

# Quelle stratégie pour le démantèlement des réacteurs nucléaires ?

## Approche critique de la politique d'EDF

**EDF propose d'attendre  
pour démanteler. Longtemps,  
trop longtemps sans doute  
et sans vraiment justifier  
ce choix.**

**par Olivier Brigaud  
et Patrick Poiret**

*Direction de la sûreté des installations  
nucléaires, ministère de l'Economie,  
des Finances et de l'Industrie,  
ministère de l'Aménagement  
du territoire et de l'Environnement*

### Le démantèlement, une étape à part entière dans la vie des instal- lations nucléaires

Même après leur arrêt, les installations nucléaires continuent à présenter des risques du fait des matières radioactives et fissiles résiduelles qui s'y trouvent. Malgré une vidange complète des circuits,

les quantités présentes sont parfois encore importantes. Elles résultent de la contamination et de l'activation des différents éléments des installations durant leur exploitation. Conjuguée, notamment, à un vieillissement des matériels et des équipements, la présence de cette radioactivité peut contribuer, en cas d'incident ou d'accident, à une exposition des personnes et à une pollution de l'environnement.

Il est, par conséquent, de la responsabilité des exploitants

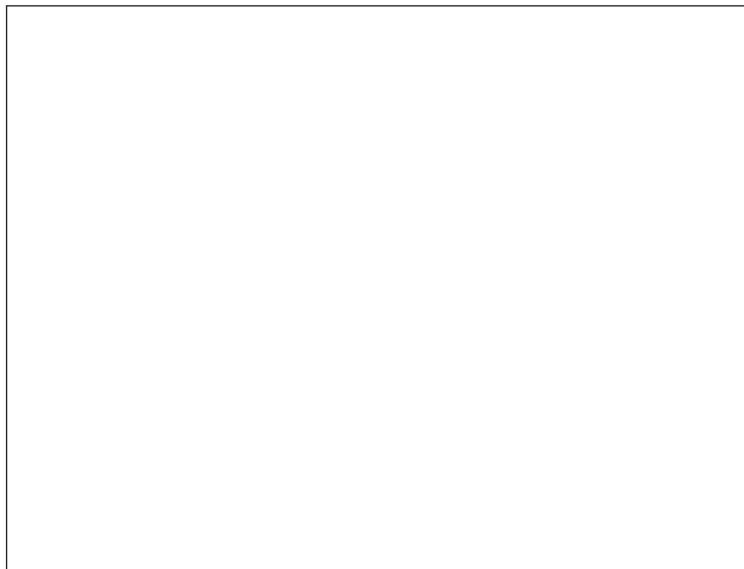
de veiller à conserver dans un état de sûreté satisfaisant leurs installations nucléaires arrivées en fin de vie. Pour éviter une surveillance et une maintenance actives coûteuses, la raison commande de les assainir graduellement avant de les déconstruire. Cet assainissement nécessite, la plupart du temps, de démonter tout ou partie des installations pour atteindre des parties inaccessibles autrement ou, tout simplement, pour évacuer la radioactivité présente dans la masse des pièces. L'ensemble de ces opérations,

**La contamination radioactive d'une pièce correspond à un dépôt de radioéléments en surface de cette pièce, à la suite d'une mise en contact avec un fluide radioactif ;**

**l'activation est un processus par lequel un matériau devient radioactif dans sa masse à la suite d'une interaction avec des rayonnements neutroniques.**

qui s'apparentent d'abord à des travaux de BTP et à des travaux de décontamination, correspond à ce que l'on appelle le démantèlement. Ces opérations sont d'autant plus lourdes et longues que les installations concernées sont de grande taille et anciennes. Leur importance nécessite de la part des exploitants la mise en place d'une organisation spécifique pour mener à bien les travaux en milieu hostile (radioactif) et assurer, au cours du démantèlement, un bon niveau de sûreté. A cet égard, il convient de prendre en compte à la fois les risques nucléaires et les risques classiques, comme l'a rappelé, malheureusement, l'accident mortel qui s'est produit en 1994, lors de l'assainissement du réacteur Rapsodie du CEA à Cadarache où une explosion, lors du nettoyage final d'un réservoir de sodium du réacteur à neutron rapide arrêté depuis 1983, a coûté la vie à une personne et a fait quatre blessés.

L'assainissement progressif d'une installation nucléaire arrêtée va contribuer à diminuer le risque qu'elle présente. Les mesures de surveillance dont elle fait l'objet vont pouvoir, en parallèle, être graduellement allégées ou, tout du moins, restreintes à certaines parties bien localisées. Cette dynamique du démantèlement



*Déconstruction de la centrale de Chinon. La salle vide des auxiliaires.*

médiathèque EDF/C-Cieutat

a conduit l'Agence internationale à l'énergie atomique, émanation de l'ONU, située à Vienne en Autriche, à distinguer trois niveaux de démantèlement : au niveau 1, lorsque l'installation nucléaire arrêtée n'a fait l'objet que d'une vidange de ses circuits, une surveillance renforcée est maintenue ; au niveau 2, lorsque des travaux d'assainissement et de démantèlement ont permis de confiner les parties radioactives de manière efficace dans des volumes scellés, la surveillance peut être réduite à ces volumes et les autres parties peuvent être « libérées » de toute contrainte liée à la radioactivité (avec ou sans condition) ; au niveau 3, l'installation est considérée comme propre sur le plan radiologique et « libérée » totalement et incondi-

tionnellement. Au fur et à mesure que les travaux de démantèlement progressent, l'installation passe du niveau 1 au niveau 2 et éventuellement au niveau 3.

Sur le plan administratif, ces différentes étapes s'accompagnent d'une évolution du cadre réglementaire dans lequel est placée l'installation concernée. En France, tant qu'une quantité importante de radioactivité est présente dans l'installation, celle-ci est considérée comme une « installation nucléaire de base » (INB) sous le contrôle de la Direction de la sûreté des installations nucléaires, placée conjointement sous la tutelle des ministères chargés de l'industrie et de l'environnement. En général, une installation nucléaire reste une INB jusqu'au niveau

2 de démantèlement. Après un assainissement relativement poussé, l'installation ne relève plus du cadre fixé pour les INB mais du cadre réglementant les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), mis en œuvre par la Direction de la prévention des pollutions et des risques du ministère chargé de l'environnement. On peut même envisager qu'une installation démantelée au niveau 3 ne fasse plus l'objet d'aucune réglementation.

### **EDF : une politique d'attente en cours de justification...**

La question du démantèlement se pose à EDF essentiellement pour deux types différents de réacteurs nucléaires : les réacteurs de la filière uranium naturel - graphite - gaz (UNGG), mis en service durant les années 60 et le début des années 70, et les réacteurs à eau pressurisée, mis en service plus récemment.

EDF a exploité au total six réacteurs du premier type à Chinon (3 tranches), à Saint-Laurent-des-Eaux (2 tranches) et au Bugey (1 tranche) en parallèle avec le CEA qui en a

exploité trois à Marcoule. Ces réacteurs sont maintenant arrêtés depuis plusieurs années et sont en phase de démantèlement ou déjà démantelés partiellement au niveau 2. Sur le plan du démantèlement, ils ont pour particularité d'être constitués d'un caisson en béton qui contient la cuve du réacteur et d'enfermer une très grande quantité de graphite qui jouait un rôle de modérateur.

Les réacteurs de la filière à eau pressurisée représentent un parc de 59 tranches au total. A l'exception de l'un d'entre eux, le premier construit, situé dans une caverne à Chooz dans les Ardennes, ils sont encore tous en exploitation. Leur démantèlement interviendra dans 20 ou 30 années. Le réacteur A de Chooz, quant à lui, est en cours de démantèlement partiel.

Pour être complet, il convient de signaler qu'EDF est largement impliquée dans le démantèlement d'un réacteur exploité autrefois par le CEA à Brennilis, en Bretagne. Ce réacteur, isolé dans un parc naturel, est le dernier d'une série de quatre réacteurs modérés à l'eau lourde. Son exploitation a cessé en 1985 et il fait l'objet de travaux de démantèlement qui vont le conduire à un niveau 2.

Pour l'ensemble de ces réacteurs, la politique en vigueur à

EDF et en cours d'application pour les réacteurs nucléaires déjà arrêtés, consiste en un démantèlement complet différé qui se résume en trois grandes étapes.

La *première* consiste à évacuer rapidement, à l'issue de la période d'exploitation, les combustibles neufs ou irradiés, les déchets et effluents d'exploitation et, de manière générale, tous les fluides qui ne sont plus nécessaires. Ensuite, a lieu le démontage des matériels externes à l'îlot nucléaire puis la transformation de l'îlot nucléaire en une installation d'entreposage sûr de la radioactivité résiduelle. Ces travaux, qui se déroulent sur une dizaine d'années, rendent l'arrêt de l'installation irréversible et la conduisent à un niveau 2 de démantèlement.

La *seconde* étape est une phase de surveillance de l'installation d'entreposage créée précédemment. Il est prévu que cette phase s'étende sur plusieurs dizaines d'années ; cette surveillance doit permettre de vérifier le bon confinement de la radioactivité ainsi que le bon état de l'installation et d'identifier à temps les besoins de maintenance.

La *dernière* étape correspond au démantèlement final de l'ins-

tallation qui doit permettre de libérer totalement le site de toute contrainte (niveau 3 de démantèlement). De manière indicative, cette étape devrait commencer environ 50 ans après l'arrêt d'exploitation du réacteur.

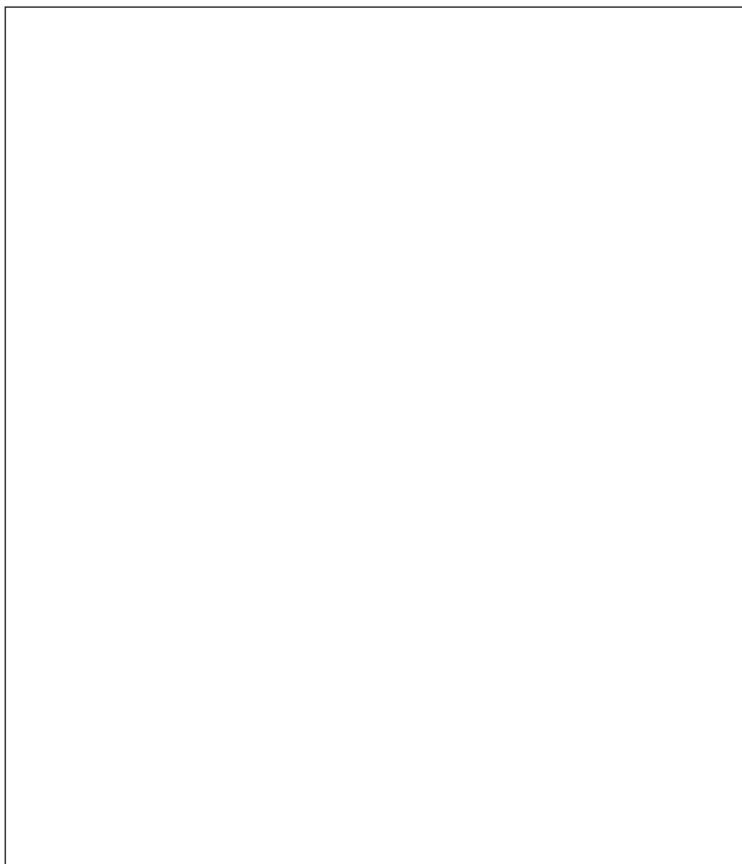
Pour justifier ce scénario-type de démantèlement, EDF considère que les conditions opératoires de démantèlement seront plus favorables, sur le plan radiologique, après décroissance radioactive des matières présentes à l'intérieur des caissons réacteurs. Il s'agit essentiellement de cobalt 60, de nickel 63 et de fer 55. Ces radioéléments proviennent de l'activation des impuretés présentes dans les aciers. Le cobalt 60 est un émetteur  $\beta$  d'énergie assez élevée, au contraire du nickel 63 et du fer 55. De ce fait, il est l'élément pénalisant du point de vue de la radioprotection. Sa période radioactive est de 5,3 ans, ce qui implique une diminution de la radioactivité d'un facteur d'environ 1 000 en 50 ans.

EDF met, par ailleurs, en avant l'absence actuelle d'exutoire pour certains types de déchets, en particulier les déchets radioactifs de longue durée de vie, qui sont produits au cours du démantèlement total d'un réacteur et pour lesquels un stockage ne paraît devoir être opérationnel qu'à l'horizon des

années 2020. Aussi, argue-t-elle qu'il serait déraisonnable, voire contre l'intérêt de la sûreté, de produire des déchets qu'il faudrait entreposer en attendant qu'une solution d'élimination existe.

Enfin, EDF estime que le coût d'un démantèlement différé à 50 ans est inférieur à celui d'un démantèlement immédiat ou légèrement différé, du fait de l'allègement des contraintes de radioprotection lié à la décroissance radioactive. Une période d'attente devrait donc conduire à des gains de productivité des travaux.

Jusqu'à aujourd'hui, ces justifications tant économiques que techniques restent surtout empiriques. Elles ne proviennent pas d'études globales approfondies, qui sont en cours, ni d'un retour d'expérience. Sur ce point en effet, même si, à ce jour, plus d'une dizaine d'installations ont été démantelées complètement en France, ces exemples ne sont pas très significatifs pour traiter de la stratégie d'EDF dans la mesure où ils concernent des installations de relativement petite taille, polluées par des radioéléments de nature différente de celle des radio-



*Transport de cuve du réacteur de Civaux au Havre.*

médiathèque EDF/C. Pauquet

éléments rencontrés dans les réacteurs nucléaires. Ces exemples permettent cependant d'affirmer que l'on saura effectivement, sur le plan technique, mener à bien des démantèlements poussés d'installations nucléaires, dans des conditions satisfaisantes de radioprotection.

### **A l'étranger, des expériences de démantèlement rapide de réacteurs nucléaires et des politiques d'attente**

De par le monde, ce sont plusieurs dizaines de réacteurs nucléaires qui ont été arrêtés et on compte déjà plusieurs démantèlements réalisés jusqu'à leur stade final. Pour illustrer, on peut citer deux exemples : Fort Saint-Vrain aux Etats-Unis et Gundremmingen en Allemagne.

A Fort Saint-Vrain, dans le Colorado, vient de s'achever le démantèlement complet d'un réacteur à haute température refroidi au gaz. Parmi les trois options offertes par la réglementation américaine (transformation en mausolée surveillé le temps nécessaire,

démantèlement différé, démantèlement immédiat), l'exploitant a en effet choisi l'option du démantèlement immédiat dans le cadre de laquelle le bâtiment réacteur est décontaminé de manière exhaustive avant d'être libéré de toute contrainte et le bâtiment turbine reconverti.

Cet exemple est emblématique d'une tendance générale observée aux Etats-Unis. Après une période au cours de laquelle le scénario de démantèlement différé semblait préféré par les exploitants, on est passé à une stratégie qui privilégie le démantèlement immédiat. Les raisons en sont multiples. On reprendra, ici, les deux plus importantes : d'une part, de nombreuses études ont montré, aux Etats-Unis, que les coûts de surveillance sur plusieurs dizaines d'années d'une installation nucléaire arrêtée sont tels qu'un démantèlement différé ne semble pas conduire à des économies appréciables par rapport à un scénario de démantèlement accéléré ; d'autre part, du fait, notamment, de réglementations sur l'environnement de plus en plus strictes, il semble se confirmer que le prix à payer pour éliminer les déchets sera d'autant plus élevé qu'on attendra pour le faire. Des stockages de déchets radioac-

tifs étant actuellement opérationnels aux Etats-Unis, les exploitants américains considèrent comme plus sage d'y envoyer maintenant leur déchets.

Les enseignements tirés du démantèlement du réacteur à eau bouillante de Gundremmingen, en Bavière, rejoignent ceux de l'exemple américain précédent : les facteurs qui guident le choix d'un scénario de démantèlement semblent avant tout économiques, la technique et la radioprotection paraissant bien maîtrisées. A cela, s'ajoute un facteur social qui conduit à préférer le démantèlement immédiat car il permet de maintenir des emplois en attendant une fonte naturelle des effectifs.

En décalage par rapport aux pratiques observées aux Etats-Unis et en Allemagne, la politique promue actuellement en Grande-Bretagne pour le démantèlement des réacteurs arrêtés est celle d'un démantèlement différé à soixante ans, voire plus. Cette stratégie s'appuie sur des arguments similaires à ceux développés par EDF : attente d'une décroissance radioactive pour limiter les expositions des « démantelleurs », attente de solutions de stockage des déchets produits, notamment les déchets de graphite.

## Le regard critique de l'Autorité de sûreté sur la stratégie d'EDF

L'évaluation que fait la Direction de la sûreté des installations nucléaires de la politique d'EDF en matière de démantèlement part d'un principe intangible : la sûreté est le paramètre déterminant dans le choix du meilleur scénario de démantèlement ; le paramètre économique ne doit intervenir qu'en second ressort pour départager, le cas échéant, des solutions qui présentent une sûreté équivalente. Cela étant dit, la réglementation française étant moins prescriptive que la réglementation américaine évoquée plus haut, toutes les solutions sont acceptables pour peu qu'il soit démontré que la sûreté est satisfaisante à toutes les étapes.

Le choix du scénario retenu doit être argumenté. Or, comme cela a déjà été signalé plus haut, la politique affichée par EDF présente la faiblesse d'avoir une justification essentiellement empirique. Ceci a conduit à la demande, faite à EDF, par voie de décret, de présenter des études comparatives approfondies des différentes solutions envisageables pour le démantèlement du réacteur EL4 et du réacteur de

Chooz A. Vraisemblablement, il conviendra également de le faire pour l'un des réacteurs UNGG de Saint-Laurent-des-Eaux ou de Bugey. Ces études viendront en complément d'une étude prospective globale demandée par la Direction générale de l'énergie et des matières premières du ministère chargé de l'industrie, concernant le démantèlement complet des réacteurs de la filière à eau pressurisée.

En attendant d'avoir en main ces documents qui devraient lui être transmis en 1999 et 2000, l'Autorité de sûreté met en débat un certain nombre de points. Les inquiétudes portent surtout sur les inconvénients et les incertitudes liés à une attente prolongée avant le démantèlement effectif des réacteurs nucléaires. Même si EDF n'en fait pas mention, ils existent et ont une influence certaine sur la sûreté.

Premièrement, se pose la question du vieillissement et de la dégradation des installations. Comment démontrer qu'une installation, dimensionnée pour une durée de vie de 40 ans tout au plus, va encore pouvoir tenir 50 ans supplémentaires ? Par essence, une installation arrêtée n'est plus maintenue à une température et à une humidité constantes ; au contraire, cette température et cette humidité fluctuent en fonction des

conditions climatiques extérieures. Dans ces conditions, une installation arrêtée se dégrade vite. Ceci peut entraîner des défauts de confinement qu'il faut traiter immédiatement. Ceci peut également conduire à des dégradations sans conséquence immédiate mais qui rendront les travaux de démantèlement plus difficiles. Les coûts de surveillance et de maintien en état d'un réacteur arrêté ont, jusqu'à aujourd'hui, été peu évalués. Ils peuvent rapidement devenir prohibitifs, surtout pour une installation qui ne rapporte plus d'argent et dont les équipements ne se trouvent plus sur le marché depuis longtemps.

La poursuite de l'attente posera également le problème du nécessaire maintien de la connaissance de l'installation qui, si elle est réaliste sur 15 ans, devient très théorique sur 50 ans. Celle-ci reposera alors uniquement sur la conservation de documents. Outre la difficulté de réaliser un archivage pérenne sur une aussi longue période, surtout au profit d'une installation désaffectée, la question reste posée de l'utilité et de la représentativité de ces documents, alors que la « mémoire vive » que constituent les anciens agents de l'installation sera perdue. Les premiers travaux sur le réacteur EL4 ont déjà révélé un

certain nombre de « mauvaises surprises » quant à l'état réel de l'installation par rapport à l'état décrit dans les documents disponibles. Par exemple, dans le bâtiment des combustibles irradiés, lors du chantier de reprise des résines échangeuses d'ions, des circuits réputés vidangés et rincés ont été découverts remplis d'eau tritiée. L'exploitant s'attend à trouver d'autres écarts, ce qui l'incite à la prudence. Rappelons que l'installation n'a été arrêtée qu'en 1985. Enfin, on peut s'interroger sur la pérennité des provisions effectuées par EDF pour financer les démantèlements sur une période de plusieurs dizaines d'années. Un démantèlement est coûteux : ce coût a été évalué, en 1991, à 15 % du coût complet d'investissement d'un réacteur. En conséquence, des provisions sont réalisées chaque année par EDF. Leur montant est défini à partir du coût estimé précédent et d'une durée de référence des réacteurs. Il convient, comme l'a fait remarquer un rapport récent de la Cour des Comptes, que ces provisions s'accompagnent d'investissements qui seront liquides lorsqu'il faudra finan-

cer le démantèlement des installations.

C'est dans ce contexte, dans lequel on identifie des désavantages à différer le démantèlement des réacteurs nucléaires, que sont mis en question, sous l'angle de la sûreté, deux des trois arguments affichés par EDF en soutien de sa politique : les effets de la décroissance radioactive

**Jusqu'à aujourd'hui, les justifications tant économiques que techniques au choix d'EDF d'un démantèlement différé à 50 ans restent surtout empiriques. Elles ne proviennent pas d'études globales approfondies, qui sont en cours, ni d'un retour d'expérience.**

et les difficultés actuelles de gestion des déchets radioactifs.

S'agissant de l'argument basé sur la décroissance radioactive, on peut relever le caractère arbitraire du choix d'un délai de 50 ans d'attente avant un démantèlement total, soit 10 périodes du cobalt 60. Pourquoi 10 et pas 100 ? Un délai de 10 périodes implique un gain d'un facteur 1 000. Mais diviser par 1 000 ne signifie pas que toute radioactivité a disparu. A l'issue de cette période, il restera toujours des matières radioactives, et notamment du cobalt 60, en quantités significatives qui nécessiteront, en tout état de cause, de prendre des précautions particulières du point de vue de la radioprotection.

Par ailleurs, le caractère logarithmique des courbes de

décroissance radiologique implique qu'un gain important en terme de radioactivité est obtenu pendant les premières années de décroissance mais que le gain n'est plus aussi significatif par la suite. Pour quantifier, l'inventaire résiduel en cobalt 60, au bout de 3 périodes, soit 16 ans, est de 12,5 % de l'inventaire initial. Autrement dit, le gain en radioactivité est de 87,5 % en seulement 16 ans, le gain sur les années suivantes n'étant plus que 12,5 %.

Dans ces conditions, on peut se demander pourquoi continuer à attendre aussi longtemps alors que la quasi-totalité de la décroissance est effectuée en seulement 16 ans (en 21 ans le gain est de 94 %). Cette remise en question d'un éventuel délai d'attente avant le démantèlement d'un réacteur nucléaire paraît d'autant plus légitime que l'expérience montre que l'on sait réduire les expositions des travailleurs aux rayonnements ionisants, non seulement en diminuant la radioactivité ambiante mais, aussi, en prenant des mesures opérationnelles (maîtrise du temps d'intervention) et techniques (écrans, télé-opération). Les expériences récentes de remplacement de générateurs de vapeur de REP ont prouvé qu'EDF est parfaitement capable de réaliser, dans des conditions sanitaires

acceptables, des travaux importants en ambiance « hostile » même s'ils se sont déroulés dans des conditions radiologiques qui ne sont pas strictement comparables à ce que pourrait être un démantèlement total à brève échéance.

En ce qui concerne les déchets, il est vrai qu'il n'existe pas actuellement d'exutoire pour les déchets à vie longue produits par un éventuel démantèlement immédiat. Le fait de différer le démantèlement permet donc, effectivement, d'attendre l'ouverture d'une voie d'élimination pour ces déchets. Un stockage en profondeur est ainsi aujourd'hui à l'étude, en application de la loi du 30 décembre 1991 sur les déchets radioactifs. Il pourrait être opérationnel en 2020.

Cependant, cette situation ne peut pas être prise comme un argument rédhibitoire à l'engagement immédiat de travaux de démantèlement. Les déchets radioactifs à vie longue ne représenteront, en effet, qu'une faible proportion de l'ensemble des déchets radioactifs qui seront produits lors du démantèlement des réacteurs nucléaires, notamment des réacteurs à eau pressurisée. On peut donc imaginer, pour permettre un démantèlement accéléré, de construire un entreposage provisoire de faible volume dans lequel seraient rassemblés, en

ordre et conditionnés de manière pérenne en attente d'un exutoire définitif, tous les déchets qui ne peuvent être éliminés immédiatement. L'existence de cet entreposage permettrait, alors, de procéder à un démantèlement complet, juste après l'arrêt d'une installation nucléaire. Une telle démarche pragmatique permettrait de « libérer » rapidement un site comme celui de Brennilis, où l'on trouve un réacteur isolé au milieu d'un parc naturel.

En tout état de cause, le fait d'attendre 50 ans ne résout pas la question des déchets à vie longue, il réduit simplement le volume de déchets à éliminer par cette voie. La solution d'un entreposage ad hoc (à construire) serait par ailleurs à mettre en œuvre si, pour des raisons de sûreté, il fallait envisager un démantèlement rapide d'un réacteur.

La création d'entreposages intermédiaires, si elle existe à l'étranger, et notamment à Greifswald en Allemagne, n'est cependant pas actuellement retenue par EDF, essentiellement pour des motifs économiques.

## Conclusion

A la réflexion, il apparaît que la justification proposée par EDF

en faveur d'un démantèlement différé de ses réacteurs nucléaires paraît pour l'instant un peu simpliste et ne prend pas en compte l'ensemble des paramètres pertinents. Elle semble, avant tout, répondre à l'objectif de repousser autant que possible une dépense qui n'est pas, et pour cause, productive.

C'est pour pouvoir mieux évaluer l'importance relative des différents paramètres évoqués plus haut que la Direction de la sûreté des installations nucléaires a exigé d'EDF qu'elle explore, dans le cadre d'études raisonnées, les différents scénarios qui s'ouvrent à elle pour le démantèlement des installations nucléaires.

Jusqu'à preuve du contraire, pour la Direction de la sûreté des installations nucléaires, les risques liés à une attente ne paraissent pas proportionnés aux gains envisageables. Dans cette optique, un démantèlement rapide paraît préférable.

## Bibliographie

Le démantèlement des installations nucléaires, pourquoi faire aujourd'hui ce que l'on pourrait faire demain - Sophie Remont, Roland Masson, Jérôme Gosset, Presses de l'Ecole des Mines - 1998.