucléaires elles-mêmes.

L'article 6 ter du décret 63 - 1228 modifié précise depuis 1990 les obligations de l'exploitant lorsqu'il envisage l'arrêt définitif de son INB et les procédures applicables à cette situation. Cet article prévoit que cette phase fait l'objet d'une autorisation par décret interministériel, après avis de la CIINB (Commission interministérielle des INB) mais sans enquête publique. Conformément à cet article 6 ter, pour obtenir l'autorisation en question l'exploitant qui envisage de mettre fin à l'exploitation de son installation doit en informer le directeur de la sûreté des installations nucléaires. Il doit dans le même temps justifier l'état de démantèlement final choisi, et fournir les règles générales de surveillance et d'entretien ainsi qu'un rapport de sûreté.

=> Les travaux de **démantèlement** porte sur la partie nucléaire proprement dite. Ceux-ci peuvent être engagés à l'issue des opérations de MAD ou bien différés. Ils font également l'objet d'un décret d'autorisation qui peut éventuellement être couplé à celui d'autorisation de la MAD. La procédure comprend une enquête publique. La réglementation ne précise pas d'état à atteindre, pas plus qu'elle n'impose de délai générique pour la complétion du démantèlement. Celui-ci sera précisé dans le décret d'autorisation.

LE DECLASSEMENT DES INSTALLATIONS NUCLAIRES DE BASE



D1 décret de création de l'INB
D2 Décret d'autorisation de la MAD
D3 Décret d'autorisation des travaux de démantèlement
P Procédure relative à la nouvelle installation

2.3 Les niveaux AIEA

Il existe plusieurs possibilités pour mettre une installation arrêtée dans un état de sûreté satisfaisant. L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) a ainsi défini trois niveaux possibles de démantèlement en fonction de l'état de l'installation et du mode de surveillance :

* Niveau 1: Fermeture sous surveillance

Pour atteindre ce stade, les travaux à réaliser sont limités.

-> Retrait des matières fissiles et des fluides radioactifs. Renforcement des différentes barrières d'étanchéité. Systèmes d'ouverture et d'accès verrouillés.

-> Contrôle de la radioactivité à l'intérieur de la centrale et dans l'environnement. Inspections et contrôles techniques garantissant le bon état de l'installation.

Cela correspond à la situation atteinte en fin de MAD.

* Niveau 2: Libération partielle ou conditionnelle.

A ce stade, la zone contenant les matières radioactives est réduite à son minimum et est confinée au plus près en complétant les protections biologiques, l'installation constituant alors une nouvelle INB ou une ICPE selon la radioactivité présente. Les travaux sont donc plus importants, mais la surveillance ultérieure plus réduite.

-> Zone confinée réduite à son minimum. Parties facilement démontables enlevées. Aménagement de la barrière externe.

-> Surveillance réduite à l'intérieur du confinement. Maintien de la surveillance de l'environnement. Vérification des parties scellées.

* Niveau 3: Libération totale et inconditionnelle.

A ce stade, tous les matériaux, les équipements et les parties de l'installation dont la radioactivité est restée significative sont évacués du périmètre de l'INB.

-> Evacuation de tous les équipements de radioactivité significative. La contamination des parties restantes est en-dessous du seuil nécessitant des précautions particulières.

-> Aucune surveillance, inspection ou vérification n'est plus nécessaire.

Cette classification est bien adaptée au cas des réacteurs de puissance, elle l'est moins pour une usine du cycle du combustible ou une usine militaire. L'approche

américaine paraît plus adaptée, car elle définit des scénarios possibles plutôt que des états⁶.

L'image véhiculée en France est celle du niveau 3 avec retour à l'herbe, rendue aux escargots ou aux vaches.... Jamais un démantèlement d'un réacteur de puissance commerciale n'a été poussé jusque-là en France. En revanche des expériences à l'étranger prouvent que cela est possible (Shippingport, USA; Niederaichbach, RFA).

3) Les acteurs

Trois grands types d'acteurs sont parties prenantes dans le démantèlement.

Les exploitants ont un poids important en France en raison de l'importance du programme nucléaire et parce qu'ils sont en situation de monopole sur leur secteur d'activité respectif. Notamment en matière de stockage à faible coût pour les déchets de très faible activité, ils sont en mesure d'influer fortement sur les orientations choisies.

Les ingénieries nucléaires (Framatome, Technicatome) et les prestataires de service sont actifs lors du démantèlement, mais sont tributaires des décisions des opérateurs. Si bien que leur poids décisionnel est limité. Ils estiment que le démantèlement sera un marché important, qui pourrait aussi être ouvert à l'étranger via des GIE bien que les entreprises soient plutôt nationales.

Le seul grand pôle qui puisse faire contrepoids aux exploitants est l'administration, dont les services concernés par le démantèlement sont multiples: la DSIN avant tout, appuyée par l'IPSN (Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire), la DGS (Direction Générale de la Santé) conseillée par l'OPRI (Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants), la DPPR (Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques), la DGEMP (Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières), le Budget, le Trésor... Les vues de chacun ne sont pas forcément convergentes, mais un travail commun est aujourd'hui bien engagé.

Les organismes internationaux (AIEA, AEN) observent plus qu'ils n'influencent réellement. Ils fournissent cependant des bases d'expertise sur lesquelles se fondent les instances administratives et les exploitants pour débattre. Ce sont également des lieux d'échange d'expérience entre exploitants assez efficaces mais essentiellement techniques.

Enfin le dernier groupe est composé des élus et des associations écologistes. Parmi les premiers, ce sont surtout les maires qui sont concernés. Leur rôle est fortement limité car ils sont pieds et poings liés au pourvoyeur de fonds que représente EDF pour leur commune. Qui plus est, ils n'ont pas l'expertise technique nécessaire pour juger, et font donc leurs avis de la DSIN. Les Commissions Locales d'Information⁷ qui pourraient être un moyen d'expression, restent de peu d'influence. L'opinion reste assez distante aujourd'hui des débats, sans doute car elle n'est pas consciente de l'existence même du démantèlement. Seules les réalités de l'Est viennent rappeler ce sujet à l'actualité⁸. Mais quoiqu'il en soit, le sujet est encore trop lointain et les travaux en cours trop peu importants en volume pour que l'opinion publique et la presse ne s'en émeuvent. Du même coup, les associations écologistes ne se sentent pas encore investies d'une mission de sauvegarde, et le démantèlement n'est pas pour elles un sujet porteur sur lequel elles se battent. Néanmoins elles ont sur ce sujet une position semblable à celle qu'elles défendent pour l'industrie classique, c'est à dire qu'elles s'opposent à ce que des sites pollués ou des situations potentiellement dangereuses soient laissées aux générations futures. Elles sont cependant réticentes aux mouvements de déchets radioactifs.

⁶ Pour plus de détails voir III A 4.1.

⁷ CLI: Elles regroupent l'exploitant, les Mairies des communes voisines de l'INB. Elles sont placées sous la direction du Préfet, et sont conçues pour diffuser localement les informations à la population. Malheureusement, dans la pratique, les informations sortent peu du cercle fermé de la CLI.

⁸ Le dixième anniversaire de Tchernobyl par exemple en Avril 1996.

Le public aura néanmoins un rôle fondamental à jouer dans le cadre des déchets de très faible activité⁹ et de la mise en place de sites dédiés, si cette option est retenue pour leur gestion. Le phénomène "NIMBY" (Not In My Back Yard) est en effet un des paramètres importants qui entrent en ligne de compte pour l'implantation des décharges en général, l'étiquette nucléaire devrait encore le renforcer.

4) Une problématique complexe

4.1 Echelle de temps et décroissance radioactive

Dans tous les pays, les autorités de sûreté et les exploitants ont étudié l'intérêt d'attendre plusieurs dizaines d'années avant de démanteler. La raison principale en est la propriété qu'a la radioactivité de décroître avec le temps. La question que tout le monde s'est posée est donc: peut-on tirer profit de la décroissance naturelle de la radioactivité pour améliorer la radioprotection des travailleurs lors des opérations de démantèlement ainsi que les quantités de déchets générées, et de cette façon baisser les coûts ?

Ainsi dans le cas des cuves et de leurs structures internes, un des principaux radionucléides contaminant est le cobalt (Co^{60}) de demi-vie égale à 5,27 ans. En cinquante ans la radioactivité diminue donc de mille fois environ.

Cependant, après une exploitation normale des réacteurs en mode commercial, des activités significatives en éléments à vie longue (supérieure à trente ans) sont observées (nickel, nobium par exemple). En conséquence, ces données suffisent pour affirmer qu'une simple attente ne suffira pas pour se débarrasser des problèmes de radioactivité sur les parties centrales des réacteurs, et que les travaux devront toujours être effectués par téléopération. Il n'en reste pas moins que pour les bâtiments annexes légèrement contaminés, une attente de cinquante ans peut paraître intéressante. Mais cette durée est très longue à l'échelle humaine ou industrielle. La question est donc: est-ce raisonnable et cela vaut-il la peine d'attendre ?

Pour les réacteurs de puissance, cette problématique entre démantèlement immédiat et démantèlement différé influence toutes les études sur le sujet. Elle conduit à analyser chaque paramètre et à déterminer s'il est préférable d'attendre ou non pour chacun.

En ce qui concerne le CEA et la Cogema, le débat sur l'attente avant démantèlement se pose moins. En effet, comme la contamination de leurs installations est essentiellement due à des éléments à vie longue, les délais nécessaires pour voir effectivement baisser la radioactivité sont extrêmement longs. Il n'y a donc pas de gain radiologique en général pour eux à attendre.

4.2 Etat à atteindre

L'état à atteindre pour le démantèlement est fonction de l'utilisation future des sites.

Il est évident que si celle-ci est "la cueillette des escargots ou l'élevage d'écolos en batterie" ¹⁰, il sera nécessaire d'aller jusqu'au retour à l'herbe, c'est à dire l'enlèvement total de tous les bâtiments et de toute contamination et la fin de tout contrôle administratif. Ceci correspond à la libération sans condition du site, pour une utilisation totalement libre.

Cependant, le site peut-être réutilisé pour une nouvelle installation nucléaire de base. C'est le concept du site éternel d'EDF¹¹, qui imagine ainsi un moyen de perpétuer

⁹ Voir plus bas 4.5.2.

¹⁰ Canard Enchaîné du 24 Avril 1996.

¹¹ Voir II C.

ses sites en ayant constamment une unité (i.e. deux tranches) en exploitation, une unité en construction et une unité en démantèlement au même endroit. Les avantages d'un tel système sont évidents puisque les efforts de choix de site et d'acceptation par la population, ainsi que les frais de gestion du personnel sont minimisés. Il impose néanmoins la destruction des bâtiments et génère des déchets.

Enfin, le site et les bâtiments peuvent être consacrés à d'autres activités industrielles. C'est le concept de libération conditionnelle du site que l'on trouve aux Etats-Unis. Il consiste par exemple à réutiliser certains bâtiments, partiellement décontaminés, pour la production d'électricité par une turbine à gaz. Comme il reste de la radioactivité, l'accès au site est restreint et les contrôles de sûreté continuent.

La position du public sera bien évidemment différente en fonction des options choisies. Le site éternel pourra sans doute garder ses secrets aux yeux du public. Mais un site qui n'est pas appelé à être à nouveau occupé par des activités nucléaires sera sûrement amené à être assaini rapidement. Le tout étant de savoir à quel niveau de propreté...

4.3 La radioprotection

Bien que la radioprotection soit un des points clefs du démantèlement, tout le monde s'accorde à dire que les doses reçues doivent être minimisées. La pratique du nucléaire a permis de dégager le principe ALARA¹² qui veut que tout soit fait pour limiter les doses reçues par les travailleurs ou par le public dans la limite du raisonnable (économiquement s'entend).

Ce principe ne doit cependant pas occulter toute objectivité, et servir à justifier une attente de plusieurs dizaines d'années sans considération des autres aspects de la problématique: ce serait contraire au R de ALARA. En effet, si ce principe permet de choisir entre deux solutions, pour atteindre un objectif donné, celle qui inflige le moins de dose, il ne permet pas de définir ce que doit être l'objectif à atteindre.

La question est donc de savoir si les doses reçues lors d'un démantèlement peuvent réellement être maîtrisées, en accord avec la réglementation en vigueur, et à un coût raisonnable.

4.4 La sûreté

La sûreté nucléaire des installations ainsi que des travaux de démantèlement fait l'objet du même consensus que la radioprotection. Tous les acteurs sont conscients que les critères de sûreté doivent être respectés en permanence, dans l'intérêt de tous y compris de la population.

Nous pouvons tout de même remarquer que dans l'optique d'un démantèlement différé, le maintien de la sûreté pendant cinquante ans est plus facile à promettre qu'à effectuer, surtout avec une enveloppe financière limitée.

En ce qui concerne la sûreté, il faut donc déterminer si le démantèlement peut se faire dans des conditions optimales de ce point de vue, et si une période d'attente longue ne risque pas de la compromettre.

4.5 La technologie

Le démantèlement est un chantier de démolition qui fait appel à des technologies classiques adaptées à un environnement nucléaire. Il utilise des techniques d'analyse et de mesure de la radioactivité, de décontamination, de découpe et de fractionnement, de travail téléopéré et de robotique, de traitement et de conditionnement des matériaux et des déchets. Les travaux de démantèlement se différencient néanmoins de l'expérience courante que les exploitants tirent de l'exploitation et nécessitent une organisation particulière. Nous reviendrons sur ces spécificités dans la partie sur le CEA (II A 2.2).

¹² As Low As Reasonably Achievable, aussi bas que raisonnablement possible.

L'industrie nucléaire s'accorde à dire que le démantèlement est une opération aujourd'hui techniquement maîtrisée. Nous verrons que les chantiers réalisés ou en cours le confirment. Mais, il reste à savoir si les améliorations technologiques que l'on peut attendre sur une période d'une cinquantaine d'années amèneront des progrès substantiels dans cette maîtrise technique du démantèlement qui justifieraient une période d'attente. Il reste également à savoir quel doit être l'effort de développement des industriels pour mettre au point des outils adaptés, afin de limiter l'emploi de main d'oeuvre.

Cependant il faut mettre ces avantages en balance avec les problèmes difficilement quantifiables de perte de mémoire de l'installation qui apparaissent sur de longues périodes, et qui ne sont que très rarement pris en compte dans les études.

4.6 Les coûts et les aspects financiers

La nécessité de garantir des fonds est issue du principe "Pollueur-Payeur", qui stipule que les bénéficiaires actuels d'activités polluantes doivent supporter la responsabilité et les coûts des obligations créées par ces activités. En conformité avec ce principe, des mécanismes doivent être mis en place afin de garantir que les fonds seront disponibles lorsque le financement de la dépollution et du démantèlement sera nécessaire.

Les coûts estimés du démantèlement sont variables selon les pays, essentiellement en raison de différences de réacteurs, d'approche en matière de programmation et de réglementation, et de coûts d'élimination de déchets. Les incertitudes techniques sur le coût d'une opération élémentaire (démontage d'un circuit ou assainissement d'un local) sont faibles car elles s'appuient sur l'expérience de la maintenance. Elles ne peuvent expliquer les variations des estimations entre pays.

En fonction des pays, les solutions retenues varient: constitution de provisions spéciales lors de la création de l'installation ou par annuités dans le bilan de l'exploitant qui reste responsable (Belgique, France, Allemagne, Suisse, Royaume Uni); versements annuels auprès d'un fonds ou d'un organisme gouvernemental désigné à cet effet qui prend (Italie, Espagne) ou non (Suède, Finlande) la responsabilité des opérations; recours à un système d'assurance ad hoc; mise en place de garanties mutuelles entre membres d'un groupe d'exploitants (USA).....

En France, pour les entreprises de droit privé, les provisions comptables effectuées sont déductibles fiscalement, et peuvent être placées. Se pose alors deux problèmes: quel montant et comment rendre pérennes et inaliénables ces provisions pour qu'elles soient disponibles le moment venu?

En revanche, pour l'Etat et les établissements publics, les règles comptables s'opposent à l'inscription de provisions. Seules des dotations spéciales inscrites au budget de l'Etat pourront donc permettre le démantèlement des laboratoires du CEA et des installations militaires, ce qui risque de peser sur les moyens consacrés au fonctionnement ou aux investissements.

Les incertitudes sur le financement, associées à des imprécisions sur le coût exact du démantèlement, renforcent le caractère menaçant du démantèlement pour le grand public: si même les experts n'en savent rien...

4.7 Les déchets

La radioactivité pouvant avoir des effets néfastes sur la santé, les déchets radioactifs doivent faire l'objet d'une gestion attentive, afin d'éviter que certains ne se retrouvent éparpillés dans le domaine public. La France a choisi d'adapter les mesures à mettre en oeuvre au danger que présente chaque déchet, c'est à dire à la radiotoxicité

qu'il contient. Les déchets sont répartis dans différentes catégories, chaque catégorie devant être prise en charge dans une filière adaptée.

4.7.1 Le tri

Exclusion faite du combustible qui représente 99% de la radioactivité, un réacteur de puissance génère environ 12 à 13 MT de déchets de sa construction à son démantèlement final. Mais 80% sont des gravats résultant du démantèlement, parmi lesquels 95% n'ont été ni contaminés ni activés lors de la phase d'exploitation. Sur les 2,5 MT restantes, 2% seulement sont produites pendant l'exploitation, 20% lors d'un démantèlement de niveau 2 et le reste pour atteindre le niveau 3.

Après contrôle, les matériaux issus du démantèlement sont triés en quatre catégories, en fonction de leur activité massique, de leur spectre radioactif et de leur teneur en radioéléments à vie longue:

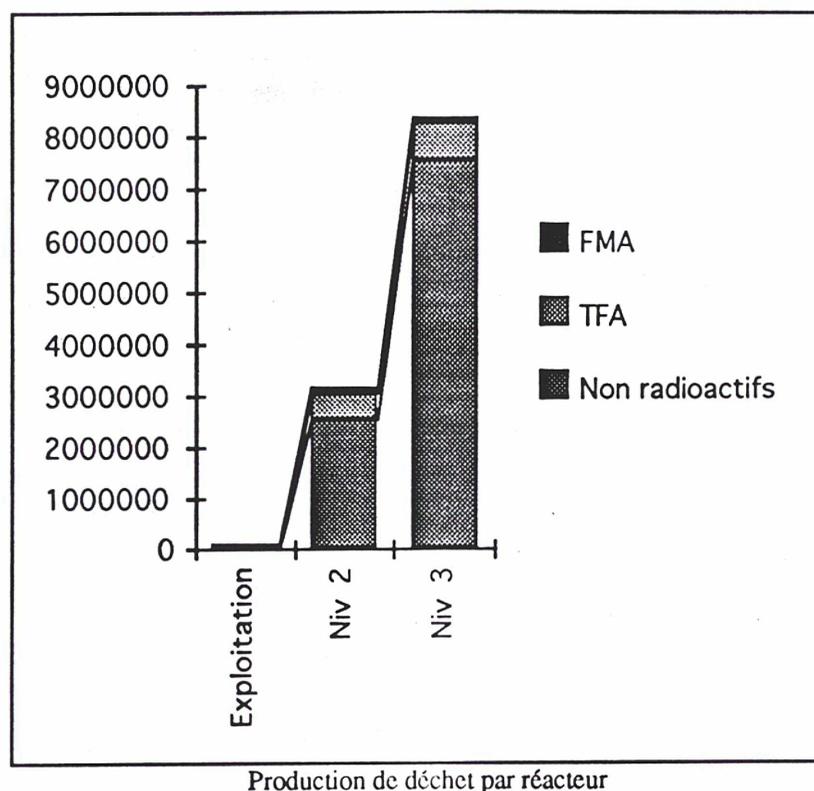
- les matériaux non radioactifs. Ce sont ceux sans radioactivité ajoutée c'est à dire ceux dont l'activité est de l'ordre de la radioactivité naturelle. Constitués essentiellement de bétons et gravats, ils représentent environ 85% des déchets du démantèlement.

- les déchets très faiblement radioactifs (TFA). Ils sont actuellement souvent entreposés en attente d'une réglementation. La réglementation est difficile à définir car on ne connaît pas l'effet exact sur la santé de doses aussi faibles que celles que ces déchets peuvent causer. La prudence pousse à prendre les mêmes mesures que s'ils étaient dangereux, mais la raison pousse à faire remarquer que les niveaux de radioactivité de ces déchets sont inférieurs à la radioactivité naturelle que nous supportons.

Ils constituent un gros point d'interrogation pour le coût du démantèlement car ils représentent 12% des déchets et que les filières de stockage et de recyclage ne sont pas encore définies. Plus de la moitié est constituée de ferrailles.

- les déchets de faible ou moyenne activité (FMA) à vie courte (Type A). Ils sont régis par une réglementation clairement définie, excepté sur la frontière entre déchets TFA et FMA. Ils sont destinés au centre de stockage de surface de l'ANDRA à Soulaire. Ils représentent 2% des déchets.

- les déchets de moyenne activité à vie longue (type B). Ce sont des résidus de décontamination des parties les plus actives d'une installation. Ils représentent 1% de la radioactivité des produits de fission des centrales. Ils iront probablement en stockage profond, suivant le résultat des études en cours dans le cadre de la loi de Décembre 1991. La cuve et les internes de cuve entreront dans cette catégorie.



4.7.2 Le problème des déchets TFA

La caractéristique radioactive d'un déchet impose des obligations de radioprotection adaptées. Pour les déchets dont la radioactivité est inférieure à 100 Bq/g en radionucléides artificiels et 500 Bq/g pour les radionucléides naturels, la réglementation n'impose pas aux détenteurs d'obligation particulière vis à vis de la radioprotection. Mais en l'absence de seuil d'exemption permettant de libérer un déchet de tout contrôle, l'exploitant est amené à considérer comme déchet radioactif tout matériau sortant d'une INB. Il y a donc là un vide juridique qui a été mis à jour suite à plusieurs affaires retentissantes (Radiocontrôle, Site Marie Curie à Nogent-sur-Marne, St Aubin).

Le sort des déchets de très faible activité ou non radioactifs, qui constituent la plus grande partie des produits de démantèlement reste donc à déterminer. En effet, leur grande quantité et leur faible radioactivité rendent leur stockage dans un centre du type de Soulaïnes à la fois inadapté et anti-économique.

Les exploitants appellent à définir un cadre réglementaire pour les substances contenant de la radioactivité en-dessous des concentrations massiques suivantes:

- * Une première catégorie d'activité massique comprise entre quelques Bq/g (à préciser) et 100 Bq/g (artificiels) ou 500 Bq/g (naturels) appelée TFA, quoique ne demandant pas d'actions particulières au regard de la loi de 1966 (modifiée 1988) sur la radioprotection, devrait être traitée de façon spécifique dans le cadre d'études déchets.

- * L'autre partie, la plus importante en volume, d'activité massique inférieure à ces quelques Bq/g (appelée auparavant "non radioactifs") devrait être considérée comme des déchets industriels ordinaires.

L'orientation prise par la DSIN s'appuie sur deux principes: *la responsabilité du producteur* et *la traçabilité* des déchets, déjà valables pour l'ensemble des déchets industriels spéciaux. Un exploitant reste responsable des déchets qu'il produit, au delà des limites de son établissement, jusqu'à l'élimination ou le traitement du déchets conformément à la réglementation en vigueur. Le concept de traçabilité impose à au générateur de déchets de documenter toutes leurs destinations finales, de façon à ce

qu'il puisse à tout instant prouver qu'ils sont dans une filière adaptée, évitant ainsi leur dispersion incontrôlée. Ceci implique l'exclusion de la mise en place d'un seuil universel de libération, puisqu'il n'y aurait alors plus de traçabilité du déchet. La DSIN propose de faire appel à une "gestion par filière" (béton, métaux, câbles, calorifuges / décontamination, incinération, fusion...), ces filières tenant compte de la physicochimie du déchet et du degré de contamination de sa zone de provenance. Celle-ci prévoira selon les cas le dépôt en centre de stockage adapté, ou la libération du déchet sous des conditions à déterminer au travers d'une étude d'impact.

Le démantèlement est fréquemment associé au problème des déchets TFA bien que ceux-ci puissent être générés y compris dans l'industrie non nucléaire¹³. En effet, le démantèlement génère beaucoup de béton non radioactif. Dès lors, pouvoir le réutiliser permet d'ouvrir de larges perspectives et de réduire les coûts. Mais les industriels notent malgré tout, et EDF en tête, que le recyclage ne pourra se faire n'importe où: le béton de qualité moyenne qui serait obtenu ne satisferait pas aux critères de qualité pour la construction de ses centrales par exemple.

La discussion sur les déchets se pose plus souvent en termes éthiques et sociologiques plutôt que techniques. C'est d'ailleurs le fait que des déchets radioactifs puissent durer des milliers d'années qui ont conduit le gouvernement français à penser que la gestion des déchets ne peut être laissée aux mains du secteur privé. Rien n'est cependant tranché pour les déchets d'activité inférieure à 100 Bq/g, et la société France Déchets (FD) vient de proposer récemment un concept de décharge dédiée pour les TFA en concurrence avec celui de l'ANDRA¹⁴. Le seul point commun de ces deux projets est le prix de 1000 F/t, proposée initialement par FD comme base de travail, et repris par les exploitants comme limite économiquement soutenable. Nous pouvons noter que pour les mêmes déchets, les prix sont dix fois plus élevés à l'étranger pour inciter au recyclage. Les exploitants ont en outre demandé qu'il n'y ait pas de conditionnement des déchets. La qualité d'interlocuteur unique de l'ANDRA en matière de déchets radioactifs aujourd'hui lui permet de présenter l'ensemble des propositions à la DSIN¹⁵.

Le concept de FD est celui de la Classe I des déchets industriels spéciaux "ARCHE" (Agencement des Résidus et Conditionnement Hors Eau), adaptée à des produits radioactifs. Il s'appuie sur des alvéoles séparées par des parois en béton et entièrement enrobées d'une géomembrane, prise en sandwich dans des géotextiles. Ces chambres sont superposées à la façon d'une pyramide aztèque, et contrôlées individuellement avec des drains. Une couche d'argile finale au-dessus de l'ensemble permet d'ajouter une protection supplémentaire en fin d'exploitation. Ce concept défend la réversibilité du stockage, un suivi infini, un dépotage protégé de l'air libre, et enfin un acheminement des déchets par voie ferrée.

Le concept de l'ANDRA est beaucoup plus simple, puisque l'unique protection serait la couche naturelle d'argile très peu perméable. Si l'argument technique de la non toxicité des TFA du point de vue de la lixiviation peu se défendre en dépit de l'entraînement potentiel de la radioactivité surfacique, un tel projet paraît très difficilement acceptable par les populations riveraines (d'autant plus que le site s'étendrait sur cent hectares...).

L'intérêt général quoique inégal porté par les exploitants à ces projets va de pair avec l'importance des débats menés sur le sujet des TFA. Ils traduisent la crainte des populations de les voir introduits dans le circuit public constituant alors une atteinte à la santé. Ils traduisent également la crainte des exploitants de se voir obligés de trouver des solutions pour gérer ces TFA à un prix rendant le coût du démantèlement prohibitif

¹³ Par exemple, le minerai nécessaire à la production d'engrais à la potasse contient de l'uranium.

¹⁴ Agence nationale des déchets radioactifs créée par la loi du 30 Décembre 1991.

¹⁵ EDF et le CEA ont aussi mené chacun une étude, plus théorique que vouée à aboutir opérationnellement.

car ces déchets représentent une grande part du coût total du démantèlement. La situation actuelle est un peu celle de la poule et de l'oeuf, l'administration ayant besoin d'expérience pour figer une réglementation, et les industriels refusant de se lancer sans être couverts par un cadre réglementaire.

Là encore démanteler plus tard permettrait probablement de diminuer les quantités de déchets, mais quelles seront alors les possibilités pour ressortir des vieux colis de déchets des centrales qui auront été mises sous cocon?

Le mouvement engagé permet de penser qu'une solution dédiée pourrait être disponible dans les années à venir, écartant par là même l'argument possible d'un report du démantèlement par manque d'exutoire pour les déchets.

Reste cependant à combler le vide réglementaire par un dispositif qui est voulu clair, stable et suffisamment souple par les exploitants...

4.8 L'environnement

Le sujet du nucléaire baigne dans un très important inconscient collectif, qui vient alourdir d'un fort poids politique tout processus de décision. Si les écologistes restent encore discrets sur le thème du démantèlement, leur attitude peut changer rapidement et le fond d'écologie de l'électorat se manifester brusquement lors d'un scrutin. Ceci augmente bien sûr les craintes des différents exploitants.

Le sujet étant complexe et parfois encore inconnu comme pour les conséquences des faibles doses sur la santé, il est difficile d'avancer des certitudes et de clore un débat. Dans ce contexte, la mise en place de mesures de gestion des TFA correctement dimensionnées est nécessaire. Une expérience grandeur nature réussie peut aussi être utile.

La peur des déchets nucléaires est un élément non technique à prendre fortement en compte lors du démantèlement. Si lors de la construction d'une usine nucléaire, l'intérêt économique permet de passer en force, il est peu probable qu'un investissement improductif comme le démantèlement puisse se faire sans un accord de la population: à qui sinon cela servirait-il de prendre des risques? La population préférera-t-elle voir les installations mises sous cocon ou voir les matériels transférés en centre de stockage?

Des considérations de radioprotection suggérant d'étudier un scénario de démantèlement différé, les exploitants de réacteurs se sont naturellement demandés si il n'était pas possible d'optimiser grâce à la période d'attente d'autres paramètres du démantèlement, comme le coût total, les quantités de déchets générées....

Mais quelle que soit l'optimisation réalisée, le démantèlement reste un investissement improductif. Cela incite fortement à le reporter le plus loin possible dans le temps. Finalement, nous sommes conduit à nous demander à qui et à quoi cela sert de démanteler puisque la réglementation n'impose pas de terme. Le démantèlement comme toute entreprise comporte une part de risque, et nous pouvons nous interroger pour savoir qui a finalement intérêt à ne pas voir le démantèlement reporté *sine die*, qui a intérêt à prendre ce risque, étant donné qu'il semble que les centrales puissent rester sous socon plusieurs dizaines d'années ?

II La mise en oeuvre du démantèlement en France.

A) Commissariat à l'Energie Atomique

1) Introduction

Le CEA a une expérience de longue date dans le démantèlement, aussi bien dans le domaine des réacteurs de recherche que des cellules chaudes. Comme toute activité pionnière, elle a donné lieu à des erreurs, ce qui l'a contraint à mettre en place les structures nécessaires à son bon déroulement. Aujourd'hui, si ce n'était certaines insuffisances budgétaires, le CEA serait en mesure d'assurer ses obligations de démantèlement, d'ailleurs rappelées dans le contrat d'objectif avec l'Etat.

2) Expérience

Le CEA possède une longue expérience du démantèlement sur des installations de types très variés, comme l'indiquent les tableaux suivants.

Réacteurs de recherche arrêtés au CEA

Installation	Arrêt définitif	Etat actuel
EL2 Saclay	1955	Confiné/Déclassé
G1 Marcoule	1958	Confiné/ICPE
CESAR Cadarache	1974	Démantelé/Déclassé
ZOE Fontenay	1975	Confiné/ICPE
PEGGY Cadarache	1975	Démantelé/Déclassé
PEGASE Cadarache	1975	Démantelé en partie/INB
MINERVE Fontenay	1976	Démonté/INB
EL3 Saclay	1979	Confiné, démantelé en partie/ ICPE
G2 Marcoule	1980	En cours de confinement/INB
NEREIDE Fontenay	1981	Démantelé/Déclassé
TRITON Fontenay	1982	Démantelé/Déclassé
RAPSODIE Cadarache	1983	En cours de confinement/INB
MARIUS Cadarache	1983	Démantelé/Déclassé
G3 Marcoule	1984	En cours de confinement/INB
EL4 Brennilis	1985	En cours de MAD/INB

Laboratoires et installations autres que réacteurs déclassés et en cours de déclassement au CEA

Installation	Arrêt définitif	Etat actuel
Le Bouchet (Essonne)	1970	Démantelé/Déclassé
ATTILA Fontenay	1975	Démantelé/Déclassé
PIVER Marcoule	1982	Démantelé/Déclassé
ELAN II La Hague	1970	Démantelé/Déclassé
ELAN II B La Hague	1973	En cours
AT1 La Hague	1979	Démantelé/Déclassé
RM2 Fontenay	1980	En cours
Cellules chaudes Saclay	1973	Démantelé/Déclassé
Bâtiment 19 Fontenay	1984	Démantelé/Déclassé
Bâtiment 18 Fontenay	en cours depuis 1982	En cours
Traitements Grenoble	1989	Démantelé/Déclassé
UBM Pierrelatte	1984	En cours

2.1 L'exemple des cellules 22,23 et 24 de l'Oris (Saclay)

L'Oris était un prototype de moyen de production de sources scellées de Césium 137 (émetteur γ) et de Strontium 90 (émetteur β). Il couvrait une surface de 150 m². Sa construction s'étend de 1966 à 1968, il a fonctionné de 1968 à 1972 et est resté à l'abandon de 1973 à 1987.

Le démantèlement a débuté en 1987 et l'installation a finalement été déclassée en 1994. Ce chantier représente 77.000 heures de travail et 50 millions de francs. Il a généré 590 m³ de déchets et une dose totale reçue par les travailleurs de 1,5 h.Sv, contre 0,2 prévus.

Le dépassement constaté sur les doses tient essentiellement à ce que les cellules avaient été abandonnées quinze ans auparavant sans mise en état d'attente, tous les moyens de manutention (bras téléopérateur par exemple) ont en conséquence été retrouvés dans un état hors d'usage.

2.2 L'ancien mode de fonctionnement de l'UDIN

Avant 1993, L'UDIN (Unité de Démantèlement des Installations Nucléaires) prenait en charge, au sein du CEA, la responsabilité des installations et de leur démantèlement. L'accident de Rapsodie (un mort lors d'une explosion sur le chantier de démantèlement du réacteur Rapsodie) a conduit à clarifier les notions de responsabilité, de propriété, et de maîtrise d'oeuvre.

L'UDIN était également chargée de la R&D nécessaire au démantèlement. Mais jusqu'en 1989, le mode de fonctionnement faisait que les chantiers étaient *de facto* les bancs d'essais de la R&D portant sur le démantèlement.

Enfin l'UDIN souffrait d'un problème de gestion du personnel. Les postes dans ce service étant considérés comme des solutions transitoires, la rotation du personnel était trop grande pour permettre une accumulation de savoir-faire.

2.3 La prise en compte du démantèlement *per se*

De ses succès et erreurs, le CEA a dégagé des enseignements et des lignes d'action.

Il a d'abord dégagé clairement les spécificités du travail de démantèlement par rapport à l'exploitation. La plus importante est que lors du démantèlement les barrières de confinement sont rompues, on sort donc de l'état d'exploitation stable connu depuis des années. La seconde spécificité est que le risque est inférieur à celui à prendre en compte lors de l'exploitation (la radioactivité résiduelle encore sur place est en générale très inférieure à celle d'exploitation) et qu'il faut donc adapter les mesures de sécurité du chantier. Toutefois, et c'est la troisième spécificité, il faut gérer de très grandes quantités de matériaux, souvent TFA, alors qu'il s'agissait en général de faibles quantités de produits de haute activité lors de l'exploitation. Enfin, le chantier évoluant de jour en jour, il est nécessaire de fonctionner avec des dossiers de sûreté (modifiables) et non des rapports de sûreté.

En second lieu, et c'est le point qui représente l'enseignement majeur pour le CEA, la gestion des déchets (en particulier des déchets TFA) requiert une organisation et des équipements optimisés.

Le CEA a par ailleurs senti le besoin de réformer le mode d'action de l'UDIN et de sensibiliser tout le personnel du CEA au démantèlement et à la gestion des déchets.

Enfin, le CEA affirme être capable aujourd'hui de démanteler tout type d'installation nucléaire, quelle que soit sa taille et sa structure, son type de contamination ou son âge. Les techniques nécessaires sont disponibles, et avec une préparation de chantier adéquate, les doses reçues sont maîtrisées.

3) Politique générale

Avant d'analyser les changements et la nouvelle structure adoptée par le CEA pour faire face efficacement aux charges de démantèlement, il est bon de rappeler quelle est la politique générale du CEA dans ce domaine.

La position du CEA se justifie par trois éléments clefs.

La pérennité des sites du CEA est largement moins claire que dans le cas d'EDF puisqu'il est tout à fait envisageable de déplacer des activités de recherche. Par ailleurs, le CEA a pris la décision de stopper toute activité nucléaire sur le centre de Fontenay-aux-Roses à cause de l'urbanisation très dense du voisinage.

L'originalité des activités du CEA réside dans le fait que la plupart des installations sont uniques et ont beaucoup évolué au cours de leur vie, sans assurance qualité. D'où l'importance de la mémoire humaine pour une bonne connaissance de l'installation et l'intérêt d'un démantèlement immédiat.

Enfin, il faut distinguer les réacteurs expérimentaux, dont les structures sont activées par des éléments à vie courte, des laboratoires ayant manipulés des éléments à vie longue. Les premiers seront démantelés partiellement (niveau 2) et attendront une décroissance radioactive naturelle sous cocon, tandis que les seconds seront démantelés totalement. En effet les contraintes budgétaires du CEA ne lui permette pas de tout démanteler au niveau 3 directement. Il est donc contraint de mettre certaines installations sous cocon, et a choisi de le faire sur celles pour lesquelles la décroissance radioactive sera effective sur quelques années, c'est à dire sur les réacteurs expérimentaux.

Un plan d'assainissement des centres civils a été élaboré en 1991 et 1992, puis révisé et complété en 1993. Il englobe le démantèlement proprement dit et la gestion des déchets anciens du CEA.

4) Organisation

Comme nous l'avons vu, le démantèlement a posé au CEA quelques problèmes, qui ont clairement montré le besoin de revoir le fonctionnement des activités de démantèlement et en particulier de l'UDIN.

Aujourd'hui, l'UDIN a une mission de maître d'oeuvre du démantèlement des installations du CEA, mais n'a pas la responsabilité de ces installations, qui restent sous contrôle du service qui les a utilisées (sauf si l'installation est orpheline, comme les réacteurs G2 et G3 de Marcoule). Elle est simplement chargée de mettre en oeuvre les actions nécessaires pour démanteler: études, appels d'offres, suivi des chantiers...

Quand une installation s'arrête définitivement au CEA, la direction responsable passe une convention avec l'UDIN, pour définir la mission que celle-ci doit remplir.

La structure interne de l'UDIN a également été revue. Cette nouvelle organisation sépare la branche "projets de démantèlement" de la branche "supports techniques". La branche "projets" est constituée d'équipes qui se consacrent à un site et à ses installations à l'arrêt. La branche de soutien technique assure une expertise dans les domaines de la technologie ainsi que celui de la sûreté. Elle gère également le retour d'expérience ainsi que la préparation des projets futurs. La branche de soutien technique est, de plus, responsable de l'identification des techniques et outils à développer pour optimiser le démantèlement. Les travaux de R&D se font dans les laboratoires compétents du CEA. Ils sont donc découplés des chantiers.

Enfin le personnel de l'UDIN est en phase de stabilisation: les équipes ont été renouvelées sur des contrats de plus longue durée.

Pour l'UDIN, l'assainissement des installations doit être fait par l'exploitant, car ce sont des activités très proches de celles d'exploitation, cela fait partie de son savoir-faire. En revanche, le démantèlement doit être fait par des spécialistes, car c'est une

activité totalement différente comme nous l'avons expliqué plus haut. Pour l'heure, la direction du CEA ne suit pas ce raisonnement, et maintient la responsabilité des installations définitivement arrêtées chez l'ancien exploitant. Il se peut que cette situation évolue à l'avenir car ce n'est pas une position de principe de la direction, mais une position d'attente. Les anciens étant partis avec leur savoir-faire, l'UDIN nouvelle formule doit faire ses preuves.

En ce qui concerne la sensibilisation du personnel au démantèlement et à la gestion des déchets, le CEA a d'ores et déjà produit quatre cassettes audiovisuelles pour faire partager l'expérience acquise. L'une d'elle décrit les outils et techniques mises en oeuvre, alors que les autres décrivent des chantiers (AT1, RM2 et l'Oris).

5) Recherche et industrialisation

En matière de R&D l'UDIN définit des plans à cinq ans, pour faire face aux problèmes techniques soulevés par le démantèlement. Ces plans identifient les outils à développer pour faciliter le démantèlement ou pour permettre au démantèlement de passer à une phase industrielle.

En effet, l'UDIN fait remarquer la faible productivité des outils actuels du démantèlement et en conséquence des chantiers. Par exemple, il est souvent nécessaire de faire des traitements de surfaces à grande échelle (comme l'écroutage des bétons), mais ces derniers se font généralement avec des outils ponctuels (canon à carboglace). Cela revient à balayer les quais du métro avec un pinceau d'artiste! De même, dans le domaine de la détection, des améliorations sont souhaitables afin de mieux caractériser et suivre l'évolution de l'ambiance radiologique des chantiers. L'UDIN fait également remarquer que la part de main d'oeuvre dans le coût du démantèlement (autour de 70%) témoigne d'un manque d'outils adaptés. Nous rejoignons pleinement cette analyse.

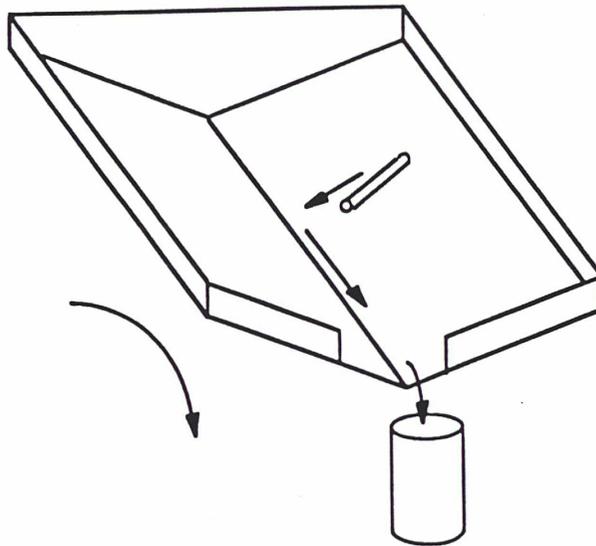
Depuis longtemps, les entreprises ont l'expérience de la démolition et même du démontage d'installations ou de bâtiments dans l'industrie non-nucléaire. Cependant, le démantèlement des installations nucléaires impose deux contraintes supplémentaires à ce travail de démontage. D'abord les travailleurs doivent rester le moins longtemps possible sur le chantier pour limiter les doses. Ensuite, les déchets générés doivent prendre le moins de place possible à cause du coût de stockage des déchets.

Ces contraintes sont suffisamment particulières pour ne s'être jamais imposées sur d'autres types de chantiers, et cela explique que les outils adaptés à ces conditions n'existent pas encore. Sur un chantier de démantèlement, ces contraintes sont suffisamment fortes pour nécessiter des outils nouveaux, sans pour autant parler de robotisation ou d'automatisation.

Donnons quelques exemples pour illustrer ces propos.

Dans tout ce qui est accrochage d'outils de découpe sur des tubes activés ou accrochage de ces tubes sur des palans, les opérateurs sont contraints de s'approcher des sources. Il faut donc diminuer le temps nécessaire pour ces actions, et optimiser les systèmes d'accrochage et de verrouillage.

Dans le domaine de la manipulation des matériaux issus du démantèlement, l'importance des doses reçues a montré la nécessité d'une chaîne de gestion adaptée et optimisée. A cet égard, l'exemple de Gundremmingen (Allemagne) est instructif. La découpe des générateurs de vapeur y a généré des centaines de morceaux de tubes de quelques centimètres de diamètre et de 80 cm de long. Il a fallu les mettre dans des fûts pour les envoyer en décharge. Pour cela il faut les aligner et les glisser par paquets dans les fûts, en travaillant à distance pour maîtriser les doses. Sans chercher de solution automatisée, l'exploitant a trouvé une solution originale, qui consiste à déposer les tubes à l'aide d'une grue dans une espèce de bec-verseur, qu'il suffit ensuite de basculer pour remplir un fût.



Outil de gestion de déchets

Dans le domaine de la découpe des tubes, des idées aussi sont les bienvenues. Par exemple pour découper un tube ayant un coude, sur un chantier classique un ouvrier muni d'un coupe-tube en fait trois morceaux, afin de pouvoir le manipuler facilement (schéma n°1). Cette méthode a un inconvénient majeur si le tube est activé: elle laisse un coude, qui prendra énormément de place dans un container de déchets. Le démanteleur d'INB souhaitera donc effectuer une découpe dans le coin (schéma n°2), malheureusement, le coupe-tube-dans-les-coins n'existe pas (encore!).

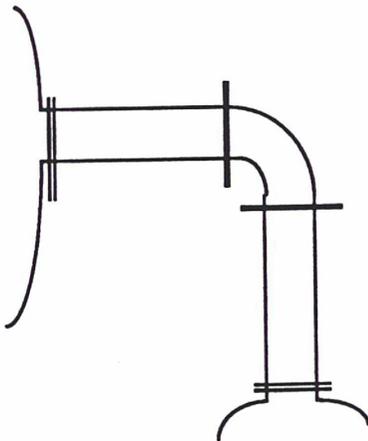


Schéma n°1

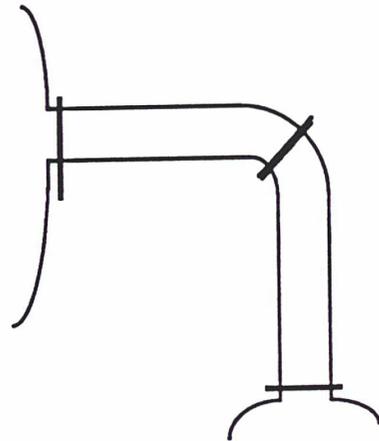


Schéma n°2

Il appartient aux entreprises effectuant le démantèlement d'amener les solutions à ce type de problème, dans le but de diminuer les doses et le coût du démantèlement. Il paraît clair que ces progrès techniques ne peuvent émerger que si des démantèlements de grandes envergures sont lancés.

6) Déchets

Comme tous les exploitants, le CEA se trouve confronté à la gestion des déchets issus du démantèlement. Par rapport aux autres exploitants, le CEA a la particularité d'avoir certains déchets très spéciaux liés au développement des filières françaises, en particulier de grandes quantités de graphite irradié et contaminé au tritium et au Chlore (Cl³⁶).

Les responsables de la gestion des déchets se réjouissent néanmoins des avancées faites sur le sujet des TFA¹⁶ malgré l'absence de seuils universels. Ils y voient en effet un moyen de baisser les coûts et l'exposition des personnes: par exemple pouvoir stocker du béton contaminé sans avoir à en écrouter la couche superficielle la plus radioactive, économiserait de l'argent et des doses.

Toutefois, cette analyse nous semble erronée, et c'est pourquoi nous regrettons le manque d'implication des élus et des associations d'écologistes, qui ne sont pas suffisamment présents pour rappeler ce que la société attend et est prête à accepter de la part des exploitants du nucléaire. Il semble en effet que la société puisse accepter l'ouverture d'une décharge TFA, mais cela ne se fera pas sans mal, et l'acceptation par le public d'un tel équipement passera sûrement par des contraintes sur les volumes et donc par le tri de ce qui peut être recyclé et de ce qui doit être stocké. Il nous semble déraisonnable de tabler sur un prix aussi bas que celui aujourd'hui avancé de 1000f/t pour le stockage des TFA lorsqu'on les compare à ceux pratiqués à l'étranger.

7) Coûts et financement

Le coût estimé du démantèlement des installations du CEA est de 29 MdF. Par comparaison, le budget civil pour 1996 du CEA est de 10 MdF.

De par son statut et son mode de financement, le CEA n'a pas de provisions pour faire face à cette charge. Il est financé pour partie par l'Etat, et pour partie par des tiers sur des contrats de recherche spécifiques. Il est donc exclu de provisionner sur la partie de recherche faite pour le compte de l'Etat, ce dernier devant couvrir les frais en temps utiles. Avant 1993, le CEA n'avait pas le droit de provisionner non plus sur les recherches effectuées pour des tiers. Le CEA finançait donc le démantèlement par prélèvement sur ses crédits de recherche, alors que normalement l'Etat doit couvrir par une ligne budgétaire supplémentaire, l'engagement de démanteler qu'il avait pris via le CEA en lançant des activités nucléaires.

Depuis 1993, dans ses prestations à des tiers, le CEA peut facturer un coût pour le démantèlement et le provisionner. Le montant de cette provision atteint aujourd'hui 60 MF, il est donc sans commune mesure avec les enjeux.

Le CEA a également dégagé des lignes budgétaires pour démanteler et a reçu des financements externes au travers d'une convention, dite convention CEA-EDF-COGEMA qui couvre le financement du démantèlement des installations arrêtées avant 1990. EDF et COGEMA avaient bénéficié du fonctionnement de ces installations mais le CEA ne leur avait pas facturé leur part de démantèlement. C'est ce qui est fait aujourd'hui par l'intermédiaire de cette convention. En francs courants, celle-ci prévoit 3,4 MdF de dépenses sur huit ans. Le CEA y contribue à hauteur de 52%, EDF à hauteur de 42% et COGEMA à hauteur de 6%.

Il est clair que pour les installations arrêtées après 1990, le financement du démantèlement de la partie non couverte par des contrats privés reste à trouver. Actuellement, l'Etat demande au CEA de trouver lui-même l'argent nécessaire. La contrainte de l'opinion publique pour démanteler n'étant pas très forte, le CEA se limite donc au minimum, et les travaux sont définis en fonction des budgets disponibles, soit 600 MF pour 1996. Ceci représente en volume l'équivalent de la part des investissements du CEA financés par l'Etat.

Le CEA aimerait pouvoir renouveler la convention CEA-EDF-COGEMA après 1998, mais pour l'heure la question est ouverte. La garantie du CEA repose donc sur le groupe CEA-Industrie. La direction du CEA sera probablement amenée à envisager de

¹⁶ Les défis du CEA, Février 1996, p25.

vendre des parts de sociétés détenues par cette holding pour financer ses activités de démantèlement.

8) Le cas de EL4

8.1 Caractéristiques et historique

Le réacteur de puissance expérimental de Brennilis (Finistère) est un réacteur modéré à l'eau lourde (quatrième du nom, d'où l'appellation EL4), refroidi au gaz carbonique. Il est implanté dans ce qui est aujourd'hui le parc naturel régional d'Armorique. D'une puissance électrique de 70MW, il devait utiliser de l'uranium naturel comme combustible, mais devant l'échec rencontré dans la mise au point de gaines adaptées pour ces combustibles, il a fonctionné avec de l'uranium légèrement enrichi. Ce réacteur était le prototype industriel de la filière française développée par le CEA. A cause de ce double statut expérimental et industriel, EL4 est sous la responsabilité conjointe de EDF et du CEA. Il est en conséquence géré à parité par ces deux organismes.

Construit en 1962-63, le réacteur a divergé pour la première fois le 23 Décembre 1966, et a été couplé au réseau le 9 Juillet 1967. Malgré le choix de la filière PWR en 1970, le réacteur a continué à fonctionner jusqu'au 31 Juillet 1985. Au total, le réacteur a fonctionné 106.306 heures, et a produit 6.234.952 MWh électriques avec un taux de disponibilité de 83%.

Depuis Septembre 1985, les travaux de mise à l'arrêt ont été menés. Ils ont permis:

- de décharger et d'évacuer le combustible irradié,
- de vidanger et sécher les circuits,
- de transférer les effluents liquides,
- de vidanger les piscines,
- de décharger, conditionner et évacuer l'eau lourde,
- de démanteler la salle des machines.

De 1987 à 1993, les exploitants ont suivi les procédures menant à l'autorisation de démantèlement. Le projet, étudié et mis au point par Technicatome, prévoit un démantèlement de niveau 2. Les remarques faites lors de l'enquête publique, qui a eu lieu du 19 Décembre 1994 au 20 Janvier 1995, portent surtout sur le niveau de déclassement choisi:

- de nombreuses personnes souhaitent que la cheminée de ventilation soit démolie pour des raisons esthétiques
- les écologistes et certains élus demandent que la centrale soit démantelée au niveau 3 immédiatement, celle-ci étant sur un site sans nouvelles activités nucléaires, et de plus dans un parc naturel.

En 1989, EDF a passé une provision de 116 MF pour sa quote-part du démantèlement au niveau 2 de Brennilis. Les reprises sur provisions effectuées par EDF à ce jour, pour les travaux menés à Brennilis, se monte à 50 MF¹⁷.

En ce qui concerne les chantiers à venir, la maîtrise d'oeuvre, représentant au total 25 MF, sera assurée par EDF (50%), SGN (25%) et Technicatome (25%). Le lot démantèlement proprement dit, d'une valeur de 115 MF, est réparti entre diverses entreprises de génie civil (Campenon, Bouygues, Entrepose, Quille, Comex). Le lot concernant la radioprotection et la gestion des déchets est confié à un GMES formé par STMI et Framatome, pour un montant de 48 MF.

¹⁷ Rapport intermédiaire du groupe de travail présidé par la DGEMP "Démantèlement des installations nucléaires", 31 Juillet 1995.

8.2 Avenir

Les exploitants ont admis l'intérêt d'un démantèlement immédiat de la cheminée, et ils l'ont inclus dans leur projet. A la demande pressante de la DSIN ils étudient également le démantèlement immédiat du reste de l'installation. Une décision à ce sujet devrait être prise en 1998¹⁸. Le CEA est assez favorable à un démantèlement rapide de EL4, mais il se doit de rester solidaire de EDF dans ses prises de positions officielles sur EL4.

Pour l'heure les scénarios sont comparés sur la base d'une optimisation technico-économique des choix. Or de tels calculs sont peu fiables car il est impossible de connaître sur cinquante ans les variations de tous les paramètres. Qui plus est, nous verrons dans la suite de ce rapport, en particulier dans les sections consacrées aux Etats-Unis et à l'Allemagne, que certaines des conclusions tirées actuellement de ces études sont erronées. En particulier, en matière de techniques, il est faux de dire que le démantèlement immédiat "conduira cependant à des solutions techniques élaborées, à niveau de risque élevé, ou encore non industrielles, et donc coûteuses."¹⁹

Le démantèlement immédiat de Brennilis est souhaitable car il laissera assez de temps pour en tirer toutes les leçons avant la fin de vie du parc actuel d'EDF. Il n'en reste pas moins que ce démantèlement devra s'accompagner d'une solution technique pour la gestion temporaire des déchets les plus actifs et des déchets TFA.

8.3 Les avis des divers intervenants sur le sujet

Il transparaît de l'enquête publique un désintérêt marqué du public pour le démantèlement: la population voisine s'est habituée à la présence de la centrale et n'est pas spécialement pressée de s'en débarrasser.

La DSIN pousse pour que les exploitants mènent un démantèlement complet immédiat de Brennilis, afin de pouvoir dégager les vrais problèmes réglementaires et de sûreté, que pose un démantèlement de grande taille: gestion de chantier, gestion des déchets... L'IPSN rappelle à ce sujet que le savoir-faire en radioprotection ne permet pas de trouver a priori la solution technique la moins coûteuse en dose, mais que cela se déduit du retour d'expérience. La DSIN et l'IPSN sont rejointes dans cette position par le ministère de l'environnement qui souhaite aussi voir mené un démantèlement de grande envergure afin de préparer l'arrêt du parc d'EDF. Un autre souci du ministère de l'environnement est de ne pas laisser aux générations futures le soin de démanteler nos centrales.

La DGEMP estime que la DSIN sort de ses attributions en demandant l'exécution d'un chantier immédiatement pour des raisons autres que de sécurité. Bien qu'elle soutienne la position d'EDF, la DGEMP ne voit toutefois pas d'obstacle à un démantèlement immédiat de EL4, à condition qu'il existe un intérêt réel à le faire, et qu'il soit possible de bénéficier ensuite de retours d'expérience conséquents.

Il ne paraît pas improbable que l'administration impose par décret le démantèlement de Brennilis. En effet, il n'est pas du tout sûr que le ministre de l'environnement accepte de signer le décret autorisant la mise sous cocon de Brennilis pour une période de plusieurs dizaines d'années dans la forme prévue actuellement. Il a d'ailleurs déjà été demandé à EDF et au CEA de fournir des études plus complètes sur un démantèlement immédiat. Le décret peut aussi ne pas être signé du tout et il peut être demandé un démantèlement immédiat.

9) Conclusion

¹⁸ Rapport annuel du CEA 1994

¹⁹ Note technique N°011/95, p14

En conclusion, il faut retenir de l'étude du CEA que ce dernier possède une longue expérience du démantèlement. Après tâtonnements, le CEA a mis en place une structure adaptée aux enjeux et aux spécificités du démantèlement. Néanmoins devant se consacrer avant tout à la recherche, le CEA rencontre des difficultés pour dégager des financements, ce qui le conduit à reporter le démantèlement complet de certaines installations.

B) Compagnie Générale des Matières Nucléaires

1) L'expérience du démantèlement à la Cogema

La Cogema a une expérience importante des activités de démantèlement, tant à la Hague qu'à Marcoule. Comme elle est amenée à modifier ses installations actuellement en exploitation, elle est contrainte de démonter certaines parties de ses installations pour les modifier ou les remplacer. L'importance et la nature de ces travaux sont variables, le total de ces interventions atteint toutefois 100 MF.

Exemples de démantèlement menés à la Cogema

Type d'opération	Durée approximative
Echange standard d'équipement	3 mois
Démantèlement d'un chantier à fort débit de dose par téléopération	6 mois
Démantèlement de liaisons actives enterrées	4 mois
Démantèlement d'installation à distance sous eau	9 mois
Décroûtage de béton contaminé	9 mois
Assainissement et démantèlement de piscine d'entreposage de combustible	7 mois
Assainissement de cellules, piscines	48 mois
Démantèlement d'installation de traitement des eaux de piscine	8 mois

Cogema a pris soin de sauvegarder ce retour d'expérience en terme de techniques utilisées, de contraintes radiologiques rencontrées et de réponses adoptées (décontamination préalable aux travaux et tenues de travail), de déchets et effluents produits et enfin les difficultés particulières rencontrées.

Ce retour d'expérience a permis à Cogema de mettre au point une méthodologie d'approche du démantèlement, qu'il soit partiel comme dans les exemples cités, ou global pour la fin de vie des installations. Cette méthodologie permet d'estimer les coûts, la durée des travaux, les doses et les quantités de déchets produites par type de cellule.

2) Les démantèlements à venir

Cogema n'a qu'un nombre restreint de sites. Naturellement tous ces sites n'ont pas débuté leurs activités en même temps et ne s'arrêteront donc pas en même temps. De plus les installations concernées sont de types variés: mines, usines d'enrichissement et usines de retraitement. La problématique est différente dans chacun des cas.

Pour une mine la difficulté réside dans les quantités énormes de matières résiduelles (millions de tonnes), indéplaçables, légèrement actives, et source de radon, alors que le site est destiné à être abandonné totalement. Le risque chimique de migration des métaux lourds est plus important que les problèmes posés par l'uranium radioactif. Une surveillance à long terme est donc nécessaire alors que le site n'est que faiblement radioactif.

En ce qui concerne les usines d'enrichissement le problème est celui du risque de criticité et du dégagement éventuel d'acide fluorhydrique qui peut se former par réaction entre le tétrafluorure d'uranium et l'humidité de l'air.

Enfin pour les usines de retraitement, la difficulté du démantèlement tient au mélange d'un grand nombre d'éléments radioactifs différents (Strontium, Césium, Plutonium, Américium, Cobalt, Ruthénium...).

Le planning prévu des arrêts est le suivant:

USINE	DATE D'ARRET PREVUE
Pierrelatte	arrêt en 96 de l'usine militaire
Eurodiff	2010
Mines	Variable
Marcoule (retraitement)	1998
La Hague	2015

3) La politique de démantèlement

La position de la Cogema se caractérise par son approche industrielle du problème du démantèlement, bien que ce ne fut pas toujours cas par le passé. Cette approche ressemble beaucoup à ce qui se pratique à l'étranger²⁰, excepté en matière de communication extérieure. En démantelant immédiatement après l'arrêt des installations la Cogema cherche, d'une part, à limiter ses risques industriels aussi bien que financiers, et d'autre part, à résoudre les problèmes sociaux que posent la cessation d'activité. Par exemple, l'usine de Marcoule, qui ferme dans deux ans, emploie aujourd'hui 1800 personnes.

La Cogema ne prône pas de scénario de démantèlement général valable pour toutes ses installations. Notons qu'elle ne parle pas de retour à l'herbe dans ses communications extérieures. La raison en est simple: alors que Cogema vise une libération inconditionnelle des sites miniers, elle espère maintenir une activité sur ses sites industriels (La Hague, Marcoule) et vise en conséquence un assainissement partiel seulement. L'entreprise prend donc soin de ne pas laisser croire au public que ses sites seront remis dans le domaine public.

3.1 Les mines

Pour résoudre le problème posé par les mines, les bâtiments de surface sont décontaminés et démantelés. Tout ce qui ne peut être recyclé de façon rentable est enterré sur le site. Un plan de la position de chaque matériel enfoui est dressé. Enfin tous les terroirs sont fixés sur place et les terresensemencées.

Nous n'avons pas approfondi ce sujet.

3.2 Les usines

Pour être bien clair il faut insister sur la différence entre la cessation définitive d'exploitation (CDE), la mise à l'arrêt définitif (MAD) et le démantèlement.

La CDE:

La première étape est prévue dans le décret d'autorisation d'exploitation, et est effectuée sans conditions spéciales (hormis information de la DSIN) par les exploitants eux-mêmes. Pour Marcoule cette phase consiste à vidanger les circuits au chassermatière pour éliminer la charge de combustible qui pourrait y rester. Cette phase se pratique habituellement durant les arrêts d'été. Elle durera deux mois.

La MAD:

La MAD nécessite un décret spécifique et recouvre des opérations plus avancées. Toujours sur l'exemple de Marcoule, elle consiste à rincer et décontaminer de façon

²⁰ Voir les paragraphes sur les USA et l'Allemagne.

aggressive les circuits, ainsi qu'à décontaminer in situ un certain nombre d'appareils (comme le dissolvant) grâce à des mousses ou des gels. A cela s'ajoutent quelques travaux pour faciliter la surveillance et quelques démantèlements marginaux, comme celui de l'atelier de dégainage afin de récupérer les morceaux de combustible épars.

La durée prévue de cette phase est de trois ans. Ces travaux de mise en sûreté sont réduits au minimum car le démantèlement est très rapproché de cette phase.

Le démantèlement:

Quant au démantèlement, il se place en aval de ces opérations. Il aura lieu environ dix ans après la MAD, non pas pour des raisons de radioprotection, mais pour des contraintes de charge de travail sur le site de Marcoule. Il faut en effet reprendre le conditionnement de sept cents fûts de déchets bitumés, entreposés sur le site et datant des années 1960. Ce sera fait avec le personnel de l'usine et dans ses locaux, d'où l'intérêt de ce délai. Les installations seront alors mises en dépression, pour éviter tout rejet de poussières radioactives vers l'extérieur, car à ce stade par exemple, les murs n'auront pas été lavés, et avec le temps, des dégagements de poussières peuvent se produire.

Le démantèlement de l'usine de retraitement de Marcoule consiste à réaliser un "niveau trois radiologique". Cette expression signifie que le génie-civil est préservé, mais que tout est décontaminé pour que les bâtiments puissent être déclassés en zone radiologique de classe 1, et l'installation classée en ICPE.

Ce scénario préserve l'avenir car le devenir des bâtiments n'est pas encore exactement défini mais dépendra des activités futures de Cogema. Cependant, les projets actuels pour le démantèlement sont cohérents puisque Cogema n'envisage pas et ne provisionne pas un retour à l'herbe alors qu'elle souhaite réutiliser ses sites.

3.3 Les techniques

Elles sont disponibles à l'heure actuelle: il suffit de regarder les chantiers que Cogema a pu mener à bien. Elles ne nécessitent donc pas de R&D, sauf dans le domaine de la décontamination où des progrès seraient bénéfiques.

Il y a très peu de téléopération, puisque seulement 10% des cellules nécessitent un tel traitement. Il y a encore moins d'utilisation de robots, l'expérience du démantèlement d'ATILA ayant montré les limites de ces outils quand ils n'ont pas été prévus à la conception de l'installation.

Le savoir faire acquis par Cogema sur les modifications de ses installations est d'un très grand intérêt car, les usines étant divisées en nombreuses cellules, le démantèlement final n'est rien d'autre que la somme d'un grand nombre de démantèlements de petite taille.

Dans une certaine mesure ce raisonnement s'applique aux centrales d'EDF: elles sont également formées de nombreuses pièces et traversées par des tuyauteries. Le démantèlement de Brennilis peut donc apporter des enseignements utiles au démantèlement des REP, bien que ces derniers soient de taille beaucoup plus grande que EL4.

3.4 Les déchets

Pour Cogema, la gestion des déchets du démantèlement est un aspect primordial du démantèlement. Cogema estime indispensable de pouvoir recycler la majeure partie des déchets, et c'est cette position qui est soutenue face à l'administration. L'enjeu est de taille pour Cogema car ses usines sont essentiellement formées de tuyauteries, et recèlent donc des milliers de tonnes de ferrailles peu actives. Afin de préserver la rentabilité de ses activités, il importe donc de pouvoir tirer parti de tout ce qui est réutilisable.

En d'autres termes, Cogema craint un certain manque de courage de la part des responsables politiques. La crainte de Cogema et des autres industriels du secteur, est

de voir se mettre en place une réglementation et des pratiques concernant les déchets TFA qui soient hors de proportion avec les dangers réels créés par ces déchets, aussi bien à l'égard de la santé publique que vis à vis de l'environnement. Ils dénoncent d'ailleurs l'ambiguïté qui règne dans les discussions avec l'administration, entre les sujets de santé publique et d'acceptabilité par la population des solutions retenues.

Actuellement les déchets TFA générés par l'exploitation des usines du cycle sont entreposés à même le site. Les déchets qui seront générés lors de la CDE et de la MAD sont essentiellement de type B, car ce sont en majeure partie les effluents et déchets produits par le rinçage des installations. Les déchets à attendre du démantèlement hors génie-civil seront principalement de type A. Le génie civil génère essentiellement des déchets TFA, mais en très grandes quantités.

Dans les études menées sur la gestion des déchets, le recyclage est rentable, moyennant des hypothèses sur les prix de transport et de stockage²¹. C'est à dire qu'en incluant les coûts générés par la traçabilité requise des déchets, le prix de revient reste inférieur à celui du stockage. Cogema conteste également l'existence d'une réglementation spécifique aux déchets TFA, et propose que la réglementation ne se borne qu'à définir les termes source maximaux et des limites de tests de lixiviation.

4) Coûts et financement

4.1 Niveau des provisions

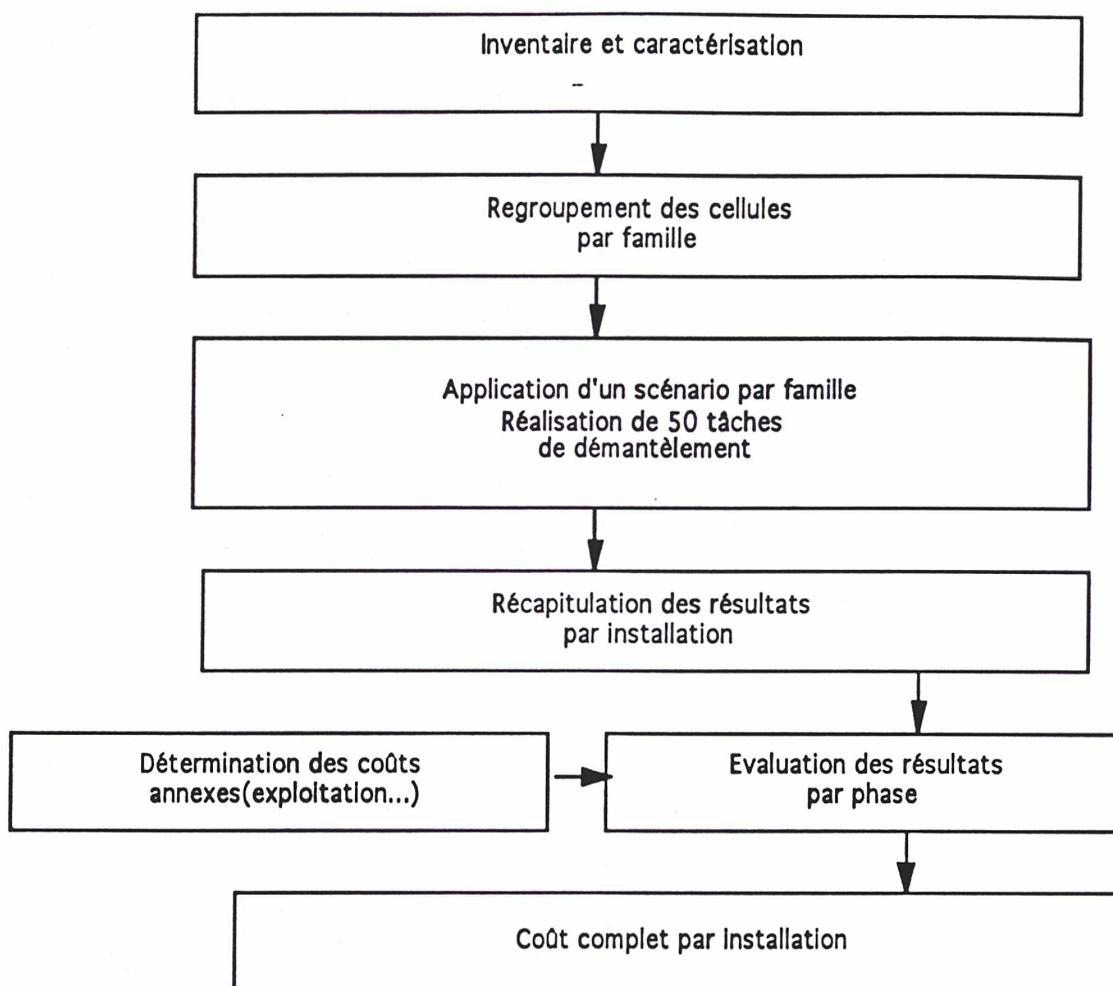
Bien que le rythme des provisions pour démantèlement soit très important en valeur absolue, 1 MdF par an, il faut le remettre en perspective avec les chiffres caractéristiques de la Cogema. Cette somme doit se comparer au montant total des provisions et amortissements de tout genre que passe la Cogema, qui s'élève à 9 MdF pour 1995.

L'estimation des coûts de démantèlement est réactualisée tous les cinq ans en utilisant la méthodologie mentionnée au début de ce chapitre. Celle-ci a été mise au point par la société SGN.

Elle peut être considérée comme fiable car elle a été testée sur le terrain, auditée et approuvée par le CEA. Elle consiste à découper une usine en ateliers, et les ateliers en cellules élémentaires, puis à caractériser et regrouper toutes ces cellules (1200 cellules à la Hague par exemple) par famille. Il existe en tout une trentaine de familles. Un scénario de démantèlement est établi pour chaque famille. Les calculs de coût, de dose, de délais, de déchets sont alors effectués par tâche de démantèlement qui composent les scénarios spécifiques.

Le modèle agrège tous ces résultats. Après cela il faut ajouter au coût de démantèlement obtenu, le coût de stockage des déchets et le coût de surveillance pour les opérations différées.

²¹ Coûts supposés de prise en charge ANDRA (transport + stockage):
type A 10 kF/m³ / type B 250 kF/m³ / type C 550 kF/m³



La DGEMP n'a pas intégré au rapport d'étape de son groupe de travail²² la dernière remise à jour faite par la Cogema pour la Hague en 1993. Le montant total prévu du démantèlement (coût de stockage des déchets inclus) a été réévalué à 25 MdF, au lieu de 23,8 dans l'étude précédente datant de 1989 (les déchets comptant pour 6,5 MdF environ dans les deux cas).

Les modifications du coût final par rapport à la version précédente tiennent à plusieurs éléments:

- raffinement des briques élémentaires du modèle
- réajustement du prix de conditionnement des déchets
- intégration des coûts de surveillance
- changement de périmètre

Dans ces évaluations, la plus grande incertitude est liée aux coûts de transport et de stockage des déchets.

4.2 Gestion des provisions

La constitution, le statut juridique, et la gestion des provisions pour démantèlement est variable parmi les pays de l'OCDE²³. L'élément intéressant ici est de savoir qui a la responsabilité de démanteler et qui gère les provisions.

Cogema se positionne naturellement contre l'intervention de l'Etat dans la gestion des sommes provisionnées, sauf si l'Etat prend dans le même temps la charge des responsabilités inhérentes au démantèlement: les risques industriels et financiers.

²² Rapport intermédiaire du groupe de travail "Démantèlement des installations nucléaires", DGEMP, 31 Juillet 1995

²³ Voir "Future financial liabilities arising from nuclear activities", AEN, OCDE à paraître.

Il existe actuellement en France un vide juridique: aucune règle n'est imposée à EDF ou Cogema sur la gestion des provisions. Pour l'heure, une partie des provisions de Cogema est placée en actions Total, à hauteur de quelques pourcents du capital de cette société. A priori cela paraît un bon placement, mais l'état laissera-t-il Cogema liquider sa provision et se désengager de Total le moment venu ?

Nous pensons donc qu'il est nécessaire de concevoir une protection des provisions, eut égard au client et au citoyen. La notion de provision d'ordre public peut être proposée, pour laquelle des pratiques prudentielles analogues à celles des compagnies d'assurance seraient imposées: quels placements sont autorisés, quelle répartition suivre entre les différents types de produits financiers ou industriels... Cette provision jouirait surtout d'une protection juridique destinée à garantir au client (ou citoyen) que l'argent n'est pas détourné: ces provisions devraient être identifiées par des actifs et ne devraient pas être mobilisables par les actionnaires ou en cas de difficulté financière de l'entreprise.

4.3 Conclusion

La Cogema a une expérience forte. Les estimations auxquelles elle arrive sont probablement correctes car déduites des chantiers. Elle a une approche industrielle du sujet assez cohérente. Mais il est peu probable qu'elle ait gain de cause pour le recyclage des TFA ou au sujet des provisions.

C) Electricité de France

Avec un parc de cinquante six centrales nucléaires en exploitation, quatre en construction, huit définitivement à l'arrêt, le démantèlement des réacteurs d'EDF représente en termes de coût financier, de volume de déchets et d'enjeux industriels, l'essentiel de la tâche à accomplir. Une partie importante du démantèlement des installations de COGEMA et du CEA est d'ailleurs directement provisionné ou financé par EDF²⁴, puisque toute l'activité du nucléaire civil aboutit en dernier ressort au compteur électrique du consommateur. EDF est donc naturellement l'interlocuteur de premier plan dans la négociation avec l'Etat sur le démantèlement.

Excepté Chooz A, les premiers réacteurs à eau pressurisée (REP) d'EDF ne s'arrêteront définitivement qu'en 2015 si l'on admet une durée d'exploitation probable aujourd'hui de quarante ans. Le grand chantier du démantèlement du parc, à hauteur de 100 MdF, n'est donc pas pour demain. Mais le sujet est malgré tout sur le devant de la scène dès aujourd'hui pour au moins quatre raisons.

Tout d'abord, six réacteurs UNGG (filiale graphite gaz développée par le CEA) sont déjà arrêtés dont un, Chinon A2, est démantelé au niveau 2²⁵. Le réacteur à eau pressurisé Chooz A va bientôt faire l'objet d'opérations de démantèlement partiel au niveau 1. Quant à la centrale prototype à eau lourde de Brennilis, au coeur du parc régional des Monts d'Arrée, dont le démantèlement est à charge conjointe du CEA et d'EDF, il est en passe d'être démantelé au niveau 2 et pourrait être démantelé au niveau 3, sous la pression des élus locaux et de l'autorité de sûreté.

Les réacteurs arrêtés d'EDF

Réacteur	Type	Exploitation	Etat actuel
Chinon A1	UNGG 70 MWe	63-73	niv1 en 84 Musée
Chinon A2	UNGG 210 MWe	65-85	niv2 en 92
Chinon A3	UNGG 360 MWe	66-90	MAD ¹
St Laurent A1	UNGG 487 MWe	69-90	MAD en cours depuis 94
St Laurent A2	UNGG 516 MWe	71-92	MAD en cours depuis 94
Bugey	UNGG 540 MWe	72-94	CDE en cours ²
Chooz A	REP 305 MWe	67-89	MAD
Brennilis	HWGCR ⁴	67-85	MAD ¹
34 REP 900 MWe	REP 900 MWe	77-2017 ³ à 88-2028 ³	En exploitation
20 REP 1300 MWe	REP 900 MWe	85-2025 ³ à 94-2034 ³	En exploitation

1: En attente du décret d'autorisation de démantèlement au niveau 2, actuellement devant la CIINB.

2: En attente du décret de MAD devant la CIINB.

3: Durée d'exploitation prévue de quarante ans.

4: Heavy Water Gaz Cooled Reactor.

Le deuxième enjeu est celui des produits du démantèlement à savoir pour l'essentiel les déchets très faiblement actifs (TFA). Une réglementation est en cours d'élaboration, qui explicitera une règle du jeu et des filières de stockage, de recyclage,

²⁴ En particulier UP1 à Marcoule, ainsi que UP2, UP3 et l'usine de retraitement du combustible UNGG de La Hague. Le prix des services rendus à EDF par Cogema n'incluait pas le démantèlement.

²⁵ Les niveaux 1, 2, 3 sont ceux de l'AIEA (voir introduction)

voire de libération. Compte tenu de l'enjeu financier EDF cherche à obtenir les coûts les plus faibles possibles dans la négociation engagée depuis un an avec la DSIN. Mais le public est le troisième acteur qui influera le débat de nature peu technique mais politique, puisque la solution dépendra surtout de la confiance que lui portera le public, sur un sujet sensible dans l'opinion. La DSIN devra arbitrer entre les positions des exploitants et celles du public.

Le troisième enjeu actuel pour EDF est financier. Ni le montant des provisions ni son rythme ne semblent prêter à controverse. Il est vrai que compte tenu du manque d'expérience en vraie grandeur, il est préférable de surévaluer le coût du démantèlement tout en l'ajustant au fil des ans. Le débat porterait plutôt sur l'utilisation des montants des provisions, alors qu'EDF n'investit plus dans son propre parc (30 MdF de moins que prévu dans le dernier contrat de plan) et dispose donc d'argent frais. La politique actuelle de l'entreprise est plutôt de se désendetter et d'investir à l'étranger, sans que soient identifiés au bilan les montants déjà provisionnés, alors que cet argent pourrait être utilisé à démanteler les installations d'ores et déjà arrêtées. L'autre question de nature financière est celle de la constitution d'un fonds qui permettrait d'identifier les montants provisionnés et limiterait sans doute la prédation de l'Etat sur les réserves d'EDF.

Enfin il ne faudrait pas négliger l'épineuse question du renouvellement du parc nucléaire français qui se posera dès 2005. Si les autres filières de production d'électricité offrent aujourd'hui des solutions capables de concurrencer le nucléaire, l'image de ce dernier reste à entretenir pour l'avenir. Avec les accidents qui peuvent se produire en Europe de l'Est, la fin du cycle est la seule source d'incertitude de la filière nucléaire. EDF se doit d'être très attentive à la portée de son discours, auprès d'un public devenu méfiant sur toute question touchant au nucléaire.

Dans ce contexte EDF a adopté une position d'attente en défendant un scénario de démantèlement différé²⁶, ce qui la distingue du CEA, de COGEMA et surtout des opérateurs étrangers qui optent pour un démantèlement immédiat²⁷. L'entreprise avance des arguments techniques, économiques et de radioprotection, qui pour être importants, semblent toutefois mineurs face aux enjeux réels du démantèlement. S'agit-il d'une erreur stratégique ou d'une épreuve de force avec les autorités de sûreté dans la négociation sur les déchets? Plus grave, tous les efforts déployés pour justifier, sur le papier, un scénario d'attente, s'accompagnent, sur le terrain des petits chantiers de démantèlement en cours, d'un manque de coopération et d'importantes dépenses pour peu de savoir-faire acquis. L'exemple du démantèlement partiel de Chooz A, réacteur à eau pressurisé des Ardennes de 300 MWe, montre bien les dangers d'une telle gestion²⁸. Enfin, il ne faut pas négliger le public à qui l'on va soumettre le renouvellement du parc nucléaire, sans lui avoir démontré la maîtrise de la fin du cycle. Quelle sera la crédibilité du message selon lequel EDF attend cinquante ans tout en clamant qu'il n'y a aucun danger et qu'elle saurait démanteler tout de suite?

1) Historique de la politique du démantèlement à EDF

1.1 Le rapport PEON: les provisions pour démantèlement

La charge financière des travaux de démantèlement a fait l'objet en 1979 d'estimations effectuées par la commission P.E.O.N. (Production d'Electricité d'Origine

²⁶ Comprenant une période de fermeture sous surveillance du réacteur sur une durée significative en terme de décroissance radioactive (15-50 ans) avant le démantèlement final.

²⁷ Le démantèlement final de l'installation suivant l'arrêt de production.

²⁸ Voir plus bas 2.1.3

Nucléaire). Cette charge est rapportée à la puissance installée et corrigée de l'inflation annuelle. Ce coût représentait environ 16% du coût complet d'investissement d'une tranche REP 900 MW soit 1291 kF/kW en francs 91. En 1991, avec l'introduction du palier N4, le Ministère de l'Industrie a décidé de porter le montant de la provision pour démantèlement à 15% du coût complet d'investissement d'une tranche N4, soit 1521 F/kW. C'est cette valeur, corrigée de l'inflation, qui sert depuis lors de référence pour passer les provisions.

Un parallèle avec les provisionnements effectués à l'étranger permet de valider l'ordre de grandeur retenu de 15% des investissements. Ceci est supérieur à la moyenne des provisions des différents pays (qui présentent des écarts importants). Ces montants permettent de plus de mettre en lumière quelques comparaisons simples: le démantèlement des installations classiques est négligeable ou compensé par la vente des matériels et le démantèlement de l'îlot nucléaire est évalué à 50% de son coût de construction.

D'un commun accord entre le Ministère de l'Industrie et EDF, l'idée est plutôt de surévaluer la charge de démantèlement (même si la proportionnalité à la puissance installée conduit à sous-estimer le coût du démantèlement des petits réacteurs) et de provisionner sur la durée d'exploitation initialement prévue de trente ans alors que la durée de vie d'une centrale semble aujourd'hui pouvoir atteindre quarante ans au moins.

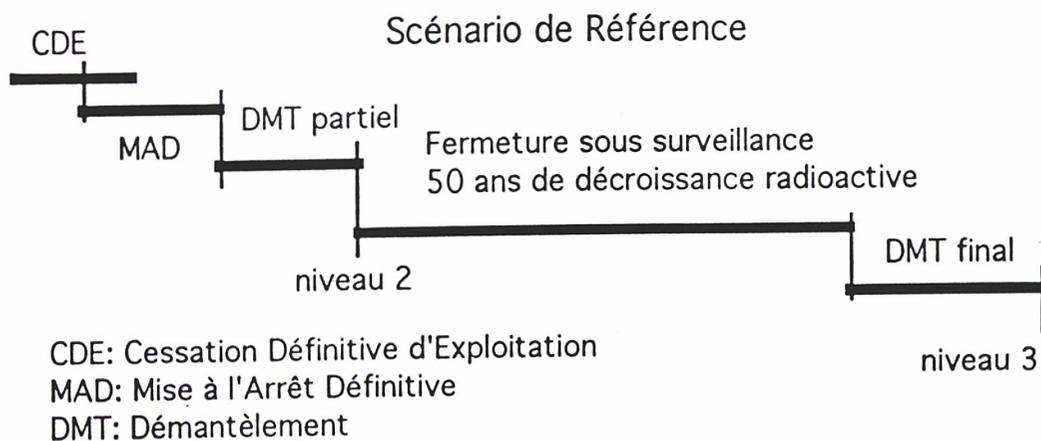
Dans le calcul du coût économique du KWh, l'impact du démantèlement n'en demeure pas moins négligeable. Ecrasé par l'actualisation sur les dix ans de construction d'une centrale et trente ans d'exploitation, il compte pour moins de 1% du coût du KWh nucléaire.

1.2 Chinon A1, A2, A3: ébauche d'une politique de démantèlement

Indépendamment de l'évaluation de la charge financière, l'arrêt des trois premières tranches prototypes de la filière UNGG du CEA à Marcoule fut l'occasion pour EDF d'établir une politique de démantèlement qui reste, aujourd'hui encore, la position officielle de l'entreprise.

Chinon A1, arrêté définitivement en 1973 après dix ans de production d'électricité, a été transformé en musée, la population locale tenant à conserver dans le paysage l'enceinte sphérique originale, devenue familière. Le réacteur a donc fait l'objet de simples opérations de confinement du circuit primaire en 1984 et d'opérations d'assainissement mineures. Le musée est aujourd'hui ouvert au public.

Chinon A2 est aujourd'hui le seul réacteur EDF à avoir fait l'objet d'opérations de démantèlement significatives. La politique choisie est le fruit de la réflexion des acteurs de terrain, supervisée toutefois par le chef de service de la Production Thermique. C'est là que fut adopté le scénario de démantèlement différé (dit scénario de référence). Selon la terminologie de l'AIEA il consiste en un démantèlement immédiat au niveau 2, puis une période d'attente sous surveillance de cinquante ans suivie du démantèlement final au niveau 3, bâtiments compris. Pour cette dernière phase EDF véhicule dans ses publications, l'image d'un "retour à l'herbe" qui pour être parlante ne correspond pas pour autant à la réalité. En règle générale le site sera réutilisé par EDF pour de nouvelles installations nucléaires. Au lieu d'être abattus, certains bâtiments pourront même être convertis, par exemple en ateliers chauds de conditionnement des déchets comme c'est le cas à Grundremmingen en Allemagne.



L'idée d'EDF repose sur la décroissance d'un facteur mille sur cinquante ans de l'activité du Cobalt 60, principal produit d'activation des structures des réacteurs à neutrons lents. Grossièrement, 99,99% de la radioactivité est constituée par les structures activées (dans la masse) du coeur, les 0,01% restant sont constitués par la contamination surfacique du circuit primaire (dont la surface est essentiellement celle des échangeurs) issue des produits de corrosion du coeur. Enfin, certains circuits annexes (circuits auxiliaires) sont très faiblement contaminés par ces mêmes produits de corrosion.

Derrière la terminologie floue de l'OCDE (il n'existe pas de définition précise du niveau 2) il s'agit de démanteler sans attendre les parties faiblement contaminées, à savoir les circuits auxiliaires, pour ne laisser refroidir pendant cinquante ans que le coeur et les échangeurs du circuit primaire, proprement confinés. D'autre part des colis de déchets faiblement et très faiblement contaminés, issus du démantèlement des auxiliaires, sont constitués et stockés dans le bâtiment réacteur. EDF compte pouvoir les recycler après décroissance et fusion.

Les travaux de démantèlement au niveau 2 de Chinon A2 se sont déroulés de 1986 à 1992, ont coûté 200 MF et ont engendré une dose collective de 2,3 H.Sv. Pour ce chantier EDF a fait appel à la main d'oeuvre locale, ce qui n'est pas optimal en terme de gestion industrielle: l'expérience acquise ne pourra pas être transférée. Cette expérience ne sera pas renouvelée. La vision du chantier terminé est impressionnante: l'ensemble des locaux sont vides et assainis à l'exception du bloc réacteur et des bâtiments des échangeurs sous lesquels reposent les colis de déchets issus du démantèlement partiel. Les emballages de ces colis sont réalisés avec des tronçons du circuit secondaire.

Chinon A3 est en attente de l'autorisation permettant de procéder aux travaux de démantèlement identiques à ceux de Chinon A2. Le projet de décret est passé devant la CIINB en mars 1996. Un montage industriel avec appel à la sous-traitance spécialisée est en cours. Le coût prévisionnel du démantèlement niveau 2 est de 420 MF.

EDF justifie son choix de scénario de démantèlement par des critères techniques et économiques: le progrès de la technologie escompté sur cette période d'attente et les bénéfices de la décroissance radioactive en terme de gestion des déchets et de dosimétrie devant conduire à minimiser les coûts. L'analyse critique du scénario d'EDF, en terme de faisabilité technique et de coûts, qui sera développée ci-dessous, montre pourtant que le démantèlement immédiat est tout aussi vertueux sur ce plan.

En revanche, l'autre argument avancé, à savoir l'absence de solution de stockage pour les déchets activés de moyenne activité (coeur) et notamment le graphite, ne peut être contesté. Il est vrai que le démantèlement immédiat du coeur de Chinon A2 aurait nécessité la construction d'un site d'entreposage temporaire. Ce ne sera cependant plus le cas lorsque le centre de stockage souterrain sera enfin disponible, en principe au moment de l'arrêt des premières tranches REP. Nous mesurons ici toute l'importance du

respect du calendrier prévu par la loi de décembre 1991, pour l'ouverture de stockages de déchets souterrains.

1.3 Etude du coût du "scénario de référence" défendu par EDF

Sur la période 1992-1995, EDF (conjointement la Direction de l'équipement et celle de la Production Thermique) a réalisé avec STMI, SOFINEL et FRAMATOME une étude visant à évaluer le coût du scénario de référence dans le cas d'une tranche REP 900 MWe. L'étude évalue le coût du démantèlement simultané de quatre tranches situées sur un même site, profitant ainsi d'un mini effet de série. Ce scénario consiste, tout comme à Chinon, en un démantèlement immédiat de tous les circuits auxiliaires d'une durée de cinq ans, suivi d'une période de fermeture sous surveillance de cinquante ans du bâtiment réacteur renfermant le circuit primaire, et enfin du démantèlement complet en cinq ans du réacteur au terme de l'attente.

Pour ce faire FRAMATOME a réalisé une étude globale du démantèlement du circuit primaire. L'expérience de STMI, en tant qu'opérateur en milieu nucléaire, a servi de base à l'établissement du coût en hommes-heures du démantèlement d'une trentaine de circuits types, pour l'appliquer ensuite aux circuits auxiliaires à l'aide d'un logiciel mis au point par SOFINEL, filiale d'EDF. L'étude confirme l'évaluation du rapport PEON, le démantèlement des quatre tranches étant estimé à 4.526 MF92, soit 1.131 MF92 par tranche. Elle répartit les coûts de la façon suivante, 54% pour le démantèlement partiel, 10% pour les coûts de surveillance de l'installation (dans l'hypothèse d'un site à nouveau dédié au nucléaire), et 36% pour le démantèlement final.

1.4 Scénario de référence optimisé et scénario de démantèlement immédiat

EDF étudie avec une méthodologie identique mais affinée deux autres scénarios. Le premier, cheval de bataille de l'entreprise, consiste à optimiser le scénario "CHINON A2" pour le rendre compétitif. Quant au second, en concurrence directe avec le premier, il consiste à démanteler immédiatement et en totalité le réacteur sans période de fermeture.

Le scénario de référence initial est curieusement constitué. Il considère le démantèlement immédiat des circuits auxiliaires, là où le gain en terme de décroissance radioactive est le plus significatif. En revanche il facture cinquante ans de surveillance (chiffre magique, dix fois environ la période du Cobalt 60) pour un bénéfice très faible au niveau du coeur (cuve, internes de cuve et protection biologique en béton). A ce niveau, en effet, l'activité des radioéléments à vie longue nécessite à elle seule l'investissement technique (téléopération) et conditionne la quantité de déchets en stockage profond, quelle que soit la période d'attente retenue par ailleurs.

Le scénario désormais défendu par EDF consiste donc en une optimisation de la durée de fermeture sous surveillance et de l'ampleur du démantèlement partiel de façon à minimiser les coûts. Une période de trente ans de fermeture est désormais plus souvent évoquée que celle de cinquante ans. Quant au démantèlement partiel il concernerait essentiellement les circuits non contaminés, les circuits pouvant se corroder facilement, les petits locaux faciles à démanteler et coûteux à surveiller. Il laisserait donc en place la majeure partie des circuits auxiliaires faiblement contaminés.

Parallèlement et à la demande de la DGEMP, EDF étudie le scénario de démantèlement immédiat. Pour mener à bien ces deux études, EDF vient d'annoncer au groupe de travail dirigé par la DGEMP, un délai de deux ans. C'est le temps nécessaire pour une étude radiologique fine d'un REP 900 MWe et le développement d'un logiciel

de simulation du démantèlement de circuits types. Seules donc les études globales de démantèlement du circuit primaire et du coeur sont déjà réalisées.

1.5 L'avenir du parc nucléaire

Le démantèlement futur des réacteurs à eau pressurisée d'EDF s'inscrit dans la perspective plus large du renouvellement du parc. Beaucoup d'incertitudes demeurent dans ce domaine. En premier lieu, la concurrence des autres filières, charbon à lit fluidisé et cycles combinés, qui bénéficient d'investissement massifs et d'effet de série. La DIGEC demande à EDF de démontrer une rentabilité du nucléaire de 10% supérieure à ces filières. Les coûts de démantèlement, après actualisation sur trente ans d'exploitation et dix ans de construction comptent pour moins de 1% du coût du KWh et sont donc négligeables. En revanche, une telle compétitivité ne peut être maintenue que dans le cadre d'un programme de grande ampleur et international, amortissant les investissements d'études et de construction. On peut alors s'interroger sur la fiabilité de notre partenaire allemand sur le projet EPR²⁹, dans le contexte actuel de l'autre côté du Rhin. La décision de construire le premier prototype EPR en France sera difficile, et quelle date choisir? Trop tôt, on s'enfère dans un projet coûteux prématuré, trop tard on risque de perdre un savoir faire industriel. Il faudra beaucoup de volonté politique pour se lancer dans un vaste programme nucléaire avec toutes ces incertitudes et d'autres comme la sensibilité écologique qui peut se renforcer au moindre incident, notamment en Europe de l'Est. Le stockage souterrain des déchets de haute activité est loin d'être résolu et l'ouverture d'un site ne se fera pas facilement. L'ouverture à la concurrence va venir par surcroît perturber le système. Le démantèlement vient se greffer sur cet éventail de questions délicates à gérer.

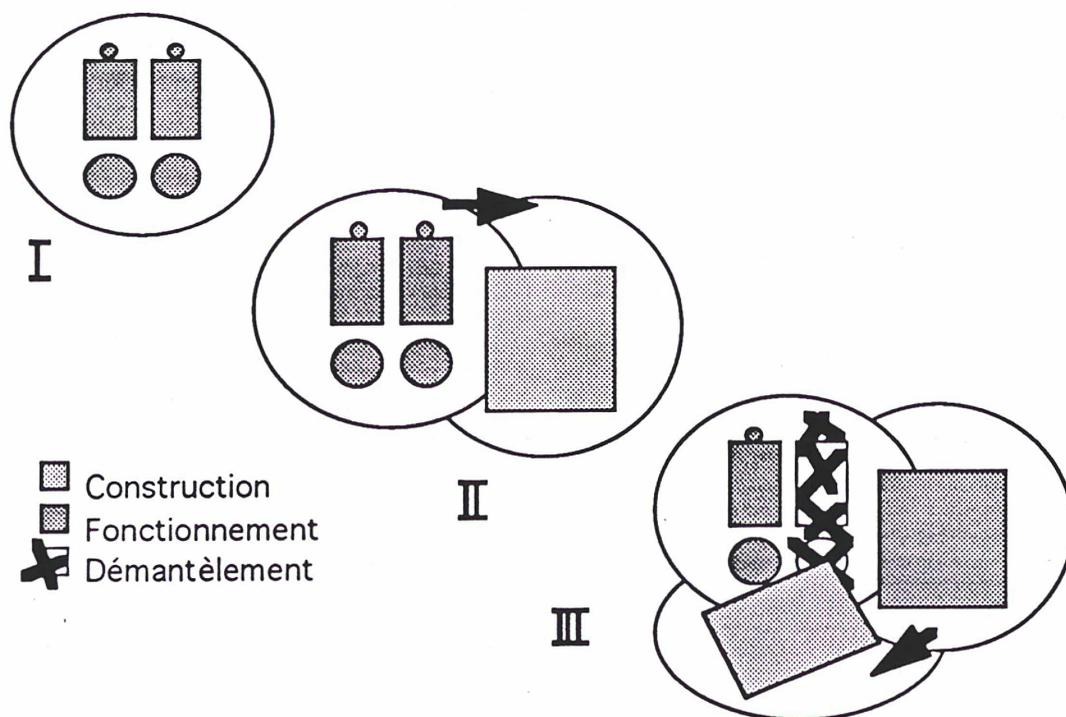
Il est compréhensible qu'EDF tienne alors à conserver le plus longtemps possible les réacteurs existants. Une durée de vie de quarante ans semble être garantie pour les centrales, car par chance les cuves françaises résistent très bien au temps. Aujourd'hui, le SEPTEN, centre de recherche d'EDF, regarde déjà plus loin, peut-être cinquante ans voire soixante ans. L'exploitant du parc nucléaire voit donc d'un mauvais oeil le projet EPR qui en intégrant de nouveaux concepts de sûreté risque de rendre obsolètes les vieilles tranches 900 et 1300 MWe.

En revanche, la direction de l'Équipement d'EDF (maître d'ouvrage et partiellement maître d'oeuvre des centrales), en mal de grands projets, développe d'autres plans. Tout d'abord le REP du futur (EPR), pour lequel elle vise une durée de vie de soixante ans et une puissance de 1700 MWe, même si les objectifs affichés sont en deçà.

Ensuite, l'Équipement a bâti un concept intégré: le site éternel. Il s'agit de faire une extension foncière des sites existants, afin de pouvoir construire en temps masqué une paire de tranches EPR, avant d'arrêter la première paire au moment du couplage de la nouvelle. On dispose ensuite de cinquante ans pour démanteler la paire à l'arrêt et reconstruire par dessus à la génération suivante. On lisse ainsi les charges financières, la main d'oeuvre et la production. EDF a déjà prospecté les différentes communes pour présenter aux maires les avantages d'un tel projet en terme de taxe professionnelle et réserver la disponibilité des sites.

Schéma de principe du site éternel

²⁹ European Project Reactor



La direction financière et la direction de la prospective ne tiennent pas du tout le même discours que l'Équipement ou l'Exploitant du parc. Elles sont beaucoup plus pragmatiques. Le maître mot est "marges de manoeuvre". Il faut gérer l'incertitude en prévoyant toutes les alternatives pour ne pas se retrouver le dos au mur: le thermique classique de nouvelle génération comme le nucléaire, le démantèlement immédiat comme le démantèlement différé. L'affichage du scénario d'attente ne présume pas des choix pour l'avenir mais laisse EDF dans une position confortable d'observation sur un problème où il est encore trop tôt pour décider. L'essentiel est de provisionner les montants nécessaires, de se préparer techniquement et d'être prévenu quelques années à l'avance pour le montage financier du démantèlement, dont la charge annuelle sera faible, somme toute, par rapport aux investissements d'EDF en période faste.

1.6 L'organisation du démantèlement à EDF

Le démantèlement est une préoccupation relativement récente d'EDF. Les premiers pas furent laissés à l'initiative du terrain et l'on note un certain amateurisme dans le démantèlement de Chinon A2 par exemple. Aucun montage industriel ne fut mis en place et ce sont des sous-traitants locaux, peu familiers du nucléaire, qui furent chargés des opérations de démantèlement niveau 2. Pour Chinon A3, EDF fera appel à la sous-traitance spécialisée mais l'équipe sur place est constituée de personnes à la veille de la retraite, revenues à Chinon A3 pour y terminer leur carrière. L'image du démantèlement qui en ressort est celle d'une voie de garage et non d'un problème d'actualité à prendre en main. On est loin des équipes jeunes avec perspectives de carrières que l'on a pu rencontrer en Allemagne, au Etats Unis ou plus près de nous au CEA. Difficile avec une telle motivation du terrain d'intégrer une coopération entre les sites et il n'est guère étonnant d'entendre ceux-ci se plaindre d'un certain isolement.

En 1992, une structure d'étude de quelques personnes s'est mise en place au DSRE (Direction de la Sécurité, de la Radioprotection et de l'Environnement au sein de la Direction Production Transport) afin de lancer l'évaluation du scénario de référence. Avec le transfert de la maîtrise d'ouvrage du démantèlement à la Direction de l'Équipement (le maître d'ouvrage des centrales), le CNEPE (Centre National

d'Équipement de Production Électrique) est venu renforcer cette équipe avec en parallèle d'autres missions comme une partie de la maîtrise d'oeuvre du démantèlement de Brennilis. Cette section démantèlement au sein du CNEPE est confiée au sous-directeur. On assiste peut-être au début de la montée en puissance de l'activité démantèlement au sein d'EDF qui est, de part sa taille, toujours lente à se mettre en mouvement.

2) Analyse du scénario EDF

2.1 Analyse technico-économique des scénarios de démantèlement immédiat et différé

2.1.1 La décroissance du Cobalt 60: un calcul trop simpliste

Les études menées par FRAMATOME (et d'autres opérateurs étrangers) conduisent à conclure qu'il est indifférent en matière de déchets (FA et MA), d'investissement technique, et de dosimétrie, donc en définitive de coût, d'attendre avant de démanteler le coeur et le circuit primaire³⁰. Le coeur est suffisamment activé en éléments à vie longue pour justifier la téléopération même après attente et conditionne la quantité de déchets à stocker en profondeur. Quant au reste du circuit primaire, il peut être par exemple décontaminé efficacement d'un facteur 1000 à 5000 comme le montrent les remplacements de générateurs de vapeur menés par FRAMATOME. Les gains apportés par la décroissance radioactive sont donc inférieurs aux coûts fixes de confinement du coeur et de refonte de la salle de commande avant fermeture du réacteur, sans parler des coûts variables de surveillance de l'installation. Notons encore que les techniques de découpe et de téléopération utilisées demandent quelques efforts de mise au point et non pas des sauts technologiques majeurs. Enfin les doses collectives mises en jeu sont faibles puisque l'essentiel des travaux est téléopéré, voire effectué sous eau.

Paradoxalement le démantèlement des circuits auxiliaires est plus complexe à gérer. La contamination y est faible mais étendue sur un très grand nombre de circuits, et génère la part la plus importante des déchets TFA, des besoins de main d'oeuvre, des doses et des coûts.

Calquer les courbes de dosimétrie, d'heures de main d'oeuvre et de volume des déchets sur la courbe de décroissance du cobalt 60 est un leurre. En effet, dans tous les cas, les opérations de démantèlement d'un local commencent par un bilan radiologique détaillé de la zone. L'activité se trouve concentrée dans ce que l'on appelle des points chauds. La première étape afin de s'en protéger consiste à interposer des écrans biologiques constitués d'empilement de briques en plomb. Ce sont bien sûr ces parties les plus actives qui seront les premières découpées et évacuées du chantier. Avec la décroissance radioactive le nombre de points chauds va certes diminuer, mais l'approche du chantier restera identique. De plus, la productivité des opérations de démantèlement comme l'élingage, la pose des protections biologiques, la protection des planchers, l'évacuation des déchets reste faible aujourd'hui. Avec l'expérience d'un métier nouveau il est possible de développer des outils simples pour optimiser des opérations encore trop manuelles. L'attente de la décroissance radioactive, il est vrai, permet de s'abstraire de ces efforts de développement. Quant aux gains sur la quantité de déchets, le volume susceptible de sortir de la fenêtre des déchets radioactifs après décroissance dépend surtout de la réglementation. Il sera nul s'il n'y a pas de seuil de libération (comme ce sera sans doute le cas en France), négligeable si ce seuil est très faible (comme en Allemagne). Il est donc assez risqué de faire des prévisions sur ce

³⁰ Voir figure en annexe B.

point. La décroissance radioactive du cobalt 60 pose même selon les allemands un problème tout à fait singulier: on ne sait plus mesurer l'activité alpha qui prédomine après cinquante ans, comment alors gérer les déchets et la dosimétrie?

2.1.2 Beaucoup d'incertitudes à attendre

Une période d'attente aussi longue (une à deux générations) choque intuitivement le bon sens et la prudence de l'homme civilisé (la phrénésis grecque). Les risques pour l'exploitant sont nombreux, en premier lieu, la législation sur les déchets et la radioprotection ne peut guère que se durcir et venir rogner les gains escomptés. La réglementation sur la radioprotection qui sera en vigueur dans soixante-dix ans ne sera en effet plus adaptée à la conception des centrales de première génération, et son respect entraînera nécessairement des coûts supplémentaires qui ne sont pas inclus à ce jour dans les études. D'ailleurs c'est l'extrapolation du futur coût de stockage des déchets qui motive souvent les opérateurs américains à démanteler au plus vite. De même la réglementation sur les INB ne peut que se durcir, mais les calculs menés par EDF supposent que l'on surveillera une centrale pendant cinquante ans comme on le fait aujourd'hui, et ne prévoit pas d'augmentation des coûts de surveillance. Ces études ne prévoient pas non plus d'augmentation du coût du démantèlement final induite par la même cause.

Il ne s'agit ici en aucun cas, ni de regretter une amélioration des normes, ni de justifier des actions qui, abusant de réglementations plus souples, pourraient être considérées comme répréhensibles par les générations futures, mais bien plutôt de tirer leçon des expériences de reconditionnement de déchets anciens. Revenir sur des installations anciennes coûte cher car l'état de l'art progressant, il n'est plus acceptable de travailler comme cela se faisait quelques dizaines d'années auparavant, et induit des investissements supplémentaires qu'il faut prendre en compte. Cela milite au contraire pour que le démantèlement et la gestion des déchets se fasse du mieux possible, en particulier que la gestion des déchets soit réversible, pour permettre aux générations futures d'appliquer de nouvelles filières de traitement.

Un autre facteur d'incertitude est l'importance de la mémoire de l'installation pour son démantèlement. Peut-on se fier exclusivement à une mémoire écrite et comment l'organiser ? Qui connaîtra encore la technologie des années 1960 lors du démantèlement final en 2070 ? On ne connaît pas aujourd'hui les réponses à ces questions mais il est frappant de voir à Brennilis, l'aura du personnage qui seul connaît la centrale depuis ses origines et qui prendra sa retraite dans les mois qui viennent... Par ailleurs l'IPSN relève sur les démantèlements menés actuellement, des difficultés à préparer les opérations par suite de perte d'information, les dossiers techniques n'étant pas à jour.

Enfin il existe un risque financier, il n'est pas certain que l'on sache gérer un fonds ou des actifs sur quatre-vingt ans (quarante ans de provisionnement et quarante ans de décroissance). Plus grave, personne ne peut écarter une crise économique sur une telle période ou un crack boursier qui dévaloriserait les provisions même réparties sur des placements variés.

2.1.3 Risque de dérive des coûts: l'exemple de Chooz A

L'exemple de la gestion des opérations de mise sous cocon de la centrale de Chooz A, nous incite à souligner les risques de dérapage des coûts liés à l'absence d'objectif à atteindre clair et de calendrier strict. Quel que soit le scénario adopté, la maîtrise des coûts passe d'abord par le fait de connaître à l'avance l'état à atteindre, ce que l'on fait des déchets et quel niveau de démantèlement on vise. Une fois les objectifs

dégagés il est possible de faire les choix d'investissements, de ressources humaines et de sous-traitance ad hoc.

Chooz A est l'antithèse de cette conception:

Les hommes du terrain sont laissés dans le flou en matière d'objectifs, de gestion des déchets, et de relation avec l'Autorités de Sûreté.

Le retour d'expérience des chantiers de Chinon n'est pas intégré.

La main d'oeuvre est pléthorique, sans commune mesure avec les besoins. En conséquence, 700 MF ont d'ores et déjà été dépensés en frais d'exploitation depuis l'arrêt en 1989³¹, alors que les opérations de démantèlement partiel n'ont pas encore été engagées (en attente de la licence). Ainsi la simplification de l'installation et de la salle de commande, afin de ne laisser opérationnels que les alarmes et actionneurs nécessaires à la surveillance et la maintenance, a déjà coûté 100 MF. Les opérations d'assainissement environ autant, ainsi que les frais de gardiennage en trois huit, alors que rien n'est démantelé pour l'heure.

Certes il s'agit d'une première, mais l'on est frappé par le contraste avec le chantier de Grudremmingen³² qui est également une première pour son propriétaire.

2.1.4 Un bilan équilibré

Nous pouvons présumer sans beaucoup de risques que bien menés les scénarios de démantèlement immédiat et différé se valent en terme de coûts (coût au demeurant difficile à évaluer pour le scénario différé) mais avec les incertitudes en moins pour le démantèlement immédiat. C'est d'ailleurs la conclusion de toutes les études étrangères auxquelles nous avons eu accès. Pourquoi alors privilégier à ce point un scénario plutôt qu'un autre ?

2.2 L'étude technico-économique est-elle un leurre ?

Techniquement tous les scénarios se valent. EDF dispose de l'argent, de la main d'oeuvre, de la compétence. Alors pourquoi attendre? Si l'on peut admettre que le démantèlement immédiat des réacteurs prototypes n'est pas forcément astucieux en l'absence de stockage profond, il est difficile de comprendre pourquoi EDF déclare aujourd'hui qu'en 2015, date présumée de l'arrêt des premiers réacteurs 900 MW et à quelques années de l'ouverture d'un site profond, elle attendra 2070 avant de les démanteler.

Certes la politique affichée ne présume pas de l'avenir et ainsi EDF conserve une plus grande marge de manoeuvre. Mais le présent détermine l'avenir du nucléaire, et le renouvellement du parc, auquel tient tant la Direction de l'Equipement, se décidera dès 2005. L'enjeu n'est pas dans l'impact du démantèlement sur le coût du KWh mais dans l'image qui va en ressortir, sur un sujet qui risque de devenir rapidement médiatique. Tout comme les déchets, le démantèlement n'est pas seulement un problème technique, et le critère déterminant n'est peut être pas le choix du meilleur coût actualisé.

Alors, imagine t-on, EDF espère engranger sans le dire les intérêts financiers des fonds du démantèlement. Sont-ils d'ailleurs légitimes puisque le client aura a priori payé pour des travaux qu'il est en droit de voir réalisés de son vivant?

Quant à la négociation du futur cadre de gestion des déchets TFA, la position d'EDF serait plus forte s'il se déclarait prêt à démanteler au niveau 3, une fois la question des déchets résolue, c'est à dire en mettant l'administration et l'Etat face à leurs responsabilités.

³¹ Inclus donc aussi les coûts de déchargement du combustible (CDE) qui ne font pas partie du démantèlement.

³² Voir le § III B 4. 3.

Reste peut être une appréhension des grands travaux après les déconvenues des tranches N4 de Chooz B et de Superphénix. EDF souhaite désormais maîtriser ses études et ses montages industriels très en amont du projet pour ne pas renouveler l'erreur de Chooz B.

L'autre raisonnement qui pourrait expliquer la position d'EDF est de considérer que le démantèlement risque inutilement de faire des vagues sur un sujet sensible comme le nucléaire. La question des déchets générés aux quatre coins du territoire peut soulever la réprobation massive des populations locales, sans parler du choix du site pour les futures décharges de déchets TFA, de la noria de camions qui viendra les alimenter et des millions de tonnes de gravats à enfouir sous les autoroutes. D'autant que la fièvre écologique peut remonter au moindre incident, et il existe de nombreuses sources potentielles d'accidents. Les sites militaires en premier lieu pourrait venir contaminer l'image du nucléaire civil, alors que les sous-marins russes rouillent au fond de la mer Baltique. Les coûts d'assainissement des sites américains (275 Md\$) rendent difficile d'imaginer qui pourra financer un programme de décontamination en Russie et dans l'ancien bloc de l'Est. Les centrales dangereuses à l'Est sont impossibles à arrêter tant les populations en sont dépendantes. Un accident est donc toujours possible, et même mineur, il entamera la crédibilité du nucléaire en occident.

En revanche, en attendant cinquante ans on arrange tout le monde. Les dirigeants politiques sont toujours hésitants à prendre des décisions pour ouvrir des décharges. Les populations locales, habituées à leur centrales, ne se préoccupent que du renouvellement de la taxe professionnelle.

Nous voulons croire que la classe politique sera soucieuse d'assumer sa responsabilité des choix passés, et que la population sera reconnaissante qu'on lui démontre au grand jour la fiabilité de l'industrie nucléaire civile en France. La politique de dissimulation dans le domaine du nucléaire a très mauvaise réputation et les associations veulent être prises au sérieux. Etant donnée leur constance et leur insistance pour éviter de renvoyer aux générations futures le soin de réparer les atteintes à l'environnement causées par notre activité, il est fort peu probable qu'elles ne combattent pas vigoureusement ce projet de démantèlement différé.

Quant aux décharges TFA elles sont nécessaires dès aujourd'hui pour les installations en fonctionnement et les nombreux laboratoires médicaux. Il faut donc souhaiter qu'elles soient disponibles pour l'an 2000. Mieux vaut prendre en main les problèmes qui peuvent l'être plutôt que de botter en touche tous les cinquante ans. Ce sera nécessaire pour faire face aux vraies incertitudes: le succès du démantèlement passe par l'acceptation par le public des solutions qui seront adoptées pour traiter les déchets.

D) Les autres intervenants

1) L'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques

Créé en 1983, l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques, composé de députés et de sénateurs, exerce un rôle de contrôle de l'Exécutif et d'information du public en matière de choix scientifiques et technologiques. Dans le domaine des installations nucléaires l'Office a déjà contribué à réorganiser la radioprotection en incitant à la création de l'OPRI (Office de protection contre les rayonnements ionisants) et d'un Bureau de Radioprotection (BRP) au sein de la DGS (Direction Générale de la Santé).

En 1994, M. Claude BIRRAUX, député de Haute Savoie a présenté un rapport sur le démantèlement des installations nucléaires³³ en France et à l'étranger. Le rapport dresse un bilan très détaillé de l'expérience acquise en matière de démantèlement, sur le plan technique, financier et en matière de gestion des déchets. Il souligne les disparités entre pays et les incertitudes qui demeurent en matière de gestion des déchets, d'évaluation des coûts et des scénarios de démantèlement. En 1995, l'Office a traité du problème connexe des TFA.

Ces travaux montrent que le politique (du moins l'Office Parlementaire qui n'est malheureusement pas toujours représentatif) s'intéresse avec science et conscience au démantèlement, et se prépare à affronter cette question qui ne se posera dans toute son ampleur qu'au début du siècle prochain. En aucun cas l'Office Parlementaire ne se substitue aux autorités chargées du contrôle et de la réglementation, mais contribue aux réflexions sur des sujets nouveaux.

Le rapport de l'Office Parlementaire fut suivi par un coup d'accélérateur de la part de l'Administration sous ses différentes facettes, la DSIN s'intéressant aux aspects liés à la sûreté et à la gestion des déchets radioactifs, la DGEMP tutelle d'EDF traitant des choix stratégiques et économiques, et la DGS abordant le sujet sous l'angle de la radioprotection.

2) L'action de l'administration

Le démantèlement est une des préoccupations de l'autorité de sûreté nucléaire (DSIN) et aura plus encore d'importance dans l'avenir. Après avoir mis en place une réglementation pour la constitution des dossiers et l'obtention des licences de MAD et de démantèlement, la DSIN s'attache à mettre en oeuvre une réglementation sur la gestion des déchets TFA. Elle pilote depuis 1994 un groupe de travail qui réunit les exploitants nucléaires et les services ministériels concernés. Des travaux de ce groupe, il résulte les concepts de traçabilité des déchets et d'absence de seuils universels de libération au profit de filières de gestion adaptées à la toxicité des déchets³⁴. La DSIN doit d'autre part faire une évaluation en terme de risques pour la sûreté du scénario de démantèlement différé défendu par EDF.

En tant que tutelle d'EDF, la DGEMP a créé en 1995 un second groupe de travail réunissant tous les acteurs (exploitants, DSIN, DGS, Ministère des finances) traitant du démantèlement. Tous ses angles sont abordés: scénarios, coûts, provisions, radioprotection. Un sous-groupe dirigé par la DGS s'occupe plus spécifiquement de la

³³ Le contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires, rapport N° 1825 Assemblée Nationale, N° 172 Sénat, par M Claude BIRRAUX, Député.

³⁴ Voir pour plus de détails le § 14.7.2.

radioprotection. Le but pour la DGEMP est de pouvoir faire le moment venu, des choix stratégiques en maîtrisant les paramètres du problème.

La DGEMP a des différences de vue sérieuses avec la DSIN sur le démantèlement. En fait les intérêts divergent. Pour la DGEMP, le choix du scénario n'est pas un problème de sûreté mais un problème économique, alors pourquoi démanteler tout de suite pour des coûts équivalents ? Il est plus rentable d'autoriser EDF à investir sur les nouveaux marchés qui se libéralisent à l'étranger alors que la DSIN a besoin d'expérience pour bâtir une réglementation adaptée au démantèlement et démontrer la sûreté de sa politique.

La DGS est chargée de donner le point de vue sanitaire sur les scénarios de démantèlement et la gestion des futurs chantiers. Elle préconise assez logiquement l'attente qui diminue la dose, mais insiste aussi beaucoup sur l'organisation des chantiers et le retour d'expérience, jugés nettement insuffisants. C'est ce dernier point, qui selon nos visites à l'étranger, permet de maîtriser la radioprotection dans tous les cas de figure.

Le Ministère des finances se place pour le moment en observateur des enjeux financiers et de la gestion des provisions du démantèlement. Ces questions semblent toutefois se jouer directement à un niveau plus élevé entre le Ministre et la Direction d'EDF. Il est aujourd'hui question de la constitution d'un fonds pour permettre une clarification du bilan et éviter que l'Etat ne prenne sur les sommes provisionnées.

3) Les élus

Si l'implantation d'une centrale nucléaire sur un nouveau site pose toujours des difficultés, EDF a acquis un savoir faire dans ses négociations avec les communes avoisinantes et les départements, tant et si bien que la deuxième paire de tranches est généralement attendue avec impatience sur un site. Ce sont bien sûr la taxe professionnelle, les perspectives d'emploi, le pouvoir d'achat du personnel EDF, les prêts à taux bonifiés, qui séduisent les élus locaux de communes souvent sinistrées. Le rapport de force sur un site nucléaire est donc fondamentalement déséquilibré. Les communes apprennent vite à ne poser qu'une seule question: quand la centrale sera-t-elle couplée au réseau? Les commissions locales d'information (CLI) ne jouent pas vraiment leur rôle de diffusion d'information parmi les populations locales et se bornent souvent à n'être que des rencontres mondaines entre les élus locaux et les dirigeants d'EDF. Les travaux de démantèlement générant un transfert important de matière radioactive, par voie routière ou par chemin de fer, il faudra mettre en place des structures locales efficaces d'information du public et de coopération entre les différents services administratifs concernés.

Dans ce contexte, le démantèlement des centrales en exploitation est un sujet bien lointain. A cette échéance le souci des communes est plutôt de savoir si une nouvelle centrale viendra remplacer l'ancienne. Elles sont donc très sensibles aux sirènes du site éternel. Quant au scénario de démantèlement, elles considèrent qu'il appartient à EDF de dire quelle est la meilleure solution technique. Ne pouvant juger par manque de compétences techniques, les communes interprètent l'autorisation de la DSIN comme une confirmation du bien fondé des choix d'EDF.

Le discours change en revanche sur les sites orphelins comme celui de Brennilis, au coeur du parc régional des Monts d'Arrée. Malgré la présence de deux turbines à gaz et d'une zone industrielle à proximité immédiate de la centrale, les associations écologistes demandent souvent le démantèlement immédiat au nom du parc régional. Une autre partie des revendications porte sur la réutilisation de l'espace disponible à d'autres fins industrielles. Comme il est fort douteux que tous les sites puissent être renouvelés en réacteurs EPR, ce rejet sera à prendre en compte pour le choix du scénario.

4) Les associations, la presse, le public

Il est encore tôt pour que le démantèlement des installations nucléaires mobilise l'attention des associations et des médias. L'écho ne dépasse pas aujourd'hui l'échelle locale des sites de démantèlement. Seul Brennilis soulève quelques remarques. Les habitants des communes avoisinantes ne comprennent pas très bien pourquoi EDF veut attendre si longtemps avant d'éliminer le réacteur tout en prétendant savoir le faire tout de suite. L'enquête publique a conduit EDF à s'engager à abattre la cheminée du réacteur plus tôt que prévu mais n'a suscité au demeurant que des protestations assez timides. Sur les autres sites le nombre de remarques est voisin de zéro.

Les associations écologistes gèrent le front des événements. Sur un sujet à si lointaine échéance elles ne peuvent assurer qu'une veille. Elles seront toutefois incontournables lors du choix des sites des décharges TFA pour exiger une décharge moderne et refuser la mise en place d'un simple trou recouvert d'argile. Rappelons ici la constance et l'insistance avec lesquelles les associations cherchent à éviter de renvoyer aux générations futures le soin de réparer les atteintes à l'environnement causées par nos activités. Il est donc fort peu probable qu'elles ne combattent pas vigoureusement en faveur du projet de démantèlement immédiat, tout en restant extrêmement strictes sur la gestion des déchets.

Au sein de la presse nationale, seul le Canard Enchaîné a publié un article sur le futur démantèlement du parc dont le titre est très percutant: " Comment détruire une centrale nucléaire? C'est très cher et, en plus, on sait pas le faire...". L'idée est que personne n'a encore démantelé de centrale au niveau 3, hormis des petits réacteurs expérimentaux, et le scénario d'attente d'EDF fait bien sûr germer l'idée que l'on cherche à "léguer le bébé empoisonné aux générations futures"³⁵. La question des déchets fait plus encore fantasmer: le démantèlement apparaît comme un "surgénérateur" de déchets en chaîne dont on ne saura sortir. Quant aux coûts, comment croire les estimations alors que tous les grands projets doublent ou triplent leurs prévisions? En clair, tant qu'aucun démantèlement immédiat de grand réacteur n'aura été mené à terme, il sera très difficile de convaincre.

5) Les organisations internationales

Les organisations internationales jouent leur rôle de lieu de partage d'expérience et de comparaisons internationales. L'OCDE a monté un premier programme de coopération entre exploitants sur la période 1985-1990 qui a réuni une vingtaine de projets de démantèlement en Allemagne, en France, au Japon, aux Etats-Unis, en Angleterre, au Canada, en Belgique et en Italie. Le programme fut renouvelé sur la période 1990-1995 avec une trentaine de projets et vient d'être prolongé jusqu'à l'an 2000. La teneur des rapports est très technique. Les participants y comparent les différentes méthodes de découpe, de décontamination, de téléopération, et de gestion des déchets. L'accent est mis plus récemment sur la comparaison des coûts, très délicate du fait des différences de réglementations, de coûts de main d'oeuvre et de définition du démantèlement. Cette coopération est très utile aux industriels pour leurs choix technologiques, mais n'apporte pas d'éclairage sur les décisions à prendre en terme de scénario puisque les critères, nous l'avons vu, sont autres.

La CEE finance des projets de recherche et développement sur le sujet, avec notamment une participation de 4 MF à Grundremmingen en Allemagne, sur un coût total de 200 MF.

³⁵ Canard Enchaîné du 24 Avril 1996.

III La mise en oeuvre du démantèlement à l'étranger

Tout en étant conscients des différences réglementaires eut égard aux spécificités et traditions nationales, nous allons analyser les situations américaines et allemandes afin de dégager les éléments essentiels de l'état de l'art dans ces pays. Nous verrons en particulier que le démantèlement proprement dit est maîtrisé, mais que la gestion des déchets qui en sont issus pose encore problème.

A) Les Etats-Unis d'Amérique

1) Situation générale

L'expérience américaine est intéressante à étudier car elle remet en place certaines idées concernant le démantèlement. Tout d'abord, un démantèlement de niveau 3 ne signifie pas nécessairement un retour à l'herbe. D'autre part, il convient de faire preuve de beaucoup de pragmatisme dans la conception et l'application des réglementations.

Le contexte américain a des caractéristiques propres qui le rendent très différent de la situation française. Trois constructeurs se sont partagés la conception des centrales (Westinghouse, General Electric, Babcock & Wilcock), qui sont exploitées par des opérateurs variés. Le réacteur de puissance est donc pour chaque exploitant une exception au sein de son parc.

De plus, il n'y a eu ni programme général au niveau fédéral, ni standardisation des réacteurs. Dès lors, la mémoire du personnel est primordiale pour faciliter le démantèlement et chaque démantèlement est unique, bien que des enseignements puissent être tirés des expériences voisines. D'autre part, d'éventuelles dérogations accordées par l'administration peuvent permettre des opérations à caractère exceptionnel. En revanche, avec un parc uniforme comme c'est le cas en France (et une moindre diversité en terme de cadre géographique et environnemental), il serait difficile de permettre sur une centrale quelque chose de totalement exclu sur une autre.

2) Acteurs

Les moyens administratifs sont importants. La Nuclear Regulatory Commission (NRC) dispose d'un service de démantèlement de trente personnes (sur un effectif total de trois mille personnes, dont deux tiers de scientifiques et d'ingénieurs), dont la mission est de contrôler, d'autoriser, et de réglementer dans le but de protéger l'environnement et la santé. La NRC est fortement impliquée sur le terrain, un délégué étant responsable sur chaque site en cours d'exploitation ou de démantèlement.

Le système administratif souffre néanmoins de la multiplicité des organismes qui peuvent se prévaloir d'influer sur le démantèlement d'une façon quelconque: à savoir en plus de la NRC, le Department of Energy, l'Environment Protection Agency, et les différents organismes étatiques locaux (DOE local, Conseils locaux...).

Le pouvoir de l'administration des Etats n'est pas négligeable. Cela conduit à des luttes avec la NRC, notamment en matière de financement: afin de transiger et d'adopter une position uniforme au niveau fédéral, la NRC a dû imposer le provisionnement d'un fonds d'un montant standard, fixé en fonction du type de réacteur³⁶. Il ne couvre pas nécessairement tout le coût du démantèlement, (le coût effectif dans le cas du PWR de 1130 MWe de Trojan, s'élève à 210 M\$ pour le démantèlement seul), mais est une garantie jugée suffisante pour que le démantèlement puisse se faire.

³⁶ Il s'élève à 110 MS pour un PWR et 118 MS pour un BWR, Federal Register V53 N°123 du 27/06/88.

Les exploitants sont des interlocuteurs très écoutés par l'administration qui peut ainsi avancer de façon pragmatique: les débats afin de déterminer comment seront gérés les outils utilisés sur les chantiers ne sont pas menés à Washington, mais en direct sur site, alors que les opérations ont commencé... Sur tous les sites visités, les réacteurs nucléaires de puissance étaient des investissements à faible rentabilité pour les exploitants... donc à oublier au plus vite.

Enfin, le public a une possibilité d'information et d'expression à travers des conseils locaux appelés "Site Specific Advisory Board", même s'il n'en tire pas toujours profit. Dans l'Orégon ce conseil a pu intenter des procès à l'exploitant et bloquer momentanément les opérations jugées de trop grande ampleur par rapport aux autorisations effectivement obtenues.

Réglementairement, les habitants peuvent s'exprimer à propos d'une loi lors de la publication du projet dans le Federal Register avant son adoption. Parmi le public et les écologistes, le sujet du démantèlement est faiblement mobilisateur, et ce d'autant plus que les Etats-Unis disposent de beaucoup d'espace autour des sites.

3) Réglementation

Le déroulement administratif des opérations de démantèlement est assez bien rôdé pour les réacteurs. A l'issue de l'exploitation, l'industriel doit fournir, dans un délai de cinq ans après arrêt définitif, un plan de démantèlement comprenant une étude de sûreté. Son approbation permet d'engager les opérations, et la licence d'exploitation est alors modifiée: elle ne permet plus l'exploitation mais elle maintient les obligations de sûreté. A l'aboutissement des travaux, la licence d'exploitation qui avait été accordée par la NRC prend définitivement fin. La réglementation demande que le site soit libéré au maximum soixante ans après arrêt.

Séquence des opérations de démantèlement	
Instant 0	Arrêt de l'exploitation
	Bilan radiologique de l'installation
5 ans au plus après arrêt	Plan de démantèlement, étude d'impact
	Revue par la NRC
	Amendement de la licence 10 CFR 50 après approbation du plan
	Démantèlement
	Contrôle final
Maximum 60 ans	Fin de licence et libération du site.

Ce schéma séquentiel est cependant parfois bouleversé par la mise en oeuvre d'une procédure appelée 50.59. Elle dérive du fait que certaines opérations de démantèlement s'apparentent à des opérations de maintenance (remplacement de générateurs de vapeur, décontamination...), et qu'il est possible de les effectuer avant approbation du plan de démantèlement comme de simples opérations de maintenance.

Mais certains opérateurs en ont profité pour engager de façon majeure leur démantèlement sous ce régime: ainsi, dans le cas de la centrale de Trojan, REP de 1130 MW détenu par la société PGE (Portland General Electric), l'évacuation des générateurs de vapeur et du pressuriseur ont eu lieu en 1993 sous couvert de cette règle. Son déroulement a été interrompu par un procès (six recours par des associations écologistes, deux arrêts de chantier), en raison de l'importance des opérations entreprises. Etant donné l'engagement des travaux et leur tenue jugée correcte par la NRC, ce projet a pu être mené à terme. Aujourd'hui, la société PGE démonte certains systèmes comme le RIS et décontamine le bâtiment réacteur sous couvert de la procédure 50.59, en attendant de l'approbation de son plan de démantèlement par la NRC. Cela permet de faire avancer le chantier tout en formant le personnel.

Afin d'éviter à l'avenir de tels débordements, la NRC est en train de revoir les modalités de mise en oeuvre de la procédure 50.59. Désormais, seules les opérations mineures pourront entrer dans ce cadre. Quantitativement, elles seront limitées avant arrêt à 3% du montant des provisions (essentiellement pour des études), puis après arrêt et avant approbation du plan à 20% du même montant.

Un projet de loi sur la libération des sites nucléaires³⁷ est aujourd'hui en attente d'approbation par le Congrès (il a déjà été publié dans le Federal Register).

Il formalise le seuil de libération inconditionnelle d'un site, à l'issue des opérations de démantèlement. Le seuil s'exprime en doses reçues par un individu qui utiliserait le site:

* dose < 0,15 mSv / an: Libération sans restriction et sans contrôle d'accès sur le site. La NRC applique le principe ALARA: s'il est possible de faire mieux à peu de frais, elle l'exige.

* entre 0,15 et 1 mSiv / an: Libération restreinte avec contrôle d'accès.

Même si cette loi n'a pas encore été adoptée, nous devons noter que des opérations de démantèlement sont déjà presque parvenues à terme dans l'optique d'une libération du site sur la base de ces critères: sur le site de Fort Saint Vrain, les mesures de contrôle radiologique final ont débuté.

Fort Saint Vrain est un réacteur à haute température refroidi au gaz, exploité par PSC (Public Service of Colorado). Il a été exploité de façon intermittente de 1976 à 1989, date à laquelle la société PSC a proposé un plan de démantèlement: le bâtiment turbine sera réutilisé pour un cycle combiné, et le bâtiment réacteur simplement fermé, en respectant les critères de libération sans restriction. La décontamination de surface permet de laisser à l'intérieur de l'usine la quasi totalité des circuits, d'où un gain notable sur le coût des déchets. Il y a donc très peu de démontage. Les tubes de refroidissement de la cuve en béton précontraint, noyés dans le béton, ne peuvent être démontés sans démolir l'ensemble de la cuve. Ils seront donc décontaminés autant que possible, et PSC devra ensuite prouver que les critères de libération du site sont respectés. L'exploitant envisage de demander une exemption à la NRC s'il n'y réussit pas.

La phase de revue finale permet aujourd'hui de contrôler que la décontamination a bien permis d'atteindre les futurs critères de libération inconditionnelle. En dépit du nombre important de mesures (400 000 mesures pour 100 000 points de mesure et un coût de 14 M\$) la complexité des installations restant en place rendra très difficile la démonstration par l'exploitant de la propreté radiologique de l'installation.

Quoiqu'il en soit, ces critères de libération de site permettent de mener un démantèlement conforme à un niveau 3 AIEA, tout en laissant quasiment l'intégralité de la structure en place. Ceci est très loin du concept de retour à l'herbe qui a été

³⁷ Ne s'applique qu'aux sites dont le responsable de la contamination est identifié. Les sites abandonnés, ou dont le propriétaire a disparu, feront l'objet d'une autre réglementation, incitant à leur démantèlement rapide.

véhiculé en France. Il paraît néanmoins difficile qu'un démantèlement à l'américaine soit accepté par la population française.

4) Avancées

4.1 Scénarios

Dans ses réglementations concernant le démantèlement, la NRC propose trois alternatives différentes pour les réacteurs, qui sont similaires aux principaux scénarios analysés en France:

- ENTOMB: les contaminants radioactifs sont coulés dans un liant comme du béton. La structure est alors maintenue et surveillée en permanence jusqu'à décroissance naturelle pour atteindre le niveau de libération inconditionnelle autorisé. Ce scénario est en réalité impossible du fait de la durée maximale du démantèlement, limitée à soixante ans après arrêt.

- DECON: les équipements, structures et parties de l'usine contenant des contaminants sont enlevés ou décontaminés à un niveau qui permette une libération sans condition. L'exploitant qui choisit cette voie, doit terminer son démantèlement au plus cinq ans après l'approbation du plan pour éviter des dérives trop importantes.

- SAFESTOR: après approbation, la centrale est placée et maintenue dans un état permettant une attente en sécurité pendant une dizaine d'années, avant une décontamination jusqu'à un niveau permettant une libération sans condition. Le démantèlement doit être achevé soixante ans après arrêt.

Les exploitants américains doivent impérativement choisir entre ces trois solutions leur scénario de démantèlement. Rappelons qu'en France, l'exploitant est libre de proposer le scénario de son choix, il doit ensuite en démontrer la sûreté.

4.2 Choix techniques et stratégiques.

En ce qui concerne les techniques mises en oeuvre, elles sont les plus simples possibles. Les opérateurs américains n'emploient que des techniques éprouvées, ne font pas de développement, et utilisent beaucoup de main d'oeuvre. Ils répètent les opérations en grandeur réelle en se faisant la main sur des systèmes simples (systèmes RIS à Trojan). Bien que les réacteurs soient souvent des prototypes, les enseignements généraux en terme d'organisation de chantier et de maîtrise des coûts sont reproductibles.

Toutes les études donnent le démantèlement différé plus cher qu'un démantèlement immédiat. Les écarts d'estimations observés pour un démantèlement à soixante ans viennent de l'incertitude sur la réduction de la quantité de déchets TFA par décroissance radioactive. Cependant les coûts de surveillance viennent de toute façon alourdir le bilan et faire pencher la balance du côté de la solution rapide. De plus, comme il n'y a pas de standardisation des réacteurs de puissance aux Etats Unis, la mémoire du personnel va en faveur d'un démantèlement immédiat.

Les analyses menées par l'exploitant PGE (Portland General Electric) sur le site de Trojan (PWR de 1140 MW) et celles commandées par la NRC sur ce même site permettent de mettre en perspective quelques chiffres:

* Les études de coûts donnent le scénario Safestor à soixante ans pour 250 M\$ (non actualisé) en moyenne contre 150 M\$ pour le scénario Decon.

* Un démantèlement immédiat génère 313 000 ft³ de TFA, alors que l'attente de soixante ans permettrait au mieux de diminuer ce chiffre de moitié (seulement).

Mais étant données les incertitudes concernant les quantités et les coûts futurs des déchets, ainsi que les coûts de surveillance, il doit sans doute falloir nuancer ces écarts de coûts globaux, et retenir que les deux solutions solutions sont économiquement comparables.

* L'exposition du personnel et du public est environ deux fois plus grande dans le scénario Decon que dans le scénario Safestor:

	Safestor	Decon
Personnel	4,8 H.Sv	9 H.Sv
Public	0,022 H.Sv	0,03 H.Sv

En ce qui concerne le public, ces doses sont cependant estimées faibles par rapport à la radioactivité naturelle. Pour le personnel, elles le sont aussi par rapport à celles de la phase d'exploitation.

De ce fait, la dose n'intervient pas dans le choix du scénario. Elle est simplement minimisée une fois ce dernier choisi. De plus, la répétition des opérations permet de diminuer considérablement les doses effectivement reçues, comme ce fut le cas pour l'évacuation des trois générateurs de vapeur à Trojan.

4.3 Les déchets restent une pierre d'achoppement.

La NRC n'a pas encore défini de politique en matière de gestion des TFA (seuil de libération, recyclage, filières de traitement). Il n'existe pas de seuil universel pour les déchets bien qu'il en ait été instauré un pour les sites. La situation américaine est assez similaire au vide juridique français, et les questions qui se posent sont les mêmes. Une législation sera élaborée après l'approbation du règlement sur les critères de libération de sites.

Il n'existe pas de distinction entre déchets TFA et FA telle qu'elle est en cours de définition en France, mais les déchets FA sont classés en trois catégories A, B, C par importance d'activité. Les Etats ont la responsabilité du stockage des déchets FA et ont donc l'obligation des prévoir des sites de stockage. Ils y sont cependant très réticents. La pression de la NRC et l'organisation en treize groupements d'Etats ou "compacts" n'a toujours pas permis l'ouverture de nouveaux sites. Seuls deux sont aujourd'hui disponibles et en principe dédiés aux seuls compacts affiliés: le site de Handford (Oregon) et celui de Caroline du Sud.

Cette situation crée de fortes disparités de prix (de 40 à 400 \$/ft³) et une instabilité qui pousse les exploitants à profiter de la moindre opportunité pour écouler leurs déchets. En agissant ainsi par anticipation ils contribuent sûrement à accélérer la fermeture de ces sites.

Ainsi le site de Handford est une opportunité exceptionnelle pour le réacteur de Trojan puisque:

- même s'il existe des études d'impact, cette décharge est un site de surface fait de tranchées sans structure bétonnée, où tout repose sans ordre. Une identification a posteriori paraît difficile.

- le prix de 50 \$/ft³ est extrêmement compétitif par rapport au reste des USA. Cela rend la réduction en volumes des déchets et le recyclage non rentables contrairement à l'Allemagne³⁸.

- l'accessibilité par barge le long de la Columbia River est aussi un moyen de transport facile, plus sûr et moins cher que le transport routier.

Un tel site est absolument inimaginable en France où l'espace disponible est limité, et où l'exemple du site de stockage de la Hague rendra maintenant les populations avoisinantes encore plus suspicieuses.

³⁸ Voir III B.

Mais même à Trojan les prix de stockage ont augmenté en moyenne de 12% par an sur ces cinq dernières années, et les prix se rapprochent de ceux du recyclage. D'où ces calculs farfelus maintenant une telle progression pendant soixante ans (!!!), révélateurs d'une forte inquiétude quant aux possibilités futures de stockage des déchets. Les difficultés rencontrées pour ouvrir de nouveaux sites légitiment l'idée d'une progression continue des prix, en dépit de l'espace disponible. Les solutions françaises envisagées sont donc très bon marché en comparaison.

Un aspect réglementaire important et original aux Etats-unis est celui de la moyennisation. Il est possible de moyenniser la radioactivité des déchets noyés dans une matrice et entourés de leur container afin de satisfaire la réglementation en terme de radioactivité spécifique, alors qu'en cas de rupture du container ce qui compte c'est l'activité du déchet le plus radioactif. Sous la pression des exploitants, la NRC a autorisé le même mode de calcul pour des éléments massifs comme des générateurs de vapeur, ce qui simplifie considérablement les opérations de découpe.

Ce fut le cas à Trojan où l'évacuation des générateurs de vapeur a eu lieu dès 1993 sous couvert de la règle 50.59 et de cette règle de moyennisation. Le réacteur de puissance de Trojan est un PWR de 1130 MWe. Le projet "Large Component Removal Project" consistait à enterrer d'un bloc les générateurs de vapeur et le pressuriseur sur le site de Handford, sans les découper, après les avoir remplis de béton. Les colis ont été contrôlés avant transport par l'ensemble des autorités: NRC, EPA, garde-côtes... Ce mode d'élimination a permis de minimiser au maximum les doses reçues.

Le cas de la cuve du réacteur est en cours d'étude pour approbation. Seul un élément ne satisferait pas aux niveaux d'activité requis. Il semble néanmoins qu'une dérogation devrait être possible à obtenir, même si le plan de démantèlement autorisé par la NRC était basé sur l'hypothèse d'une découpe de la cuve.

Enfin il faut noter que les critères de libération de sites interfèrent avec la gestion des déchets et contredisent l'absence actuelle de seuil de libération des déchets. Le matériel du site libéré peut en effet être mis en décharge classique ou recyclé sans restriction selon la définition de la libération inconditionnelle, alors qu'il n'y a pas de critère pour libérer des déchets. Ces incohérences conduisent d'ailleurs à des interprétations erronées, comme c'est le cas sur le site de Rocky Flats.

Cet ancien site militaire de fabrication d'armement est sous tutelle du DOE (Department of Energy) et non pas de la NRC. C'est un site immense, composé d'un grand nombre de bâtiments, dont le contaminant principal est le plutonium. Le problème de gestion du démantèlement se pose surtout en matière de gestion de déchets dangereux, autant chimiquement que radioactivement:

- 3000 fûts sont entreposés en attente de traitement. Ce sont typiquement des déchets à incinérer. Mais les trois incinérateurs construits au Colorado (dont un pourrait accepter des déchets radioactifs) n'ont toujours pas reçu l'autorisation d'exploiter.

- 100 000 t de déchets entreposés dans des caissons en bois devraient être destinés à la décharge. Ils sont envoyés sur un site du DOE. Le coût est de 12 \$/ft³, mais varie fortement car c'est un forfait annuel qui ne tiendrait pas compte des tonnages envoyés.

- Le reste des déchets (métaux) sera recyclé pour fabriquer des containers de déchets radioactifs.

Du fait la tutelle de ce site, les objectifs à atteindre sont fixés par le DOE. C'est ainsi que l'exploitant du démantèlement de Rocky Flats devra atteindre pour libérer ses déchets les critères de libération de site de la NRC... ce qui fait sursauter cette dernière!

5) Bilan des trois sites visités

5.1 Trojan (Oregon)

Le plan de démantèlement de cette centrale présentée plus haut devrait être soumis à la NRC bientôt. En attendant, diverses opérations mineures sont effectuées sous couvert de la procédure 50.59, après toutefois l'évacuation des générateurs de vapeur et du pressuriseur vers le site de Handford.

Après un refroidissement de cinq ans, le combustible usagé sera transféré dans un bâtiment d'entreposage temporaire, à sec, qui sera construit spécialement. L'opérateur pourrait être quelqu'un d'autre que PGE, mais cela semble peu probable. Ce bâtiment restera sous contrôle permanent jusqu'au transfert du combustible en stockage profond par le DOE. Le coût total de l'entreposage temporaire est évalué à 150 M\$.

Globalement, le démantèlement se déroule en sens inverse de celui prévu dans les projets proposés par EDF: d'abord la cuve (dont la radioactivité ne décroîtra pas dans une proportion permettant de s'affranchir de la téléopération), suivie des auxiliaires et enfin des bâtiments classiques.

Le démantèlement de Trojan emploie cinquante à deux cents personnes selon les phases du projet. Le personnel est jeune et s'implique dans ce projet, qui ne semble pas être un "demi-projet". Chaque phase fait appel à des sociétés spécialisées (béton à faible densité, manutention des composants lourds...).

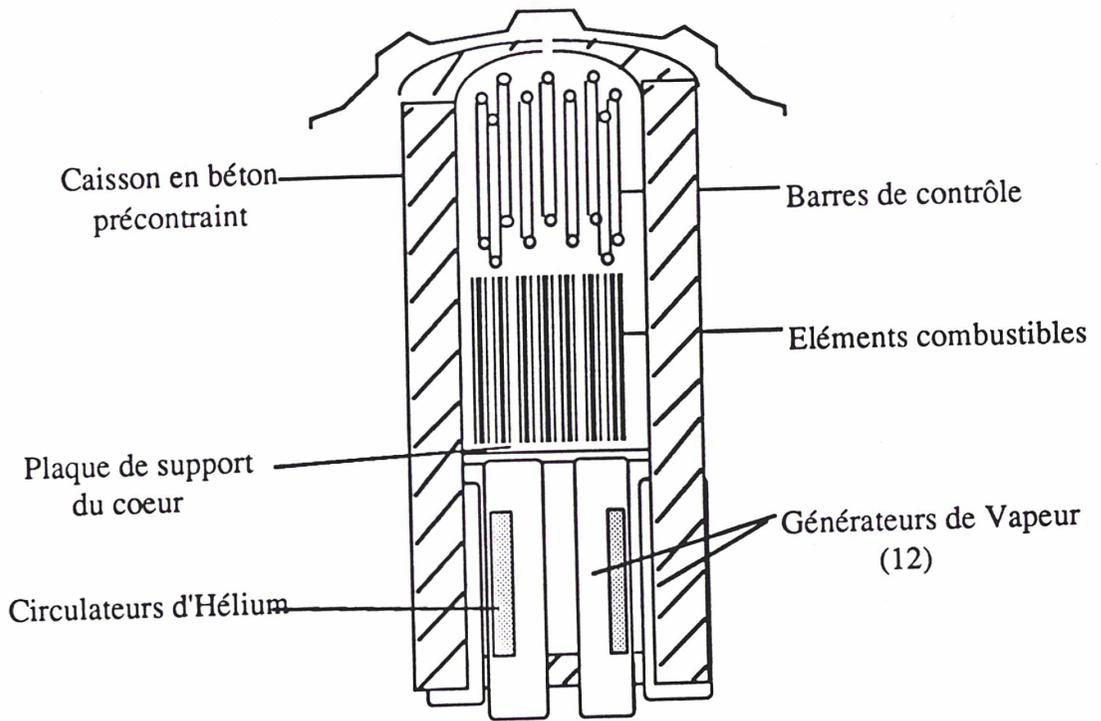
Les coûts sont estimés à 210 M\$ pour le démantèlement seul. La fin du démantèlement de la cuve est prévue pour 1998, alors que l'ensemble du démantèlement doit se terminer en 2002.

5.2 Fort Saint Vrain (Colorado)

Le plan de démantèlement de ce réacteur à haute température refroidi au gaz date de 1989. En 1992, le combustible a été transféré dans le bâtiment de stockage à sec. Les opérations de démantèlement ont démarré en Juillet 1992 alors que le plan était approuvé en Août de la même année.

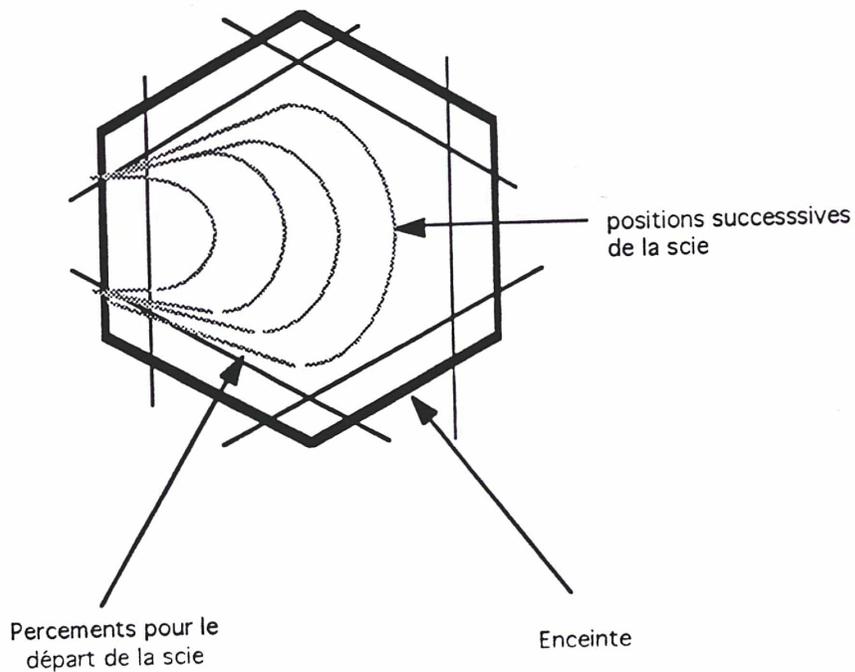
Dans ce réacteur, les générateurs de vapeur sont séparés des éléments combustibles par un plancher. Le tout est compris dans la cuve réacteur, en béton précontraint.

Le réacteur de Fort Saint Vrain



Lors des opérations de démantèlement déjà menées, la couverture supérieure a tout d'abord été enlevée. Six segments horizontaux ont été percés pour permettre l'utilisation d'une scie diamantée qui progressait en décrivant des boucles concentriques à travers la largeur de la couverture.

Schéma de principe de la découpe



Le système de circulation d'eau était progressivement allongé, au fur et à mesure de l'avancée des travaux vers le bas du réacteur, pour les maintenir sous eau. Une plateforme tournante placée au-dessus des internes permettait d'y accéder. Les composés graphite ont été enlevés grâce à des outils de travail à distance. Afin d'éliminer le béton activé au niveau du coeur, des coupes verticales à la scie diamantée ont été faites. Enfin les générateurs de vapeur ont été enlevés par unités complètes et enveloppés pour le stockage. La cuve libérée du béton activé et des internes a alors été décontaminée et sera laissée telle quelle lors de la libération du site.

Les travaux confiés à la société Westinghouse ont duré trente-neuf mois, en avance sur le planning, avec une totale maîtrise des coûts et de la radioprotection (5 Sv soit trois années de maintenance d'une centrale en France). Le volume des déchets a été réduit aux composants du circuit primaire. En effet, les autres circuits sont laissés en place décontaminés, en conformité avec les normes de libération de sites aux USA. La salle des machines sera réutilisée pour la centrale thermique d'un cycle combiné en construction actuellement sur le site.

5.3 Rocky Flats (Colorado)

Le site de Rocky Flats est sans doute le plus petit et le plus propre des sept sites militaires que comptent les Etats-Unis. Il est toutefois très contaminé puisqu'il recèle entre autres une grande quantité de sols pollués, des eaux souterraines contaminées, et un bâtiment contaminé par un feu de matière fissile remontant à une dizaine d'années... Le montant du démantèlement total est estimé à 36 Md\$.

L'assainissement de Rocky Flats est le chantier pilote d'un plan de grande envergure entrepris par le DOE pour réhabiliter ses sites, dans une optique de nettoyage et d'arrêt de pratiques datant de la guerre froide. Il a pour but de démontrer la faisabilité d'une conversion économique des installations du DOE. Le montant pour l'assainissement de l'ensemble des installations militaires américaines s'élèverait à 275 Mds...

Le démantèlement est mené dans le but de réutiliser le site afin de le convertir en centre d'étude des problèmes d'environnement, en particulier concernant la gestion des produits radioactifs. Les exploitants visent donc une libération conditionnelle du site, puisqu'il continuera à y avoir des activités nucléaires. L'opération majeure en cours actuellement est la conversion de quatre anciens bâtiments de fabrication d'armes atomiques en ateliers de fabrication de containers pour déchets radioactifs. Elle est menée par la société Manufacturing Sciences Corporation en coopération avec BNFL (British Nuclear Fuel Limited) pour un montant de 42 M\$

6) Les enseignements

Les analyses précédentes nous ont permis de mettre en perspective différentes illustrations du démantèlement des installations nucléaires aux Etats-Unis.

Tout d'abord, les expériences américaines remettent en place certaines idées concernant le démantèlement. D'une part, un démantèlement de niveau 3 ne signifie pas nécessairement un retour à l'herbe. D'autre part, il convient de faire preuve de beaucoup de pragmatisme dans la conception et l'application des réglementations.

Elles sont la preuve que contrairement à certains titres à sensation, le démantèlement, "les exploitants américains savent techniquement faire", dans les délais et avec des doses inférieures à celles prévues. Même en tenant compte du fait qu'aux Etats-Unis, les éléments ne sont pas toujours découpés et stockés aussi soigneusement qu'en Europe, les Américains ont tendance à user et abuser d'une main-d'oeuvre bon marché sans se poser de question. Les efforts de développement d'outils performants et de manipulation téléopérée restent très faibles voire nuls.

Cependant les exemples de Rocky flats ou de Fort Saint Vrain sont là pour montrer que des travaux plus orthodoxes ont été effectués.

D'autre part, les études menées par des sociétés privées indépendantes et par l'administration, quels que soient les Etats, ont toutes convergé vers la même conclusion. Les coûts de surveillance sur soixante ans et les incertitudes sur la gestion future des déchets sont tels qu'un démantèlement différé coûte le même prix si ce n'est plus cher qu'un démantèlement immédiat. Elles n'incluent pourtant pas l'importance de la mémoire du personnel, jugée inestimable pour la conduite des chantiers par les exploitants. Même si pour le parc français la standardisation rend celle-ci moins vitale, les quelques expériences françaises montrent que le support des "anciens" sur le terrain n'est pas négligeable.

Enfin les déchets sont un point difficile pour les américains. Chacun défend son territoire comme en France. Même si les terrains disponibles sont a priori plus nombreux, les sites de stockage viennent à manquer et les coûts grimpent. Sur ce point l'attitude des exploitants et de la NRC n'est pas exempte de tout reproche. A abuser des sites de stockages ouverts, pour déverser au moindre coût leurs déchets sans tenir compte de leur devenir à long terme, les exploitants accélèrent la fermeture de ces centres et rendent de plus en plus difficile l'ouverture de nouveaux stockages. Ils sont aidés en cela par la NRC qui donne son autorisation. Les hommes politiques américains craignant de plus en plus la réaction du public face à ces pratiques, refusent de voir s'ouvrir de nouveaux centres de stockage, ce qui commence à porter tort à l'exploitant de Rocky Flats...

Le recyclage est envisagé indirectement, puisqu'une libération du site permet de réutiliser sur place les matériaux à une autre fin.

Le dernier enseignement à tirer du démantèlement aux Etats-Unis est qu'il faut, d'une part faire attention à l'instauration de seuils de libération de site qui ne s'appliqueraient pas aux déchets, cela pouvant générer confusions et lacunes juridiques. D'autre part les seuils de libération permettent de fixer des objectifs concrets et chiffrables. En les fixant très bas comme le fait la NRC, cela permet de dépasser le stade de la réflexion tout en préservant les objectifs de santé publique, sous réserve que les limites fixées soient effectivement respectées et contrôlables... Il semble donc difficile d'éviter la définition de critères chiffrés pour la libération des sites dans notre pays.

B) L'Allemagne

1) Situation générale du nucléaire en Allemagne

L'électricité allemande est à 34% d'origine nucléaire et représente 12% de l'énergie consommée en Allemagne, mais l'industrie nucléaire est en perte de vitesse. Ceci s'explique par la révision à la baisse des prévisions de consommation d'électricité, malgré la croissance attendue du PIB. En effet, la majeure partie des besoins nouveaux d'énergie seront couverts par des économies d'énergie dans les secteurs traditionnels³⁹. Mais ce ralentissement est également et surtout dû à la pression des écologistes, opposés à toute industrie nucléaire.

Le poids de l'électorat vert et l'accident de Tchernobyl ont conduit le SPD à s'engager à arrêter l'industrie nucléaire en Allemagne. L'Allemagne a en conséquence stoppé son programme de recherche sur les réacteurs à neutrons rapides (RNR) et sur le retraitement. Le centre de recherche de Karlsruhe (KFK) réoriente donc ses recherches vers les technologies de l'environnement. L'état a également la responsabilité de démanteler une mine d'uranium à Asse et un navire de recherche sur la propulsion nucléaire, le Otto Hahn.

Il n'y a pas de consensus sur les sources d'énergie de demain en Allemagne. L'opposition au nucléaire est très virulente, mais une partie de la population est consciente que l'Allemagne n'a plus de ressources en charbon rentables. Le nucléaire a donc un rôle stratégique à jouer dans l'approvisionnement énergétique: le pays ne produit que 40% de ses besoins. Le débat est pour l'heure totalement ouvert.

L'ancienne RDA comptait un seul site nucléaire en fonctionnement à Greifswald (deux en comptant le petit réacteur pilote de Rheinsberg, 70 MW). Celle-ci a été arrêtée après la réunification car elle n'était pas rentable. Il reste actuellement 19 installations en activité en RFA.

C'est dans ce contexte que se dessine le démantèlement en Allemagne.

2) L'organisation du secteur nucléaire allemand

L'état fédéral définit des lois que les Länder doivent appliquer. Il peut contraindre un land récalcitrant à appliquer la loi en édictant des directives. Les länder ne peuvent légiférer que dans des domaines non couverts par des lois fédérales. Le secteur du nucléaire est régi par une loi, dite "loi atomique"⁴⁰, qui en prévoit les grandes lignes de gestion. Elle stipule en particulier que les installations définitivement arrêtées doivent être démantelées, et que les exploitants doivent faire des provisions financières dans ce but. Le BMU (ministère fédéral de l'environnement) est responsable du contrôle et de la promotion du nucléaire.

Cette structure juridico-administrative est propice à la contestation du nucléaire, et on constate ces dernières années, une augmentation du nombre de directives, traduisant une opposition de plus en plus grande des länder.

L'application de la loi atomique se fait au travers d'une réglementation définie par le BMU. Cette réglementation se base sur les travaux de la RSK (Reactorsicherheitskommission), une commission d'experts indépendants, analogue aux Groupes Permanents français. Ces personnes sont des médecins, des chercheurs, des experts techniques privés... En général, leurs recommandations sont adoptées en l'état par le BMU, car leur autorité sur le sujet est largement reconnue par tous.

Les länder sont chargés de l'application des lois et règlements. Ils accordent en particulier les licences d'exploitation, qui fixent les autorisations de rejets d'une

³⁹ Nucleonic Week, du 18/01/96.

⁴⁰ Atomgesetz du 23/12/59 modifiée plusieurs fois.

installation: ce sont donc des pièces administratives de première importance, et les différences entre länder se font fortement ressentir. Ils doivent également mettre à la disposition des exploitants des décharges provisoires pour les déchets radioactifs. Seule la Basse Saxe avec le site de Morsleben a rempli cette obligation, mais la décharge existait déjà sous l'ancien régime communiste...

3) La réglementation du démantèlement

Pour pouvoir démanteler, un exploitant doit avoir une licence de démantèlement accordée par l'administration⁴¹. La réglementation prévoit qu'il doit s'écouler moins de cinq ans entre l'arrêt d'une installation et l'obtention de la licence de démantèlement. Dans sa demande de licence l'exploitant doit fournir un scénario de démantèlement et en faire l'analyse de sûreté. Le gouvernement local doit ensuite vérifier ces études en faisant appel à des experts. En attendant la licence, l'exploitant doit maintenir son installation en état de marche, y compris en maintenant le personnel nécessaire sur place.

3.1 Les scénarios autorisés de démantèlement

La loi atomique prévoit trois scénarios possibles: le démantèlement immédiat, le démantèlement différé ou le démantèlement partiel immédiat de l'installation suivi d'une période d'attente. La réglementation fixe les procédures pour pouvoir suivre ces différentes voies. L'administration peut délivrer des licences:

- pour le démantèlement dans son ensemble comme ce fut le cas à Niederaichbach
- pour une étape du démantèlement individuelle
- pour une étape du démantèlement faisant partie d'une demande d'autorisation globale.

L'expérience prouve que les trois voies sont techniquement viables, toutefois l'administration apprécie le démantèlement par étape, car il permet d'étaler le travail d'étude tout au long du chantier. Il faut rappeler ici que le chantier de Greifswald durera environ quinze ans et personne n'est en mesure d'en écrire un scénario détaillé aujourd'hui.

Pour marquer la fin des obligations d'assainissement et de démantèlement, il existe un critère de libération des sites⁴². Mais ce dernier n'est pas encore officiel car les procédures d'application concrète à appliquer ne sont pas encore écrites, en particulier les méthodes de mesure. Ce critère est essentiellement un critère de contamination surfacique.

3.2 Aspects financiers

La loi commerciale⁴³ prévoit que chaque exploitant nourrisse un fonds qui doit couvrir l'entreposage intérimaire des déchets et du combustible ainsi que le démantèlement. Les exploitants doivent compléter ce fonds en dix-neuf ans, à raison de 0,003 DM/kWh (soit un total d'environ 500 MDM), déductibles fiscalement.

En revanche la réglementation est peu claire sur trois points. D'abord elle ne précise pas ce que l'on peut ou doit faire des intérêts générés par ces fonds. Ensuite elle ne précise pas non plus si les reprises sur provisions sont imposables ou non. Enfin elle ne prévoit pas ce qui se passe en cas de fermeture prématurée de l'installation.

La loi⁴⁴ prévoit également l'existence d'un second fonds pour le stockage final des déchets, sous la responsabilité du BfS (bureau de radioprotection fédéral). Son montant est proportionnel au volume de déchets envoyé par l'exploitant. A l'heure actuelle ni son montant, ni les procédures de gestion ne sont définies.

3.3 Le recyclage, les déchets très faiblement radioactifs

⁴¹ Atomgesetz, Art 7, §3.

⁴² Verfahren und Kriterien für die Freigabe von Gebäuden mit geringfügiger Radioaktivität zum Abrioder zur Weiternutzung, 8/12/95.

⁴³ Handelgesetz, Art 249.

⁴⁴ Endlagesvorausleistungsverordnung (ordonance sur les provisions pour stockage définitif), 1982.

Suivant la tradition allemande, le recyclage est très poussé (et même obligatoire pour les gravats), même dans le domaine des déchets nucléaires. L'article 9 § 1 de la loi atomique accorde la priorité au recyclage non destructif par rapport au stockage. Seuls 2% des déchets iront en stockage définitif. Le reste est soit non-radioactif, soit recyclé. Il existe deux modes de recyclage, librement sans condition ou avec traçabilité en fonction du niveau de contamination atteint après décontamination éventuelle. Des critères de libération ont donc été définis par des experts indépendants pour cela.

Le prix du stockage définitif étant très élevé, l'intérêt du recyclage est grand pour les exploitants. L'équation est donc simple: l'exploitant décontamine un déchet tant que cela est rentable et choisira le niveau de décontamination en fonction de la rentabilité respective des recyclages libre et restreint.

Le concept de base est le suivant: la dose induite pour le public par un élément recyclé doit être inférieure à 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, ce qui permet d'en déduire la contamination massique maximale admissible. La réglementation fixe ainsi des niveaux de libération universels et les procédures à suivre pour effectuer les mesures.

Ces critères sont (pour l'instant, car ils doivent être validés par des expériences):

* *Si la contamination est inférieure à 1 Bq/g et à 0,5 Bq/cm²:*

Recyclage restreint dans le nucléaire (fusion des métaux et fabrication d'emballages de déchets par exemple)

* *Si la contamination est inférieure à 0,1 Bq/g et à 0,5 Bq/cm²:*

Le déchet est libéré sans condition. Il n'est plus considéré comme radioactif.

La fiabilité de ce système reste à prouver. En effet, les déchets recyclés librement ne faisant pas l'objet d'un suivi, personne ne sait à notre connaissance si ces déchets sont effectivement recyclés ou simplement stockés dans des décharges sauvages chez des industriels. L'existence d'un système aussi souple en Allemagne est assez surprenant, ce qui conduit à penser qu'il sera peut-être remis en cause, en particulier si les Allemands font face à des affaires concernant les déchets similaires à celles qui ont eu lieu en France.

3.4 Les déchets ultimes

La loi impose le stockage souterrain des déchets non recyclables, quelle que soit leur activité. Ceci a l'avantage de rendre le stockage de tout déchet extrêmement onéreux, et donc de pousser les industriels à recycler au maximum. Cependant cette solution a les inconvénients de ses avantages, c'est à dire l'inconvénient d'inciter à recycler des déchets qu'il serait peut-être plus prudent pour la santé de stocker. Il n'existe qu'un seul site actuellement, à Morsleben dans l'ancienne RDA, pour les déchets de faible et moyenne activité. D'après le traité de réunification, ce site a une licence jusqu'en l'an 2000, après quoi la RFA n'aura plus de centre de stockage.

L'administration centrale pilote deux études pour de nouveaux centres: Konrad et Gorleben. Le choix du site de Konrad a été approuvé techniquement en 1994, ce site attendait une autorisation d'exploitation à la fin 1995 pour engager les travaux d'aménagement, et il devrait être prêt en 1999 si tout se passe comme prévu. Il est destiné au stockage des déchets ultimes dégageant peu de chaleur, c'est à dire aux déchets peu actifs. Quant à Gorleben, qui accueillera tout type de déchets, il en est à la phase d'exploration et son ouverture est prévue vers 2010. Ces projets se heurtent naturellement aux oppositions locales.

3.5 L'évolution de la réglementation

Une tentative de modification de la loi atomique a échoué voici deux ans à cause de l'absence de consensus sur l'énergie. Cette tentative avait pour but de mieux prendre en compte les spécificités du démantèlement: baisse continue du risque nucléaire, évolution permanente de la situation sur le chantier... Devant l'impossibilité de modifier cette loi, la cellule du BMU responsable du nucléaire a formé un groupe de travail chargé de publier un "guide d'application" de la réglementation aux cas de

démantèlements⁴⁵. Il ne comporte rien de nouveau, mais rassemble les textes en vigueur et propose des modalités d'application dans le cas du démantèlement. Les risques potentiels baissant au fur et à mesure du démantèlement, et les référentiels techniques de sûreté étant très contraignants, il faut un comportement raisonnable et uniforme des organismes accordant la licence (les länder). Personne ne s'attend pour autant à un assouplissement de la réglementation.

4) Les trois grands chantiers de démantèlement allemands

4.1 Karlsruhe

Le site KFK de Karlsruhe (Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH) est un centre de recherche nucléaire, financé par l'état fédéral via le BMBF, ministère de la recherche, des sciences et des technologies. Il se réoriente aujourd'hui vers l'ensemble des sciences de la nature. Il concentre un nombre important d'installations expérimentales:

Installations du centre de recherche KFK

*FR2	Réacteur à eau surchauffée
*HDR	BWR à eau surchauffée
*KNK	Surgénérateur au sodium
*MZFR	PWR expérimental multiusage
SNR300	Réacteur rapide au Na
THTR300	Réacteur au Thorium
AVR	Réacteur refroidi au gaz
*WAK	Usine de retraitement

*= installation en démantèlement

Le problème de KFK est essentiellement financier. Les études de projet montrent que le démantèlement différé est plus cher bien que moins coûteux à court terme. Un démantèlement partiel suivi d'une période d'attente a néanmoins été choisi pour certaines installations, en raison d'impératifs budgétaires. KFK n'ayant pas fait de provisions et l'Etat ne versant pas de crédits supplémentaires pour le démantèlement, le centre de recherche doit dégager de son budget les financements nécessaires. Il ne peut donc le faire qu'au compte-gouttes.

KFK pose avec la mine de ASSE le problème du financement du démantèlement des installations sous responsabilité publique. En effet, ces chantiers sont estimés à 6,5 MdDM (hors Greiswald), l'Etat s'est engagé à payer 4,6 milliards, sans toutefois débloquer les crédits pour l'instant.

Le réacteur expérimental à neutrons rapides FR2 sera ainsi démantelé en quatre phases. Après le démantèlement du système de refroidissement dans un premier temps, la deuxième phase couvrira le démontage du circuit secondaire. Le circuit primaire sera ensuite démantelé et le coeur mis en phase d'attente sous cocon.

KFK fait face à un problème particulier avec WAK. Cette installation est une usine pilote de retraitement du combustible. Conçue pour traiter 40 t/an, elle n'en a traité que 200 t en tout de 1971 à 1990. Elle a été fermée suite à l'abandon annoncé du retraitement. S'agissant d'un pilote, elle n'a pas d'installation de vitrification. Elle renferme donc un bon nombre de produits hautement radioactifs dont on ne sait que faire: ils ne sont ni traitables sur place, ni transportables aisément car ce sont des liquides. KFK essaie vainement depuis quatorze ans d'obtenir l'autorisation de les faire retraiter en Belgique. Elle songe maintenant à construire une usine de vitrification sur place. Cette usine ne servirait que deux ans pour le démantèlement de l'usine et serait démantelée à son tour après WAK.

⁴⁵ Leitfaden zur Stilllegung von Anlagen nach §7 Atomgesetz, 7/3/96.

Evidemment cela augmente la facture du démantèlement qui passe de 1,9 à 3,4 MdDM. Pour l'instant, le démantèlement de WAK est financé à hauteur des 1,9 milliards initiaux. L'état en couvre 0,9 milliards et les entreprises du secteur 1 milliard. Les exploitants ont constitué un fonds pour ce démantèlement car ils devaient être les bénéficiaires de ce projet de recherche.

Bien que WAK ait reçu trois licences de démantèlement très partielles, cette installation n'a pas encore reçu de licence de démantèlement permettant de baisser le niveau des mesures de sécurité, en raison des liquides hautement contaminés qu'elle contient. L'exploitant est donc tenu de maintenir l'installation en état de marche et de garder tout le personnel (quatre cents personnes à ne rien faire). Cela coûte 2 MDM par semaine.

4.2 Greifswald

Greifswald est un site situé sur la mer baltique, à l'extrême Est du pays. Il est détenu par la société EWN, qui est sous contrôle de l'état fédéral. C'est une usine de trois cents hectares, formée de huit réacteurs de type VVER. Les réacteurs sont par paire et partagent le même bâtiment annexe. A chaque réacteur est associé deux turbines: les seize turbines sont alignées dans un hall qui mesure 1,2 km de long. La centrale a démarré en 1973 et a fermé après la réunification en 1989, exceptée la tranche 1 qui n'a fermé qu'en 1990 afin d'attendre la construction d'une usine génératrice de vapeur pour chauffer la ville. Les deux raisons majeures de la fermeture sont la non-rentabilité de la centrale et le besoin de marquer une vraie rupture dans les esprits avec le régime socialiste. En effet, aucun repreneur n'a voulu prendre l'engagement de remettre cette installation à niveau et de l'exploiter. L'Etat l'a donc acquise pour un Marck symbolique.

Sur les huit tranches, seules les cinq premières ont fonctionné, les autres étant en construction au moment de la fermeture. La cinquième en était à la phase des essais avec combustible. Les réacteurs étant couplés par deux, les unités 5 et 6 devront donc être démantelées toutes les deux avec les précautions nécessaires au démantèlement des installations contaminées.

Ce site employait 14000 personnes avant sa fermeture. Aujourd'hui le démantèlement permet de maintenir 1400 emplois.

La présence d'un parc naturel à proximité et l'engagement pris dans le traité de réunification de démanteler, ont conduit au choix du démantèlement immédiat et à l'abandon des activités nucléaires sur le site. La réutilisation de ce site n'était pas un argument important car il est excentré et mal desservi. Par ailleurs, le coût du licenciement à Greifswald se monte à 60% du salaire, ce qui augmente d'autant l'intérêt du démantèlement immédiat. Les responsables de la centrale estiment que tous les arguments excepté le financement sont en faveur de ce scénario. Le coût du démantèlement est estimé à 3,5 MdDM.

Sur le plan technique, seule la téléopération est utilisée, il n'y a pas de robot. L'unité 6 servira de banc de test dans un premier temps afin d'étudier la sécurité et les techniques de travail de démantèlement en milieu contaminé. L'exploitant procède à une décontamination avant de démanteler un élément, afin de respecter ses contraintes de radioprotection. EWN regarde donc, après démontage, si il est intéressant économiquement de pousser la décontamination jusqu'à un seuil permettant la libération et le recyclage.

Tous les déchets et les éléments combustibles usés seront stockés à sec, de façon temporaire dans un entrepôt situé sur le site même de la centrale. Cet entrepôt est en cours de construction, il mesure 200m par 140 par 18. Il est divisé en 8 halls, dont un servira à stocker le combustible provisoirement, en attendant le site souterrain. Pour l'heure, 4.600 éléments sont en piscine de stockage et 700 autres sont en piscine de déchargement.

4. 3 Gundremmingen

Cette centrale, propriété de RWE, est située en Bavière sur le Danube, non loin de Munich. Elle est formée de trois tranches de type KRBA (réacteurs à eau bouillante). La première est en cours de démantèlement depuis 1983. C'était le premier réacteur commercial en RFA, sa puissance était de 250 MWe. Les deux autres tranches fonctionnent depuis 1984 et produisent 1250MWe chacune.

4.3.1 La politique de l'exploitant

L'exploitant a mis trois ans pour définir son plan de démantèlement et le devenir futur de son installation. Après une période que notre interlocuteur a qualifiée de "reflexe", pendant laquelle RWE souhaitait un démantèlement différé, pour différer son échéancier de dépenses le plus tard possible, il a finalement opté pour le démantèlement immédiat car les coûts de surveillance rendent le démantèlement différé plus onéreux d'après leurs études.

Pour RWE, qu'il y ait période d'attente ou pas, les travaux à faire sont les mêmes. Mais si en attendant, le coût de surveillance est supérieur aux gains radiologiques et en simplicité du chantier. RWE soulève également un problème de mesure à la fin de la période d'attente. Les niveaux de contamination devenants très faibles, la quantité de déchets douteux augmente, entraînant une augmentation des coûts de traitement des déchets.

La stratégie pour mener le démantèlement est fondée sur quatre piliers: le devenir des déchets, le devenir du site, les disponibilités financières et les problèmes sociaux. RWE ne parle donc ni de radioprotection, ni de techniques à développer. La radioprotection n'est qu'une contrainte de chantier. Quant aux techniques de démantèlement, elles sont disponibles y compris à l'échelle industrielle. Aucune R&D n'a été faite pour Gundremmingen, seuls des essais pour qualifier des techniques ont eu lieu. Le bâtiment réacteur sera démolé car il est devenu inutile, tandis que le bâtiment turbine sera vidé mais non décontaminé, pour devenir un atelier chaud, servant à la maintenance des deux autres tranches par exemple.

L'enjeu pour RWE est de se libérer des responsabilités et des contraintes liées à la possession d'une centrale nucléaire, bien que deux tranches soient toujours en service sur le même site. Le but est de limiter les risques de l'entrepreneur, c'est à dire ne pas avoir à implémenter sur cette tranche arrêtée qui ne rapporte plus, une éventuelle sévèrisation des normes sur les installations nucléaires. RWE anticipe également des normes de rejet d'effluents trop strictes étant donné la conception de la centrale après une période d'attente, pour pouvoir les respecter .

4.3.2 Le scénario

RWE procède à un démantèlement en trois étapes:

- 1-La turbine et le hall turbine (parties conventionnelles)
- 2-L'intérieur du bâtiment réacteur
- 3-Le réacteur, la protection biologique et le bâtiment réacteur

Le démantèlement est maintenant bien avancé: la phase 2 est largement entamée. Son coût est estimé à 200 MDM tout compris, avec une subvention à hauteur de 4 MDM par la CEE. Lors de l'établissement du plan de démantèlement, l'exploitant n'a pas détaillé les techniques qu'il allait employer, mais simplement décrit les étapes qu'il allait suivre. Il a défini ses besoins et les technologies à mettre en oeuvre au fur et à mesure du démantèlement.

Comme nous pouvons le constater, le démantèlement dure depuis longtemps (treize ans). En effet, à l'arrêt de la tranche l'enjeu premier était le démarrage des deux autres tranches du site, en conséquence de quoi, les effectifs consacrés au démantèlement étaient très réduits (cinq personnes). L'effectif du démantèlement est remonté en puissance ensuite pour atteindre cinquante personnes aujourd'hui. Le scénario a été adapté aux contraintes de gestion du personnel.

4.3.3 Les techniques de démantèlement

L'aspect le plus frappant du démantèlement de Gundremmingen est l'adaptation des outils et des moyens aux travaux. RWE a investi dans plusieurs installations semi-industrielles (voir tableau). Le prix de ces installations est estimé très abordable et rentable par la compagnie.

Installation	prix (kDM)	rôle	observations
Presse de "super-compactage"	1.500 neuf	Gagner en volume sur les déchets ultimes	Machine d'occasion
Cabine étanche de découpe		Contenir les poussières radioactives	Toutes les techniques de découpe sont disponibles
Maquette béton de l'enceinte biologique		Tester les techniques de découpe	En plein air Echelle 1
Bain de décontamination à l'acide phosphorique	300	Décontaminer économiquement les déchets	Facteur de décontamination au choix L'acide (10m ³) est recyclé Ferraille en déchet ultime 1%

L'exploitant a par ailleurs utilisé des techniques avancées de découpe pour les internes de cuve et pour les générateurs de vapeur. Les internes ont été découpés sous eau à la torche à plasma. Quant aux générateurs de vapeur, ils ont été remplis d'eau gelée à -15°C, et découpés à la scie diamantée. Cette technique combine plusieurs avantages: elle induit très peu de dose pour le personnel, elle résout le problème de vibrations des tubes à l'intérieur du générateur de vapeur, elle permet de fixer les poussières produites dans la glace fondue, et enfin elle permet de manipuler les morceaux découpés sans qu'ils partent en pièces.

A Gundremmingen, il n'y a pas de décontamination systématique avant démontage, mais les déchets sont triés à la source.

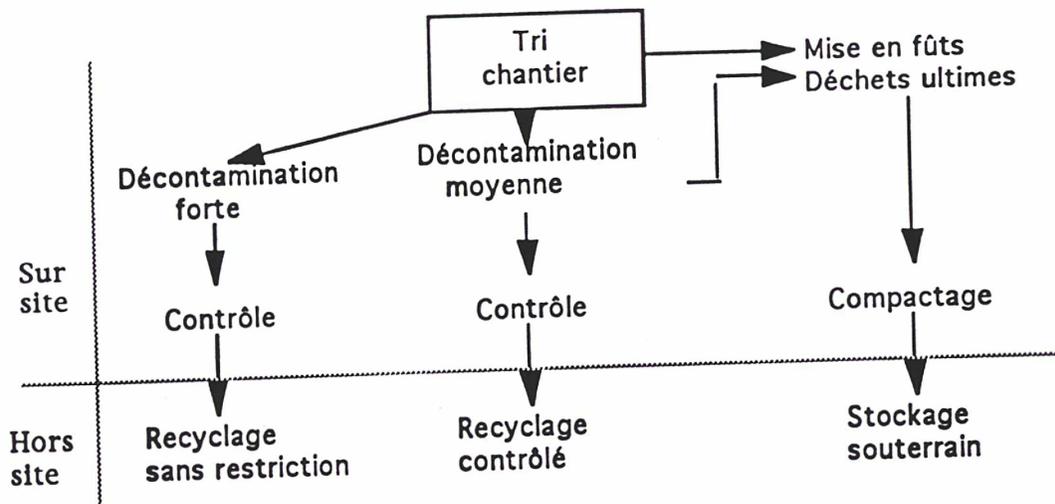
4.3.4 La gestion des déchets

La décharge de Morsleben facture 13.000 DM par m³ de déchets. Le transport, les mesures de contrôle et la documentation nécessaire au stockage reviennent à 6 DM/kg de déchets pour RWE. La décontamination coûte entre 2 et 3 DM/kg, et les mesures 1 DM/kg. Il existe donc un intérêt pour l'exploitant à recycler.

Les déchets de faible activité sont tous décontaminés dans le bain d'acide phosphorique pour une libération inconditionnelle. Ils sont ensuite contrôlés radiologiquement et revendus à un ferrailleur. Il semble que le ferrailleur soit une filiale de RWE, induisant nécessairement des doutes sur la fiabilité du recyclage.

Les déchets de moyenne activité sont recyclés pour faire des containers de déchets radioactifs ultimes. Le matériau composant ces containers devant avoir certaines caractéristiques techniques, il est nécessaire de diluer ces déchets à 70% dans des métaux neufs. Les déchets ultimes sont mis en fûts et compactés dans la presse de "super-compactage", avant d'être mis en containers.

La gestion des déchets à Gundremmingen



A l'exception de la fusion, toutes ces opérations se font sur le site même de la centrale. Un organisme indépendant vient contrôler la qualité des mesures radiologiques. Nous n'avons pas pu nous assurer de la fiabilité des mesures de contrôle concernant la décontamination et le recyclage. Quoiqu'il en soit l'exploitant démontre ici la faisabilité industrielle du démantèlement avec des moyens humains et financiers raisonnables.

5) Les enseignements

Comme l'a résumé le BMU les stratégies de démantèlement reposent sur des raisons économiques et non pas sur des raisons techniques. Viennent d'abord les considérations économiques, puis l'intérêt industriel, les problèmes sociaux et en dernier les problèmes de doses et de techniques.

L'exemple allemand démontre, d'une part que les techniques de démantèlement sont parfaitement au point et opérationnelles à l'échelle industrielle, d'autre part que les impératifs de radioprotection sont extrêmement bien maîtrisés. Les stratégies ne sont donc guidées que par quatre facteurs: le devenir des déchets, le devenir du site, les disponibilités financières et les contraintes sociales.

Dans tous les sites visités les contraintes sociales sont une des données majeures du problème. Le démantèlement immédiat, toujours mené par l'exploitant, permet de maintenir les emplois et d'attendre une fonte naturelle des effectifs. Cependant les projets de démantèlement mobilisent du personnel relativement jeune, et qui n'est pas considéré comme étant sur une voie de garage.

Dans un contexte où la réglementation est figée et où le prix du stockage définitif est extrêmement élevé, les exploitants allemands ont tout de même engagé le démantèlement. Nous pouvons retenir plusieurs points de leur expérience.

- Il n'y a pas d'obstacle industriel ou radiologique au démantèlement immédiat, la stratégie devant se dessiner dans la stratégie industrielle globale de l'exploitant.

- L'approche évolutive et par étapes des projets de démantèlement facilite la mise en oeuvre et le contrôle par l'administration.

- La possibilité de recycler ne peut pas être écartée. Même si la fiabilité du système actuel de libération en Allemagne peut être mise en doute, force est de reconnaître que l'industriel est celui qui sait le mieux optimiser la réutilisation des matériaux en fonction de ses caractéristiques et des quantités. Cela soutient les propositions faites en France sur des filières traçables de recyclage.

L'environnement sociopolitique difficile du nucléaire en Allemagne n'empêche pas les exploitants de se lancer dans le démantèlement, car leur intérêt propre est de se

débarrasser de responsabilités en matière de sûreté d'installations devenues non rentables.

IV Enseignements, axes de progrès

A) Les enseignements

Au fil de ce mémoire, à la lumière des expériences françaises et étrangères, sont apparus des enseignements sur l'état de l'art dans le domaine du démantèlement, sur les divers types de problèmes soulevés, et sur les solutions originales apportées par certains exploitants. Nous reprenons ici les principaux de ces enseignements.

- Quoi qu'on laisse entendre, le démantèlement est déjà un sujet d'actualité en France, que ce soit au CEA, à la Cogema ou à EDF.

- Tous les démantèlements entrepris à l'étranger aujourd'hui sont menés à terme dans les délais, les coûts et les doses prévues: le démantèlement est techniquement et économiquement faisable aujourd'hui, même si chaque pays a ses spécificités, notamment en matière de gestion des déchets.

- Le démantèlement ne nécessite pas de R&D. La répétition des opérations est le principal élément de gain de doses, plus que les progrès de la technologie.

- A l'étranger, seules des installations sous contrôle public direct font l'objet d'un démantèlement différé, pour des raisons budgétaires.

- Préconiser un démantèlement différé risque d'entretenir le mythe du démantèlement infaisable, et de générer la suspicion. Le renouvellement du parc sans démantèlement de grande ampleur paraît difficilement acceptable, aussi bien par la population que par les exploitants de sources d'énergie concurrentes.

- Le démantèlement peut être très différent du retour à l'herbe. Dès lors, il est imprudent de véhiculer l'image d'un retour à l'herbe (message qui frappe et qui est retenu par les médias, cf Canard Enchaîné du 24/04/96): il pourrait être difficile de faire autre chose par la suite.

- Comme les contraintes de radioprotection sont surmontables, tous les acteurs qui ont entamé le démantèlement l'ont fait surtout pour des raisons de politique industrielle: le démantèlement immédiat permet d'attendre la fonte naturelle des effectifs, ou en attendant dix ans comme à Marcoule l'évacuation de déchets reconditionnés du bâtiment. Il n'est jamais question de radioprotection ou de technique dans ces choix.

Par ailleurs, le principe ALARA ne justifie pas une attente de plusieurs dizaines d'années. Ce principe stipule que la dose doit être minimisée à objectif donné et non que les objectifs soient définis pour minimiser la dose: entre un état initial et un état final, ce principe doit déterminer le chemin optimal, et non pas servir à définir cet état final.

- Les difficultés principales rencontrées par les exploitants lors du démantèlement sont liées à la gestion des déchets. En particulier le point crucial est l'acceptation par le public des décharges. Bien que les administrations allemandes et américaines soient conscientes de la nécessité d'en ouvrir, elles voient souvent leur action bloquée par la difficulté à impliquer les hommes politiques, les facilités actuelles de gestion des déchets favorisant peu les choses. Pour tous ces exploitants l'enjeu majeur est la communication externe autour de ce thème.

- Il est préférable de démanteler à court terme après l'arrêt des installations. En effet, comme nous l'avons vu, les gains d'une attente de l'ordre de cinquante ans sont faibles et en tous cas non proportionnés aux risques financiers et industriels encourus

par l'exploitant: sévèrisation des normes de radioprotection, sur les déchets, et sur les INB, évolution des prix des déchets,... pour des installations conçues pour des normes moins rigoureuses. De plus, la période de surveillance s'est avérée plus chère que prévue aux USA et est aussi estimée plus onéreuse par les Allemands. Rien ne prouve que leurs études prévalent sur celles d'EDF, mais cela montre la grande incertitude des études à un horizon de cinquante ans. Nous avons également signalé la nécessité d'ouvrir au plus tôt des sites de stockage.

- La perte de mémoire de l'installation et de ses particularités au cours de la période d'attente est un élément difficile à quantifier, mais que les exploitants américains valorisent beaucoup. Plus généralement, après une période d'attente d'une cinquantaine d'années, il n'est pas évident qu'il soit possible de trouver des personnes connaissant encore cette technologie et que l'on puisse s'en passer sans frais.

- Les exploitants ont grand intérêt à démanteler. Dans la mesure où les hommes politiques sont très sensibles aux penchants écologistes de l'électorat et que les durées mises en jeu dépassent largement celle de leur mandat, où l'administration peut imposer des mesures de sûreté plus contraignantes que prévues lors des études, où les écologistes sont toujours réticents à accumuler des déchets, et dans la mesure où le démantèlement est un investissement improductif pour l'exploitant, le démantèlement crée plus d'ennuis qu'il n'enlève d'épines du pied à la plupart des acteurs (tout le monde pourrait se satisfaire de la situation actuelle). Les enseignements précédents amènent à penser que les exploitants ont intérêt à démanteler à court terme, puisque ce sont eux qui ont la responsabilité financière d'installations non rentables, les autres acteurs ne pouvant que leur créer de nouvelles obligations.

B) Les axes de progrès

Nous résumons ici les directions dans lesquelles il nous a semblé que des progrès seraient utiles sur les thèmes que nous avons été amenés à aborder.

Conception des installations:

La prise en compte des contraintes de démantèlement lors de la conception d'une installation est nécessaire. Le but n'est pas de faciliter le démantèlement lui-même, c'est à dire le démontage. L'intérêt est bien plutôt de concevoir des installations qui se salissent peu, par exemple d'éviter de mettre des pièces constituées de matériaux précurseurs de Co^{60} qui une fois irradiées par le flux de neutrons du coeur, sont des sources intenses de radioactivité difficiles à gérer.

Technologiques:

R&D très limitée mais mise au point d'outils spécifiques au démantèlement pour diminuer les doses et augmenter la productivité des chantiers en ambiance radiologique. La R&D nécessaire porte sur les moyens de mesure et de contrôle des doses ou des sources (gammamétrie,...).

En revanche, il est indispensable que les exploitants mettent en place des structures spécifiques pour mener le démantèlement et en thésauriser le retour d'expérience. Il est du rôle de la DSI-N de veiller à ce que ce soit effectivement fait.

Gestion des déchets:

Il est apparu clairement lors de cette étude qu'une bonne gestion des déchets (existence de filières de traitements, de sites de stockage,...) et l'ouverture dans les délais prévus des sites de stockage, qu'ils soient souterrains pour les déchets de haute activité ou consacrés aux déchets TFA, sont essentiels à la réussite des démantèlements.

En effet, en l'absence de tels équipements, cela obligerait les exploitants à entreposer temporairement tous leurs déchets avant de les stocker définitivement ou de les recycler, donc à les manipuler plusieurs fois, ce qui n'est optimal ni en termes de dose ni en termes de coût. Par ailleurs si le démantèlement pilote de Brennilis peut se concevoir alors que la gestion des déchets TFA est en cours de mise en place, on image mal voir plusieurs sites devoir conserver leurs déchets. Il en va d'ailleurs de même avec les déchets de haute activité.

Ce problème se pose aux Etats-Unis où les combustibles irradiés n'ont pas encore de site définitif. Chaque centrale en cours de démantèlement se voit donc contrainte de mettre en place un entreposage temporaire à sec avec un coût de l'ordre de 100 M\$.

Par ailleurs, la possibilité de recycler est primordiale, d'une part pour diminuer les volumes de déchets (par exemple les gravats) et ainsi en diminuer les coûts, mais aussi afin de réutiliser les matières valorisables comme le cuivre des câbles électriques en cuivre. Ceci posé, il faut avoir à l'esprit que le recyclage ne se fera pas sans la confiance absolue du public. Pour cela l'expérience allemande est instructive car, n'ayant pas d'obligation de traçabilité, nul ne sait ce que deviennent les déchets recyclés: sont-ils effectivement recyclés? Qui peut vérifier a posteriori que les seuils de libération sont bien respectés? Qui serait responsable si on retrouve un déchet égaré?

La traçabilité paraît le seul moyen acceptable par la population pour s'assurer que les exploitants ne font pas "n'importe quoi" de leurs déchets. Il semble important que les fichiers contenant cette information soient consultables par quiconque, dans un souci d'information du public. Dans ce domaine à l'image particulièrement négative, il est primordial de ne pas donner l'impression de vouloir cacher des déchets.

Relations extérieures:

Il a déjà été signalé que l'acceptation par le public est primordiale pour la réussite des chantiers de démantèlement du parc nucléaire dans son ensemble. A cet égard il importe de bien saisir la différence entre l'exploitation et le démantèlement pour les populations voisines des sites: alors que la centrale en fonctionnement génère relativement peu de mouvements, le démantèlement consiste essentiellement en l'enlèvement de gravats par des norias de camions. Il faudra donc prendre soin d'informer la population locale. A cette occasion, le rôle des CLI pourrait être rénové.

Réglémentations:

La réglementation française sur le démantèlement est assez restreinte, puisqu'elle se résume à l'article 6 ter du décret de 1963. Par là même elle est très souple et capable de s'adapter aux aspects très variés que peut prendre le démantèlement. En particulier, le chantier de démantèlement évoluant rapidement, la meilleure façon d'assurer la sûreté n'est probablement pas de faire des rapports de sûreté préalables, mais de faire évoluer les dossiers de sûreté au fur et à mesure des travaux. L'approche par étapes des Allemands permet de déconnecter les chantiers de démantèlement des diverses parties de l'installation.

Par ailleurs il est nécessaire de compléter cette réglementation, pour définir des critères de libération de sites. Comme il est peu probable que le prochain parc d'EDF comporte toujours autant de réacteurs nucléaires, des sites devront être probablement libérés, en particulier celui de Brennilis. En dehors des réacteurs, les installations de Fontenay-aux-Roses sont aussi en cours de démantèlement total. Il faudra donc des critères clairs et mesurables pour dégager définitivement l'exploitant et l'autorité de sûreté de leurs obligations.

Enfin, il faudra considérer la fixation d'un délai maximal pour le démantèlement, comme aux USA, de façon à assurer à la fois une protection sanitaire efficace et une maîtrise des coûts.

Concernant les aspects financiers, il paraît souhaitable d'identifier les fonds provisionnés pour le démantèlement au sein du bilan, de façon à permettre d'assurer qu'en cas de passage difficile, l'exploitant ne puisera pas dans ce fonds de garantie. C'est la notion de "provision d'ordre public" que nous avons évoquée. Toutefois il semble que les exploitants se dirigent naturellement vers une telle conception.

Enfin, la réglementation sur les déchets TFA est en cours de mise en place. Il semble souhaitable qu'elle fasse l'objet d'un retour d'expérience avant le démantèlement de tout le parc REP.

V Conclusion

Les expériences douloureuses du CEA et les chantiers en cours d'EDF ont clairement fait apparaître la spécificité du démantèlement. C'est un métier à part entière, qui nécessite des structures dédiées. Cette idée est en train de faire son chemin chez les exploitants. Les entreprises d'ingénierie nucléaire, ont déjà développé des expertises sur ce sujet pour se tenir prêtes à l'apparition du marché.

Dans la problématique du démantèlement, il est nécessaire de différencier les usines du cycle et les laboratoires de recherche des réacteurs nucléaires. En effet, pour les premiers, il est évident que sur le plan technique une attente avant de démanteler n'apporte pas de gain, en raison d'une contamination par des éléments à vie longue essentiellement. Pour les seconds en revanche, une attente pourrait être bénéfique, et mérite en tout cas études et réflexions. Ce mémoire a montré qu'une telle attente se révèle inutile, car le démantèlement est déjà maîtrisé à l'échelle industrielle. Les craintes, aussi bien des exploitants que de la population, relayées par la presse et les associations, de l'impossibilité de réaliser le démantèlement parce que cela serait trop difficile techniquement ou trop onéreux, sont infondées. Toutefois, il sera difficile de convaincre sans une démonstration grandeur nature.

Ce mémoire a de plus montré que cette attente pourrait être risquée, tant pour EDF qui garde la responsabilité financière du réacteur, que pour le client qui finance in fine le démantèlement. Dans les démantèlements immédiats en cours ou terminés, les coûts sont maîtrisés. En revanche l'incertitude à long terme de tous les facteurs affectant le coût du démantèlement différé rend sa prévision impossible et une optimisation technico-économique illusoire.

Comme nous l'avons constaté et rappelé ici, la justification par EDF de son scénario est peu convaincante. La radioprotection, le progrès technique et le fait qu'en attendant les déchets seront mieux gérés, ne sont pas les vrais débats. Les vrais arguments et raisons pour lesquelles le CEA, COGEMA ou EDF démantèlent sont ailleurs. Elles sont à chercher dans les intérêts qu'ont ces exploitants et qu'ils ont pour mission de faire fructifier: la pérennité des sites, les provisions, le devenir des installations,...

Le démantèlement immédiat étant possible et l'attente d'une cinquantaine d'année risquée avec de nombreuses incertitudes, mais sans grand gain, le démantèlement immédiatement après l'arrêt des installations nous paraît préférable.

Cependant, qui dit démantèlement dit déchets. Si jusqu'à ce point le démantèlement peut être considéré comme un problème technique de la responsabilité des exploitants (en omettant le fait que le client a déjà payé pour les démantèlements), la gestion des déchets fait rentrer ce sujet dans la sphère publique. Le démantèlement est donc plus qu'un problème technique. Il met en jeu l'acceptation par le public des réponses qui y seront apportées (qui sanctionnera si un effort de crédibilisation n'est pas opéré avant le renouvellement du parc). C'est en conséquence le point le plus délicat du démantèlement, car le plus difficile à maîtriser.

Il est alors fondamental de respecter le calendrier prévu pour l'ouverture des sites de stockage des déchets de haute activité, et de mettre en place une gestion des TFA éprouvée, de façon à ce que toutes les voies de traitement des déchets soient prêtes lors de l'arrêt du parc actuel. Dans le cas contraire, on aboutirait à la création de décharges de fait, étant donnés les tonnages en jeu. L'ouverture de filières de gestion de déchets étant une oeuvre de longue haleine, le temps n'est pas le meilleur allié, et il est important de commencer à traiter ce sujet au plus tôt.

En ce qui concerne le financement du démantèlement. Les provisions en cours de constitution semblent correctement dimensionnées: elles correspondent relativement bien aux coûts observés dans les chantiers en cours. La gestion des provisions est très libre aujourd'hui, mais il sera nécessaire de modifier cet état de fait, si les exploitants viennent à avoir plus d'intérêts à les conserver qu'à démanteler. Pour le CEA, le problème est différent et réside dans la capacité de l'Etat à honorer ses engagements.

La situation devra donc évoluer. EDF devra convaincre que son scénario est effectivement préférable, ou reconsidérer sa position après de nouvelles études. Dans le cas contraire il est probable que l'administration interviendra, pour s'opposer aux propositions de décrets d'autorisation de démantèlement au niveau 2, voire pour imposer un démantèlement immédiat. De son côté l'administration devra définir les conditions auxquelles les sites pourront être rendus à un usage libre.

VI Annexes

A) Glossaire

Activation: L'interaction des rayonnements neutroniques* avec la matière peut conduire à la création de nouveaux radionucléides* dans le corps traversé. On dit qu'un matériau a été activé quand, il est devenu radioactif suite à un bombardement neutronique. L'activation se fait donc dans tout le volume du corps traversé par les neutrons. On parle souvent de radioactivité artificielle dans ce cas, puisque c'est l'action de l'homme qui a causé l'apparition de cette radioactivité.

Activité ou Radioactivité: Pour une certaine quantité de matériau, c'est le nombre de désintégrations qui se produisent par seconde en son sein. Elle se mesure en Becquerel*.

ANDRA: Agence nationale des déchets radioactifs. Cet établissement public est chargé des opérations de gestion à long terme des déchets radioactifs: R&D, responsabilité des centres de stockage, définition des conditionnements des déchets, localisation et tenue du répertoire de tous les déchets radioactifs sur le territoire national.

Assainissement: Ensemble des opérations visant à nettoyer un bâtiment ou une installation du point de vue radiologique. C'est à dire à en retirer l'activité* qu'il contient, afin de le rendre apte à un usage sans mesures spécifiques de radioprotection*, ou alors avec des mesures réduites.

Auxiliaires nucléaires: Circuits annexes au circuit primaire*, en contact avec le fluide primaire*, donc contaminés. Par exemple le circuit de refroidissement à l'arrêt sur un REP*.

Becquerel (Bq): Unité de mesure de l'activité*. Un becquerel (noté Bq) correspond à la désintégration d'un atome par seconde, c'est donc une unité très petite. Jusqu'au milieu des années 1980, on utilisait comme unité le Curie (noté Ci), un Curie correspondant à 37 milliards de Becquerels. Pour situer les ordres de grandeur:

Un gramme de Radium 226 contient 37 milliards de Becquerels.

L'écorce terrestre a une activité moyenne de 0,2 Bq/g.

Le corps humain contient naturellement 13 Bq de radium 226, 4500 Bq de potassium 40, et 3700 Bq de carbone 14.

Dans une maison en granit il se produit environ quatre milliards de désintégrations par seconde.

Circuit primaire: C'est le circuit de refroidissement du coeur. C'est un ensemble constitué par la cuve et le système de circulation du fluide de refroidissement (dit fluide primaire), incluant les tuyauteries principales, les pompes de circulation, les parties des générateurs de vapeur en contact avec le fluide primaire et le pressuriseur dans le cas d'un REP*.

Circuit secondaire: Circuit comprenant la turbine, le condenseur, les pompes de circulation de l'eau secondaire, et la partie des générateurs de vapeur* en contact avec l'eau du circuit secondaire. Ce circuit n'est pas contaminé sur un REP*, sauf dans une proportion négligeable en cas de microfuite. Il l'est dans un réacteur* à eau bouillante.

Coeur: C'est la partie centrale du réacteur*. Constitué par les assemblages de combustible, les barres de contrôle de la réaction, éventuellement l'empilement du

modérateur lorsqu'il ne s'agit pas de l'eau de refroidissement (le graphite pour les UNGG par exemple).

Confinement: Dispositif de protection mis en place pour contenir les produits radioactifs à l'intérieur d'un périmètre donné.

Contamination: Mis en contact avec un liquide transportant des radionucléides*, un corps peut devenir radioactif en surface, par décantation des radioéléments*. On appelle cela la contamination.

Cuve: C'est une enceinte métallique renfermant le cœur.

Décontamination: Classe de procédés qui consiste à éroder la surface d'un corps (tube, mûr,...) pour en ôter la contamination* de surface. Chaque procédé se caractérise par le rapport entre l'activité* du corps avant et après décontamination. Il peut être mécanique, chimique ou thermique.

Dose: L'action des rayonnements sur la matière se traduit essentiellement par un transfert d'énergie des premiers vers la seconde. Cette énergie transférée au milieu traversé s'appelle la dose et se mesure en Gray*.

Emetteur: Lors de leur désintégration les atomes émettent de l'énergie sous forme de rayonnement, appelé rayonnement ionisant*. On caractérise alors un radionucléide* par le type de rayonnement qu'il émet. Il en existe quatre types appelés α, β, γ et rayonnement neutronique.

Générateurs de vapeur: Ce sont de grands échangeurs de chaleur entre le circuit primaire qui sort la chaleur du réacteur, et le circuit secondaire. L'eau du circuit secondaire, mise en contact thermique à travers une surface d'échange avec le circuit primaire, se vaporise et fait tourner la turbine génératrice d'électricité. Le circuit primaire contenant de l'eau (ou du gaz) séjournant dans le réacteur est contaminé*.

Gray (Gy): Unité de dose*. Elle correspond à l'absorption d'une énergie d'un Joule par kilogramme de matière. L'ancienne unité était le rad, cent rad valant un Gray.

Internes de cuve: Ce sont tous les éléments amovibles à l'intérieur de la cuve hormis le combustible, principalement les plaques et entretoises supportant le cœur*. Ils sont donc les premiers soumis aux flux de neutrons dégagés par les réactions nucléaires et sont donc très activés*.

Période ou Demi-vie: L'activité* d'un radionucléide* quelconque contenu dans un matériau a la propriété de diminuer exponentiellement avec le temps. Les radionucléides* sont donc également caractérisés par une période, c'est à dire le temps au bout duquel, la radioactivité d'un corps est divisée par deux. Cette période est extrêmement variable, allant de la seconde à plusieurs millions ou milliards d'années. C'est une caractéristique importante car elle permet de savoir combien de temps un corps radioactif reste dangereux.

Radioactivité: Nom donné à la propriété qu'ont certains atomes de se transformer spontanément. Dans la nature, la plupart des atomes sont stables. Ceux qui ne le sont pas se transforment spontanément en d'autres atomes pour se retrouver dans un état stable. On appelle parfois cette transformation "désintégration radioactive".

Radionucléide ou Radioélément: Nom donné aux atomes qui ont la propriété de se désintégrer.

Radioprotection: Ensemble des techniques et procédures visant à protéger le public et les travailleurs du nucléaire contre l'action des rayonnements ionisants*.

Rayonnement ionisant: Rayonnement émis lors d'une désintégration. Ce sont ces rayonnements qui, lorsqu'ils pénètrent dans la matière vivante, provoquent une atteinte qui peut être préjudiciable aux édifices biologiques. Il en existe quatre types:

Le rayonnement α : c'est l'émission de noyaux d'hélium très énergétiques mais dont la portée dans l'air est de quelques centimètres. Ils sont arrêtés par une simple feuille de papier.

Le rayonnement β : c'est l'émission d'électrons, de masse plus faible que l'hélium, mais dont la portée dans l'air est de quelques mètres. Il suffit d'une feuille d'aluminium pour les arrêter.

Le rayonnement γ : c'est l'émission de rayonnement électromagnétique bien plus pénétrant. Il peut traverser plusieurs centimètres de plomb.

Le rayonnement neutronique: c'est l'émission de neutrons. Ils ne sont pas chargés électriquement et peuvent donc pénétrer très profondément dans l'air ou la matière. Leur interaction avec la matière conduit souvent à l'activation* de la matière en question.

Réacteur: On appelle ainsi la partie principale d'une centrale nucléaire, car c'est là que se font les réactions nucléaires dégageant la chaleur nécessaire à la production d'électricité. C'est l'ensemble coeur plus cuve.

REP: Réacteur à eau pressurisée. Désigne un réacteur à eau ordinaire dans lequel l'eau du circuit primaire est maintenue sous haute pression pour éviter sa vaporisation. L'eau y joue à la fois le rôle de fluide de refroidissement et de modérateur pour les neutrons lents. Le parc de réacteurs français est essentiellement constitué de REP.

Sievert (Sv): La dose ne suffit pas à caractériser l'action biologique d'un rayonnement, car cela dépend de la nature du rayonnement et des tissus traversés. Il faut pour cela introduire l'équivalent de dose, qui se mesure en Sievert (Sv). Il est égal à la dose multipliée par un facteur de pondération fonction de la nature du tissu et du rayonnement. Cette unité à l'avantage d'avoir toujours la même signification en terme de risques.

Types de déchets: On classe les déchets par type. Il en existe trois nommés A,B et C.

Type A:Ce sont les déchets de faible ou moyenne activité à vie courte, émetteurs β et γ .

Type B:Ce sont les déchets de faible ou moyenne activité à vie longue, émetteurs α .

Type C:Ce sont les déchets de forte activité à vie longue, dégageant beaucoup de chaleur.

	Courte durée de vie	Longue durée de vie
Très faible activité	En cours d'étude	En cours d'étude
Faible activité	Stockage en surface	Entreposage, longue durée
Moyenne activité	Stockage en surface	Loi du 30/12/1991
Haute activité	Loi du 30/12/1991	Loi du 30/12/1991

B) Etude FRAMATOME des démantèlements immédiat et différé du circuit primaire principal (CPP)

FRAMATOME a conduit, à la demande d'EDF, une étude globale de démantèlement du circuit primaire principal (CPP) d'un réacteur à eau pressurisée de 900 MW. Le site de quatre tranches de DAMPIERRE a été retenu pour cette étude, avec amortissement des investissements sur les quatre réacteurs.

Le coût du démantèlement après cinquante ans de décroissance radioactive se chiffre à 80 MF par tranche (+- 20% d'aléa), hors coût de stockage des déchets. Le volume des déchets après conditionnement est de 250 m³ de déchets moyennement actifs (MA, stockage profond ANDRA) et 700 m³ de déchets faiblement actifs (FA, stockage de surface ANDRA de l'Aube). Les coûts du stockage profond sont ceux qui comportent le plus d'incertitudes puisque la réalisation du centre de stockage n'est pas prévue avant 2010 (d'après la loi de Décembre 1991). La fourchette s'établit entre 200 kF/m³ et 500 kF/m³. Les coûts du centre de l'Aube sont de 10 kF/m³. On obtient donc une estimation des coûts de stockage des déchets de démantèlement du CPP entre 60 et 135 MF. La dose reçue est évaluée à 0,37 Sv sur trois ans de travaux.

Elle est très faible par rapport aux opérations de maintenance d'un REP qui est de 1,6 Sv par réacteur et par arrêt de tranche annuel. Ceci s'explique par le recours systématique à la téléopération pour le démantèlement des internes de cuve, de la cuve et de la protection biologique en béton, organes contenant l'essentiel de la radioactivité. La dose est alors prise dans les opérations de conditionnement et de transport des déchets.

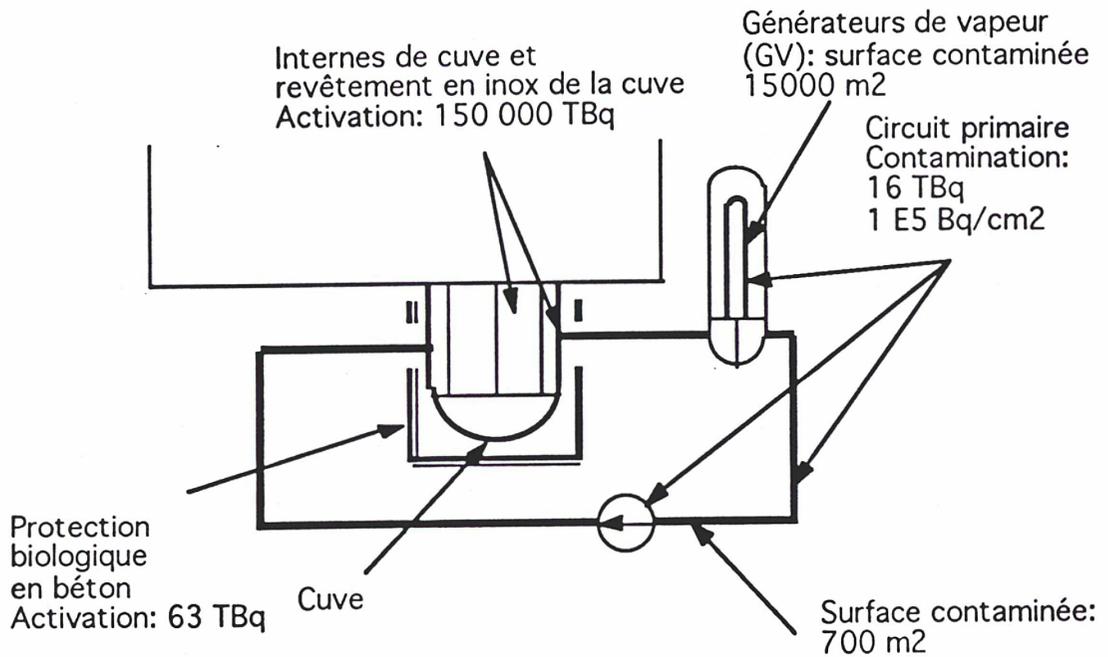
Quant au circuit primaire hors cuve, non activé, sa contamination est bien inférieure à 1 Bq/g après décroissance d'un facteur 1000 sur cinquante ans et décontamination dure au moment du démantèlement final d'un facteur 1000 à 5000. Les opérations de démantèlement se font alors au contact.

FRAMATOME a complété son étude de démantèlement du CPP par l'analyse du démantèlement immédiat, cinq ans seulement après arrêt. Il en ressort un coût de 160MF hors stockage des déchets et une dose de 2 Sv. La quantité de déchets évolue peu. Pour les parties activées, elle est en fait déterminée par les éléments à vie longue qui imposent le stockage profond. Pour les parties contaminées du circuit primaire, une décontamination dure préalable remplace la décroissance naturelle. Selon les coûts de stockage profond ANDRA, on peut estimer à 70 MF en fourchette basse et à 150 MF en fourchette haute, le coût total de prise en charge des déchets de démantèlement immédiat du CPP. Par rapport au démantèlement différé le gain en coût est donc modéré, inférieur au coût de surveillance d'un site même rééquipé en réacteurs nucléaires. La dose est dans tous les cas faible par rapport à celle du démantèlement des circuits auxiliaires et à la dose d'exploitation.

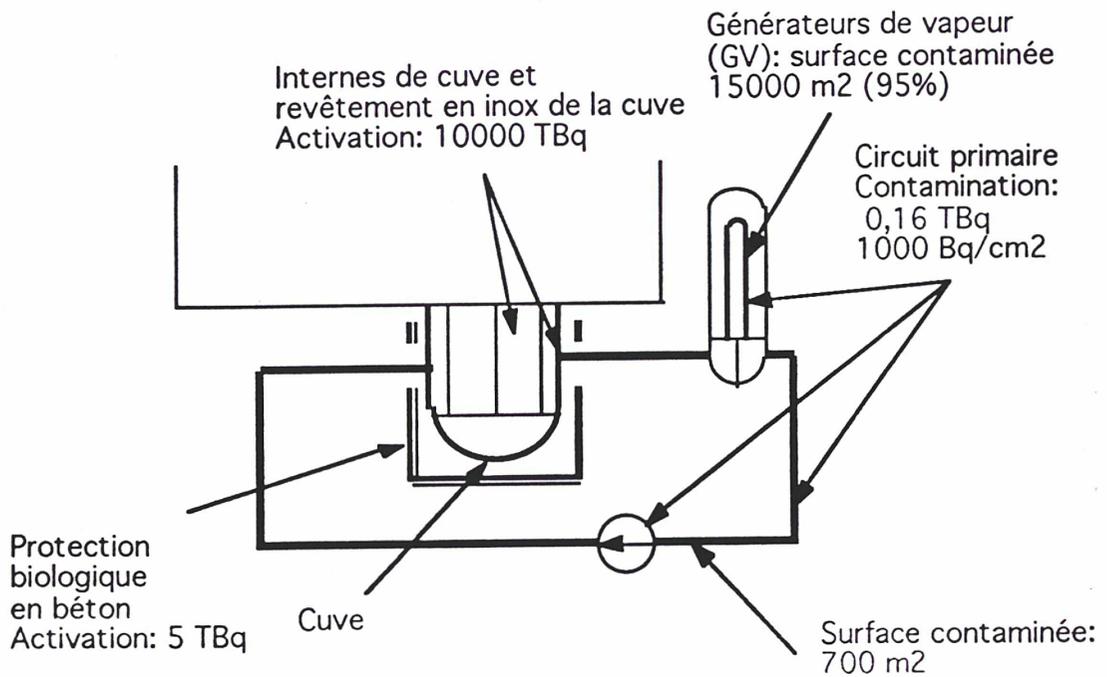
**COMPARAISON DES SCENARIOS DE DEMANTELEMENT
IMMEDIAT ET DIFFERE**

scénario	Démantèlement immédiat	démantèlement différé
Coût par tranche hors stockage des déchets	160 MF	80 MF
Estimation du coût de stockage des déchets	70-150 MF	60-135 MF
Coûts main d'oeuvre	45 MF	25 MF
Heures main d'oeuvre	125 000	65 000
Dosimétrie	2129 mSv	372 mSv
Déchets en stockage profond	290 m ³	250 m ³
Déchets en stockage de surface	800 m ³	700 m ³
Déchets TFA	700 T	700 T
Effluents de décontamination	50 coques C1	12 coques C1
Déchets technologiques	200 m ³	60 m ³

Activité du circuit primaire après arrêt



Activité du circuit primaire 50 ans après arrêt



C) Liste des personnes rencontrées

ELUS

- M. BIRRAUX Député de Haute Savoie, Vice-Président du Conseil Général,
Membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix
scientifiques et techniques
- M. VAN DEVELEDE Maire de Givet (Ardennes), commune d'implantation de la
centrale de Chooz

ADMINISTRATION Ministère de l'industrie

Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires

- M. LACOSTE Directeur de la sûreté des installations nucléaires
- M. MIGNON Chargé de la première sous-direction
- M. BRIGAUD Chargé de mission à la première sous-direction
- M^{me} FELTIN Chargée des relations avec l'Allemagne

Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières

- M. OUIN Chef du service des affaires nucléaires
- M. KAHN Adjoint chargé du secteur industriel

Direction du Gaz de l'Electricité et du Charbon

- M. TERRAZ Division économique

Direction du Budget

- M. LESCUYER Adjoint du chef du bureau industrie et énergie

Ministère de la santé, Bureau de la RadioProtection

- M^{me} SUPERVIL Bureau de la radioprotection

Ministère de l'environnement

Cabinet du ministre

- M. ABORD DE CHATILLON Conseiller technique du ministre de
l'environnement
- M. HENRY Directeur adjoint de la DPPR
- M. STREBELLE DPPR, Chef du Service de Pollution des Sols et
Energie

ELECTRICITE DE FRANCE

Direction Energie Production Transport

- M. STRICKER Directeur technique Production Transport
- M. CAMPANI Direction Sécurité Radioprotection Environnement

Direction de l'Equipeement

- M. LECOQ Directeur technique
- M. BERROUX Chef du département Juridique Sites-Environnement
- M. VERCAEMER Ingénieur CNEPE Tours

Direction des services financiers et juridiques

- M. BOUDIER Sous-directeur, Chef adjoint du service Budget-Contrôle de
gestion

Centrale Nucléaire de CHINON

- M. MANCEAU Ingénieur démantèlement

M. BRANLARD Ingénieur démantèlement

Centrale Nucléaire de Brennilis (EL4)

M. REYNARD Directeur du site (CEA)

M. MALLET Ingénieur (CEA)

Centrale Nucléaire de Chooz A

M. DEPESTEL Directeur de la SENA

M. MAUCOURT Adjoint au Maire de Givet, Service maintenance de Chooz B

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

M. GIRARD Ancien chargé de mission auprès de l'administrateur général

Direction de la Gestion des Déchets

M. NOKHAMZON Coordonnateur démantèlement

M. BOURGES Ingénieur démantèlement (Fontenay-aux-roses)

Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire

M. QUENIART Directeur délégué à la sûreté

M. DEVILLERS Directeur délégué à la sûreté des déchets

M^{me} SUGIER Directeur délégué à la protection

M. WEBER Chef du bureau d'évaluation de la sûreté des installations à l'arrêt et en démantèlement

Direction Financière

M. DUBOIS Adjoint au directeur financier

Unité de Démantèlement des Installations Nucléaires

M. LAMBERT Directeur de l'UDIN

M. PEULVE Directeur adjoint de l'UDIN

COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES

M. GOBERT Directeur -général adjoint

M. COUPIN Directeur de la branche uranium

M. DURRET Directeur délégué, directeur plan, stratégie, développement international

M. PRADIER Directeur technique branche retraitement

M. DOUBLECOURT Chargé d'affaire R&D retraitement

M. DUPREMESNIL Direction financière

ASSOCIATIONS ECOLOGISTES

M. BONNEMAIN Robin des Bois

CANARD ENCHAINE

M. HOREAU Journaliste, traitant des informations concernant le nucléaire

Syndicat CGT

M. OLIVIER Détaché permanent syndical

M. TRELIN Représentant au conseil scientifique et technique du CEA

Agence Nationale des Déchets Radioactifs (ANDRA)

M. JOUSSELIN Chef du projet de stockage des déchets TFA

M. KAELIN Ingénieur de projet

FRANCE DECHET

M. GENESCO Directeur développement

INGENIERIE NUCLEAIRE

Société de Travail en Milieu Ionisant (STMI)

M. PERROTIN Directeur Technique
M. ROUTIER Ingénieur

FRAMATOME

M. MOREAU Directeur démantèlement et traitement des déchets
M. DUBOURG Expert principal, direction des services nucléaires

COMEX NUCLEAIRE

M. TORDO Président-Directeur Général
M. BLIHT Directeur Général
M. PRADEL Ingénieur conseil

**Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE),
Agence pour l'Energie Nucléaire (AEN)**

M. ILARI Deputy Head, Radioprotection and waste management division

USA

Nuclear Regulatory Commission

M. WEBER Responsable gestion des déchets FA et démantèlement
M. FAUVER Responsable du projet Site Decommissioning Management Plan
M. BELL Chargé d'affaires concernant le démantèlement de FORT SAINT
VRAIN
M. TONUS Chargé d'affaires concernant le démantèlement de THREE MILE
ISLAND
M. WEISS Chargé d'affaires concernant le démantèlement de TROJAN

Public Service of Colorado

M. HOLMES Chef du projet démantèlement

Portland General Electric

M. NICHOLS Chef du projet démantèlement
M. CHERNOFF Relations avec l'administration, gestion des licences

Usine militaire de ROCKY FLATS

M. SMITH DOE, Responsable du démantèlement de ROCKY FLATS
M. FLOYD Vice President de Manufacturing Sciences Corporation

ALLEMAGNE

KFK(Karlsruhe)

SCHNEIDER Responsable démantèlement de KFK
M. HÜFNER Chef de projet du BMBR pour le recyclage

BMU

M. RABOLD Chef de la section I 7, surveillance des démantèlements
M. THINNES Conseiller programme international de sûreté nucléaire

EWN(Greifswald)

M. LÜSHORN Responsable des affaires internationales

RWE(Gundremmingen)

M. STEINER Responsable du projet démantèlement
M. FISCHER Ingénieur

