



Le démantèlement des centrales nucléaires

Rapport d'étonnement de l'atelier

Cycle national
de formation
2016 - 2017

La connaissance
comme bien commun
Valeur des sciences et
des technologies au-
jourd'hui



Le démantèlement des centrales nucléaires

Atelier animé par **Philippe ROCHER**, directeur du cabinet METROL

Personnalités rencontrées au cours de l'année :

- **Luc ARDELLIER**, président directeur général, Oreka Sud
- **Florence de BONNAFOS**, chargée de campagne finance énergie, Greenpeace France
- **Eric BÜRGER**, directeur de la division Démantèlement, fin de Cycle, Areva Démantèlement et services
- **Joël GUIDEZ**, expert international nucléaire et démantèlement, Direction de l'énergie nucléaire, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
- **Bernard LAPONCHE**, physicien nucléaire, fondateur de Global Chance, consultant international sur l'énergie, ancien directeur général de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)
- **Pierre-Yves LOCHET**, directeur Relations parties prenantes, Direction des projets déconstruction et déchets, EDF – DPNT, ancien auditeur de l'IHEST
- **Michèle PAPPALARDO**, conseillère maître à la Cour des comptes, membre de l'Académie des technologies
- **Christian NGÔ**, gérant, Edmonium conseil, ancien conseiller de l'administrateur général du Cea et directeur scientifique auprès du Haut-commissaire à l'énergie atomique

Auditeurs du cycle national 2016-17 ayant suivi l'atelier sur le dossier médical électronique :

- **ALLEGRET Isabelle**, directrice générale déléguée en charge de la recherche, de l'innovation et de la valorisation, Université Grenoble Alpes
- **BALY Laurent**, président de la Société d'accélération du transfert de technologies, SATT Sud Est
- **BODEUX Marie**, vice-présidente, Les Petits Débrouillards
- **GARNIER-RIZET Martine**, responsable du Département numérique et mathématiques, Agence nationale de la recherche (ANR)
- **GUENEE Pascal**, directeur de l'Institut pratique du journalisme, Université Paris Dauphine
- **INIZAN Sylvie**, directrice des ressources humaines, Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA)
- **JARRY-LACOMBE Bernard**, chargé de mission, Confédération française démocratique du travail Cadres ; responsable du Centre d'étude et de formation pour l'accompagnement des changements (CREFAC)
- **MICHEL Didier**, directeur, Association des musées et centres pour le développement de la culture scientifique, technique et industrielle (AMSCTI)
- **PEREIRA DA COSTA Maria**, maître de conférences, Laboratoire adaptations travail-individu, Institut universitaire de psychologie, vice-présidente du conseil d'administration, Université Paris Descartes
- **RICHARD Gaël**, professeur, responsable de département d'Enseignement et de Recherche, Institut Mines-Télécom / Télécom ParisTech

Problématisation initiale du sujet de l'atelier

Au cœur du Finistère, à 25 km de Morlaix, les villages bretons de Brennilis et Loqueffret sont connus pour héberger la centrale nucléaire des Monts d'Arrée, dont le réacteur fut le premier en France à livrer ses MWh sur le réseau électrique. Mis en service en 1966, ce prototype industriel de 70 MW de puissance fonctionnera jusqu'en 1985, date de sa mise à l'arrêt définitif.

En 1996, après évacuation du combustible et vidange complète des circuits, le CEA et EDF, qui exploitaient conjointement cette centrale historique, démarrent un programme de déconstruction. Le projet, opération pilote qui devait être une vitrine du « démantèlement total », fera l'objet de rebondissements, dont une demande d'arrêt du Conseil d'Etat en 2007 pour défaut d'enquête publique. A ce jour, malgré une reprise des opérations de démantèlement en 2011, par l'entreprise privée ONET Technologies basée à Marseille, l'enceinte de confinement abrite toujours le cœur du réacteur. Selon les sources, la date de « retour à l'herbe » du site se situerait entre 2025 et 2032...

La centrale des Monts d'Arrée fait partie d'un des neuf réacteurs en phase de démantèlement sur le territoire national. Outre Brennilis, ils sont situés à Chinon, Saint-Laurent, Bugey, Chooz et Creys-Malville, et représentent quatre technologies électro-nucléaires différentes : eau pressurisée, eau lourde, graphite-gaz, et neutrons rapides (Superphénix). La place spécifique de la France dans le domaine du nucléaire devrait lui donner un avantage concurrentiel au plan mondial sur le marché du démantèlement. Pour autant, de multiples questions sous-tendent la stratégie à adopter autour de cette nouvelle activité :

- Quelle est la définition légale du démantèlement ? Le démontage d'une installation nucléaire, conditionner et évacuer les déchets pour réhabiliter un site, est-il un simple déplacement de la radioactivité ? Quelle réglementation encadre les opérations ? Y a-t-il une procédure européenne commune ?
- Qui sont les acteurs certifiés, habilités à réaliser les opérations ? Quels sont les risques liés à la sous-traitance ? Comment garantir le bon niveau de compétence et d'expérience ? Quelles tâches peuvent/doivent être robotisées et télé-opérées ?

- Quel est le volume de déchets concernés ? Combien existe-t-il de sites dédiés à l'entreposage et/ou au stockage longue durée ? Pendant combien de temps ?

- Et, surtout, quel est le budget de démantèlement d'un réacteur nucléaire ?

Selon un rapport de la Cour des comptes, la déconstruction de Brennilis aurait déjà coûté 480 M€, avant même d'attaquer le niveau 3 qui concerne le cœur et son bâtiment. Les 2,4 milliards d'euros provisionnés par EDF pour les 8 autres réacteurs sont-ils une anticipation de la courbe d'apprentissage du démantèlement ?

Les perspectives économiques et financières vont bon train. Aucun programme n'étant achevé, l'accès aux chiffres réels ne semble pas évident.

Nous voilà au cœur du triptyque Science-Technologie-Société. Quels sont les enjeux et les défis ? Quels sont les circuits de diffusion de l'information ? Qui a accès aux vraies données ? Quel jeu de rôle se met en place ? Y a-t-il une forme de confiscation du sujet par une élite ? Qui est crédible ? Qu'apportent les scientifiques au débat ? Comment la société peut-elle se faire une opinion sur ce délicat sujet ?

In fine, comment éclairer les choix politiques et stratégiques sur l'opportunité de valoriser notre retour d'expérience afin de conquérir un immense marché mondial ?

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, plus de 150 réacteurs nucléaires sont définitivement arrêtés dans une vingtaine de pays¹. Certains estiment que la moitié des quelques 450 réacteurs en activité dans le monde seront à l'arrêt d'ici 2030. Ces installations devront toutes être démantelées. C'est un processus long, au moins une vingtaine d'années en France entre la mise à l'arrêt et le retour à l'herbe, et qui peut durer parfois jusqu'à 40 ans.

Le démantèlement demande une compétence particulière, notamment pour les installations les plus anciennes. La position de la France, dont les choix historiques en ont fait le pays au monde ayant le plus recours au nucléaire dans son mix énergétique, lui permet d'affirmer une expertise ancienne. C'est cette place particulière qui justifie la question posée à notre groupe : « Comment éclairer les choix politiques et stratégiques sur l'opportunité de valoriser notre retour d'expérience afin de conquérir un immense marché mondial ? »

Il nous semble bon de préciser que nous nous sommes concentrés sur la question posée, à savoir notre préconisation quant à la place que la France pourrait occuper sur le marché du démantèlement. Ce rapport n'est donc pas une prise de position pour ou contre le nucléaire. Nous n'émettons pas d'avis quant au démantèlement des installations situées en France, ni au calendrier de celui-ci. Pas plus, ne donnons-nous de recommandations quant au stockage et/ou au traitement des déchets. Enfin, nous ne nous positionnons pas en faveur ou en défaveur de telle ou telle technique de démantèlement.

Comme vous le verrez, nos interlocuteurs ont eu des prises de positions parfois complémentaires, parfois diamétralement opposées. Nous considérons que notre groupe, qui avant cet atelier n'avait aucune connaissance sur le démantèlement, a été en mesure de se construire un avis lui permettant de répondre à la question posée. Nous espérons que ce document retracera fidèlement le parcours de notre réflexion et la complexité de la question posée.

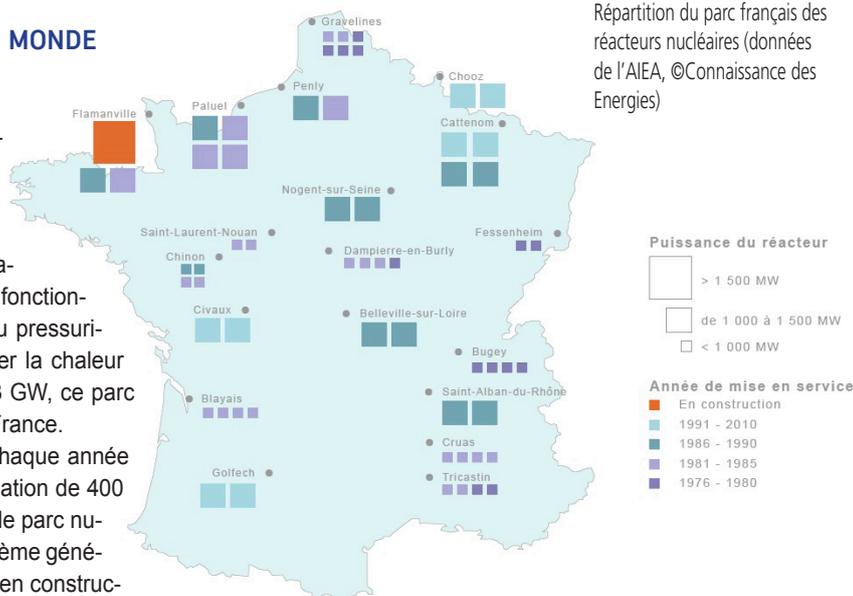
Nous tenons à remercier nos interlocuteurs pour leur disponibilité et la grande pédagogie dont ils ont fait preuve à notre égard. Nous avons librement choisi qui nous souhaitions recevoir, en collaboration avec Philippe Rocher, l'animateur de notre atelier, dont nous remercions le sens de la diplomatie et la qualité du travail d'animation.

I) LE PARC NUCLEAIRE EN FRANCE ET DANS LE MONDE

A) Le parc nucléaire français

L'électricité d'origine nucléaire est la principale énergie produite et consommée en France. Elle provient de 58 réacteurs de différents niveaux de puissance (900 à 1450 MW par réacteur). C'est le parc le plus important derrière celui des États-Unis. Sa particularité réside dans sa standardisation puisque tous les réacteurs nucléaires actuellement en fonctionnement utilisent une technologie dite REP (Réacteur à eau pressurisée) dans laquelle de l'eau sous pression sert à transporter la chaleur produite par la réaction nucléaire. Avec une capacité de 63 GW, ce parc couvre environ 80% de la production totale d'électricité en France. Selon EDF, un réacteur de 900 MW produit en moyenne chaque année 6 TWh (milliards de kWh), ce qui correspond à la consommation de 400 000 ménages environ. Les réacteurs en activité constituant le parc nucléaire français en exploitation sont dits réacteurs de « deuxième génération ». Un réacteur de 3^{ème} génération, de 1 650 MWe est en construction à Flamanville : l'EPR (*European Pressurized Water Reactor*).

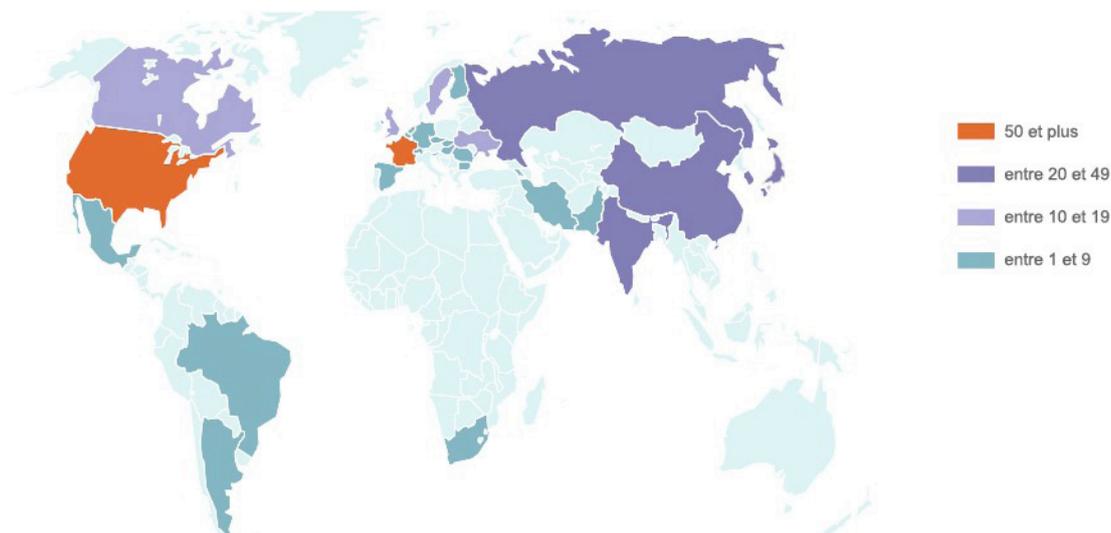
Douze autres réacteurs, appartenant à d'autres filières que les REP ne sont plus en fonctionnement : 9 réacteurs graphite-gaz dits de 1^{ère} génération, développés dans les années 1950 ; 1 réacteur gaz-eau lourde de 1^{ère} génération ayant fonctionné à Brennilis de 1967 à 1985 (seul réacteur de ce type à avoir été utilisé en France) ; enfin 2 réacteurs expérimentaux à neutrons rapides (Phénix de 1968 à 2009 et Superphénix de 1985 à 1997). Ces 3 derniers étant en cours de démantèlement.



1. Ces chiffres de l'AIEA ne prennent pas en compte les réacteurs arrêtés, mais qui sont encore opérationnels et susceptibles de redémarrer, comme ceux du Japon par exemple

B) Parc nucléaire mondial

Quatre cent trente sept réacteurs nucléaires en fonctionnement, répartis dans 30 pays, constituent le parc nucléaire mondial pour une puissance électrique totale de 378 GWe. Les pays disposant des parcs les plus importants sont les États-Unis (99 réacteurs), la France, le Japon et la Russie. Plus de 60% de ces tranches sont des réacteurs à eau pressurisée (REP). Malgré l'accident de la centrale de Fukushima en mars 2011, qui a conduit certaines nations dont l'Allemagne à reconsidérer la place du nucléaire dans leur stratégie de production et d'utilisation énergétique, les perspectives d'évolution du parc électronucléaire mondial restent croissantes, notamment portées par les pays en voie de développement.



Il est à noter que 39 réacteurs nucléaires sur 42 sont toujours à l'arrêt au Japon, officiellement pour un renforcement de leur sûreté, mais plus probablement en lien avec l'organisation politique très territorialisée, laissant le débat public local orienter les décisions de reprise. Cependant, l'ensemble de ces réacteurs est toujours considéré « en fonctionnement » par l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique) au même titre que tous les réacteurs en maintenance. D'après l'AIEA, les réacteurs nucléaires en fonctionnement à l'échelle de la planète étaient en moyenne exploités depuis 28 ans fin 2014, depuis 46 ans pour les plus vieux d'entre eux. Ces réacteurs font appel à 6 technologies différentes. Les plus nombreux sont les Réacteurs à eau pressurisée (REP), dont les 278 unités représentent 60% du parc mondial, les moins nombreux étant les Réacteurs à neutrons rapides (FBR) au nombre de 2 unités dans le monde .

Toutefois, de nombreux pays n'ont pas accès à l'énergie nucléaire, qui suppose une maîtrise de la technologie et un cadre institutionnel adapté.

Entre 1963 (premier arrêt définitif d'un réacteur) et 2015, l'AIEA a comptabilisé l'arrêt définitif de 156 réacteurs dans 19 pays. Il s'agit principalement de réacteurs REP (46 unités), GCR (37 unités) et BWR (36 réacteurs), qui doivent faire l'objet d'un démantèlement. Parmi eux, se trouvent des réacteurs expérimentaux comme le surgénérateur Phénix sur le site de Marcoule (arrêté en 2010) et des prototypes comme le réacteur Superphénix (arrêté en 1998).

Les États-Unis et le Royaume-Uni sont les pays ayant arrêté définitivement le plus grand nombre de réacteurs (respectivement 33 et 29), devant l'Allemagne (28), le Japon (16) et la France (12).

II) ASPECTS REGLEMENTAIRES ET TECHNIQUES DU DEMANTELEMENT

A) La définition légale d'un démantèlement

Le terme de démantèlement, de façon générale, couvre l'ensemble des activités réalisées après la mise à l'arrêt définitif d'une installation. Celles-ci comprennent notamment le démontage des équipements, l'assainissement des locaux, la destruction éventuelle du génie civil, l'assainissement des sols, le tri, la caractérisation, le conditionnement, l'évacuation et l'élimination des déchets produits (radioactifs ou non). Ces opérations sont réalisées dans des conditions garantissant le respect du Code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement). A l'issue de son démantèlement, et sous certaines conditions, une installation nucléaire de base (INB) est déclassée.

B) Les différents contextes réglementaires en France

En France, les opérations de démantèlement sont réalisées sous couvert d'un décret dit de Mise à l'arrêt définitif et démantèlement (MAD DEM) et seule l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) peut autoriser le démantèlement d'une installation, après qu'elle ait instruit les dossiers avec l'appui de son support technique : l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Elle en assure également le suivi réglementaire. L'article L.593-25 du Code de l'environnement prévoit que la stratégie de démantèlement immédiat soit mise en œuvre par les exploitants des installations nucléaires de base : « Lorsque le fonctionnement d'une installation nucléaire de base ou d'une partie d'une telle installation est

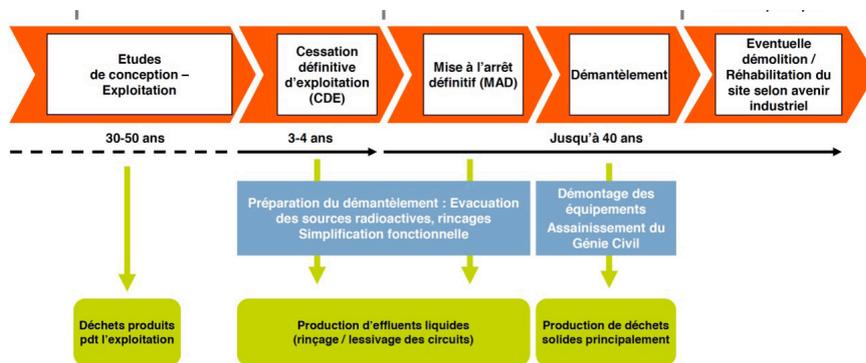
2. Les autres technologies étant les Réacteurs à eau lourde pressurisée (PHWR) ; les Réacteurs à eau bouillonnante (BWR) ; les Réacteurs à eau légère et modérés au gaz (GCR) et les Réacteurs refroidis à l'eau légère et modérés au graphite (LWGR)

arrêté définitivement, son exploitant procède à son démantèlement dans un délai aussi court que possible, dans des conditions économiquement acceptables et dans le respect des principes énoncés à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique et au II de l'article L. 110-1 du présent code ».

Les opérations de démantèlement ne sont autorisées qu'après l'obtention d'un décret signé par le gouvernement, suite à l'avis de l'ASN, et après avoir fait l'objet d'une enquête publique auprès des riverains et des différentes parties prenantes. Les déchets conventionnels et radioactifs produits sont caractérisés, conditionnés, gérés et éliminés dans les filières autorisées conformément aux dispositions réglementaires. L'exploitant assure un suivi rigoureux des déchets (traçabilité) jusqu'à leur élimination. Le retrait du combustible du réacteur nucléaire est une étape clé, car il permet d'enlever la quasi-totalité de la radioactivité du site. Les autres opérations de démantèlement s'apparentent à des opérations de décontamination, d'assainissement, de démontage et de destruction des équipements et du génie civil. Lors de la phase de démantèlement, la nature des risques que présente l'installation, de même que son état physique, peut évoluer très rapidement. Afin de maintenir la sûreté de l'installation à tout moment, l'exploitant s'assure de l'adéquation des moyens mis en œuvre. Lors de la phase de démantèlement, peuvent être également réalisées des opérations de traitement des déchets (y compris la construction des équipements permettant ce traitement) ; d'assainissement ou de destruction du génie civil ; d'assainissement de sols contaminés ou pollués.

L'AIEA est chargée d'établir ou d'adopter un programme de normes de sûreté destinées à protéger la santé, les personnes et les biens dans le cadre du développement et de l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques.

C) Les difficultés selon les filières de réacteurs



Source : présentation d'Éric BURGER, AREVA

Les réacteurs Uranium naturel graphite-gaz (UNGG) ont été développés dans les années 1950 et 1960 par le CEA et EDF. Utilisant de l'uranium non enrichi sous forme métallique, cette filière a l'intérêt de s'épargner toute la phase d'enrichissement du combustible. En revanche, l'inertie thermique de ces réacteurs était très forte et leur système de refroidissement utilisait du dioxyde de carbone gazeux, et non de l'eau comme dans un réacteur classique. Cette filière a été abandonnée en 1970 à la faveur des Réacteurs à eau pressurisée de technologie américaine. Entre temps, la France a construit six réacteurs UNGG dont le démantèlement est particulièrement problématique.

D) Démanteler vite ou lentement : avantages et inconvénients

Il existe trois stratégies de démantèlement des installations nucléaires définies par l'AIEA : le confinement sûr, qui n'est pas la solution recommandée, le démantèlement différé, et le démantèlement immédiat. Le choix d'une stratégie dépend des réglementations nationales, des facteurs socio-économiques, du financement des opérations, de la disponibilité des filières d'élimination de déchets, de la disponibilité de techniques de démantèlement et de personnel qualifié et de l'exposition du personnel et du public. En France, les exploitants nucléaires (EDF, Areva, CEA...) privilégient un démantèlement « immédiat », soit dans un délai aussi court que possible après l'arrêt définitif, et respectent ainsi les recommandations de l'AIEA. Pour autant, les délais d'autorisation de mise à l'arrêt, de démantèlement et de déclassement des sites sont longs. Un démantèlement peut s'étendre sur une période de 15 à 20 ans, voire 30 ans pour les usines et les laboratoires du cycle du combustible.

E) Le traitement et le stockage des déchets

La gestion des déchets radioactifs est encadrée par la loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Les principes, fixés par la loi, sont la protection de la santé des personnes et de l'environnement, la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs, la prévention ou la limitation des charges supportées par les générations futures et le principe « pollueur-payeur » qui prévaut en droit de l'environnement. L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) est chargée de trouver, mettre en œuvre et garantir des solutions de gestion sûres pour l'ensemble des déchets radioactifs français. L'Andra tient à jour un inventaire complet des matières et déchets radioactifs. Son Plan national pour la gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR), renouvelé tous les 3 ans, permet de mettre en œuvre les principes de la loi de 2006. 90% du volume des déchets radioactifs produits en France chaque année disposent d'une filière de gestion en stockage ultime. Ce plan, mis en place en France en 1997, est désormais une obligation européenne. En France, les déchets radioactifs sont d'abord entreposés, avant d'être envoyés dans des centres de stockage adaptés à leur niveau de radioactivité et leur durée de vie. Les exploitants traitent et conditionnent leurs déchets radioactifs avant de les confier à l'Andra.

III) LES ACTEURS DU DEMANTELEMENT

En France, la filière du démantèlement réunit de nombreux acteurs que l'on peut classer en quatre grandes catégories : les autorités de réglementation, les organismes d'expertise, les exploitants nucléaires, les entreprises technologiques. Elles interviennent à différents niveaux de la chaîne du démantèlement. A cela s'ajoutent d'autres acteurs qui interviennent dans la question centrale des coûts : Cour des comptes, organisations non gouvernementales et, pour l'information des citoyens et le débat public, instances gouvernementales et associations.

Compte tenu de notre choix énergétique historique, le cadre institutionnel réglementaire français est particulièrement rigoureux. Chargée par l'Etat du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, l'ASN délivre l'autorisation de démantèlement d'une installation (DEM) après avoir instruit le dossier avec l'appui technique de l'IRSN qui réalise des missions d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques. L'ASN assure ainsi une mission de prescriptions et de contrôle auprès des exploitants nucléaires (EDF, Areva, CEA...) en vérifiant qu'ils assument pleinement leur responsabilité et respectent les exigences de la réglementation relative à la sûreté nucléaire et à la radioprotection. Contrairement à d'autres pays (Etats-Unis, Allemagne...), la France a fait le choix d'une réglementation exigeante et contraignante, qui impacte fortement les exploitants dans les choix technologiques et, ainsi, toute la filière.

En prévision du démantèlement des installations, les exploitants établissent des cahiers des charges qui couvrent l'ensemble des étapes du démantèlement et font appel à de très nombreuses compétences : maîtrise d'œuvre, fournisseurs de technologies (modélisation/simulation), manutention, transport, etc. On évalue à 300 environ le nombre d'acteurs industriels français impliqués dans la filière du démantèlement, parmi eux les 3 « S » : Salvarem, Sogedec, STMI. Face à leur donneur d'ordres, ces entreprises doivent faire face à des aléas de coût importants, de l'ordre de 30%, liés aux données incertaines des premières installations et aux relations contractuelles de type forfaitaire qui transfèrent le risque vers l'industriel et non l'exploitant. Afin de mieux s'organiser et structurer la filière, ces entreprises se sont regroupées en associations professionnelles. Dans cette filière hautement technologique, il faut souligner la part importante des activités de recherche et développement menées par les exploitants, les industriels, ainsi que par l'Andra.

Dans la question centrale des coûts du démantèlement interviennent d'une part les exploitants, qui doivent provisionner et donc établir un chiffrage précis, et, d'autre part, la Cour des comptes, chargée de vérifier la réalité des chiffres annoncés. Il faut mentionner également le rôle de Greenpeace dans cette évaluation difficile, qui a porté dans le débat public une toute autre estimation des coûts, réalisée par le cabinet AlphaValue à la demande de l'ONG.

Enfin, le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sûreté nucléaire (HCTISN) est l'instance d'information, de concertation et de débat sur les risques liés aux activités nucléaires et sur l'impact de ces activités sur la santé des personnes, l'environnement et la sécurité nucléaire. Il est relayé en régions par les Comités et commissions locales d'informations (CLI).

IV) LE SAVOIR-FAIRE EN FRANCE ET DANS LE MONDE

Aujourd'hui, 139 réacteurs nucléaires sont en cours de démantèlement dans le monde³, sans compter les autres installations nucléaires qui elles aussi doivent être démantelées (les mines, les installations de traitement, d'enrichissement, d'entreposage et de stockage, les usines de retraitement, les réacteurs de recherche, etc.).

Le démantèlement en France inclut notamment :

- les sites d'EDF : centrales de Brennilis, Chooz, Superphénix, centrales Graphite Gaz (UNGG) et le parc des réacteurs à eau pressurisée actuellement en production ;
- les sites d'Areva : SICN, UP2400 à la Hague, ATPU à Cadarache ;
- les sites du CEA : 21 INB, principalement à Marcoule et Fontenay.

A) Les compétences et les savoir-faire mis en œuvre en France et à l'étranger.

La France dispose de fortes compétences et d'un fort savoir-faire pour le démantèlement. Il faut cependant garder à l'esprit que le démantèlement peut suivre des philosophies différentes, notamment en fonction des exigences ou réglementations nationales. Ainsi, la gestion du démantèlement est très rigoureuse, bien encadrée et fortement contrainte par le « principe de précaution » et par un retour au « niveau zéro » du site (e.g. tel qu'il était avant l'arrivée de l'installation). Une catégorie spéciale de déchets très faiblement radioactifs (TFA) a été créée. La France est le seul pays à interdire de réutiliser les matériaux (notamment métalliques) dont le taux de radioactivité est inférieur au seuil de libération européen⁴.

En Angleterre, la sécurisation du site et l'entreposage des déchets sur site est privilégiée. C'est en tout cas l'option retenue pour Sellafield, qui est le plus gros site d'Europe en démantèlement. Mais certains considèrent que cette option peut être la conséquence d'une stratégie d'attentisme prudent, sans réelle politique à long terme. En Allemagne, il existe une très forte réticence pour l'ouverture de sites de stockage définitifs, ce qui a induit une stratégie basée sur la récupération et la libération des matériaux. Malgré la mise en place de techniques et industries permettant cette stratégie, ce choix s'avère coûteux économiquement.

Aux Etats-Unis, les dimensions et la géographie du pays avec de grands espaces désertiques font qu'il semble moins problématique de trouver des espaces de stockage définitifs. Le démantèlement et le nucléaire en général semblent évoluer dans une réglementation beaucoup plus souple qu'en Europe, avec des délais d'autorisation sans commune mesure. Le pragmatisme et les considérations économiques dominant.

3. GUIDEZ J., CEA-DEN, Analyse comparative des méthodologies de démantèlement, Intervention du 16 décembre 2016 pour l'IHES

4. Le seuil de libération (100 Bq/kg) fait référence au niveau de contamination radioactive en deçà duquel les matériaux peuvent être « libérés » et réutilisés sans restriction pour la fabrication d'équipements ou d'objets de la vie quotidienne.

B) La R&D associée

Le démantèlement se heurte à deux principaux problèmes : la présence de radioactivité et la mauvaise connaissance de l'état initial (e.g. état de la centrale au moment du démantèlement). Ces deux problèmes font donc naturellement l'objet de R&D importante en chimie, robotique et technologies numériques. En particulier pour :

- La caractérisation des sites : besoin de matériels innovants et miniaturisés de capture (gamma camera, alpha camera, d'imageurs neutrons etc.) et de simulation 3D (simulation virtuelle des zones radioactives)
- Le travail à distance en milieu hostile qui appelle notamment de nombreux efforts de R&D en robotique (découpe, décapage etc.) et en simulation (réalité virtuelle pour l'opération à distance, préparation des interventions, géométrie des instruments à utiliser etc.)
- La mise au point d'outils spécifiques en particulier pour la découpe des matériaux qui ne peut pas être faite avec des outils classiques qui généreraient des points chauds (meuleuses ou torches à plasma)
- La décontamination : il existe ici toute une R&D autour de la chimie du décapage, l'utilisation de mousses et gels spécifiques, le décapage par des fluides supercritiques (eau ou CO₂)... mais aussi pour la décontamination des sols avec des techniques spécifiques telles que des techniques de phyto remédiation par les plantes
- La séparation des éléments radioactifs pour minimiser le déchet final. Dans les liquides en particulier, une R&D est effectuée pour extraire de manière sélective certains produits comme par exemple le Césium (techniques de filtration, par membranes, co-précipitation etc.)
- La préparation du déchet ultime qui consiste notamment à supprimer les phases liquides (cimentation, calcination, évaporation...). Il est ainsi nécessaire de mettre au point des méthodes de fabrication des déchets solides par exemple tels que la vitrification plasma pour certains déchets, la formulation des confinements cimentaires, le développement de polymères pour le confinement de déchets spéciaux (ex : déchets magnésiens).

V) LES COÛTS DU DEMANTELEMENT

A) Estimation des coûts de démantèlement en France.

Les opérations de démantèlement actuellement en cours représentent dans les comptes des exploitants EDF, AREVA et CEA environ 1 milliard d'Euros mobilisés par an, pour environ 25 infrastructures sur le territoire, laboratoires de recherche et centrales, dont les constructions et mises en service se sont étalées entre 1950 et 1970. Techniquement, ces exploitants ont obligation⁵ de faire apparaître les charges évaluées comme nécessaires pour le démantèlement dans leurs comptes financiers. Elles doivent apparaître à titre de provision, et être couvertes, à titre exclusif, par les actifs nécessaires, toujours dans les comptes des exploitants. Les approches permettant de calculer ces coûts sont loin de faire l'unanimité, comme nous avons pu le constater dans les diverses présentations, témoignages et documents de référence qui nous ont été transmis.

B) Impact de la durée de vie des centrales

Cet élément a une influence stratégique majeure sur les calculs de coût, mais également sur le déclenchement et la programmation des opérations de démantèlement qui se déroulent sur plusieurs dizaines d'années. A l'heure actuelle, la demande d'exploitation des réacteurs par EDF à 50 ans, au-delà des 40 ans prévus, impacte bien sûr le coût moyen d'exploitation, en limitant sa progression sur la base des installations existantes. Ces autorisations ne sont pas actuellement validées par l'Etat, l'ASN restant en responsabilité quant à l'autorisation d'exploitation décennale. Enfin, une estimation fine des investissements à mobiliser pour maintenir le parc en état, dans les normes, est également un élément financier à évaluer, comme le souligne la Cour des comptes dans son rapport de 2014.

C) Valeurs provisionnées pour le démantèlement

Les montants actuellement provisionnés par les exploitants français, couvrent d'une part le démantèlement de leurs installations nucléaires, et la gestion des déchets qui en sont issus. Nous choisissons de reproduire le tableau issu du rapport de la Cour des comptes en 2012⁶.

D) Les hypothèses économiques des différentes évaluations

Les présentations nous ont largement éclairés sur les hypothèses retenues par les exploitants, les extrapolations, et ont également mis en avant des divergences de point de vue dans ces estimations.

Charges et provisions futures

En Md€ de 2010		Charges brutes	Provisions
Démantèlement	EDF	20,9*	11,0
	AREVA	7,1	3,4
	CEA	3,4	2,9
	Total	31,9	17,3
Dernier cœur	EDF	3,8	1,9
Gestion du combustible usé	EDF	14,4	8,8
	CEA	0,4	0,3
	Total	14,8	9,1
Gestion des déchets ultimes	EDF	23	6,5
	AREVA	2,9	1,8
	CEA	2,4	1,2
	ANDRA	0,8	0,04
Total	28,4	9,8	
Autres	Total	0,05	0,03
TOTAL		79,4	38,4

* Y compris les réacteurs de première génération

Source : Cour des comptes, Les coûts de la filière électronucléaire, janvier 2012, actualisé en 2014

5. Code de l'environnement, articles L594-1, L 594-2 et L542-12

6. Cour des comptes, Les coûts de la filière électronucléaire, janvier 2012, actualisé en 2014 <https://www.ccomptes.fr/Actualites/Archives/Le-cout-de-production-de-l-electricite-nucleaire>

Deux hypothèses principales sont prises en compte dans les évaluations et sous-tendent les discussions entre les exploitants et organes d'évaluation. D'une part, les effets d'échelle sur la prévision d'arrêt du parc en exploitation, soumis au vieillissement et programmé pour s'arrêter. Un nombre important de réacteurs (entre 14 et 30) permettrait de valoriser une diminution des coûts unitaires dans les modèles économiques. D'autre part, la durée d'exploitation plus longue des équipements : bien que cela mobilise de nouveaux investissements, notamment de mise aux normes et de coûts de maintien en exploitation, cela reporte la mobilisation des provisions et permet d'amortir plus longtemps le parc actif. Diverses études, commanditées par les organes de contrôle ou par des associations, reviennent sur les valorisations financières de ces hypothèses, les évaluations en conséquence des changements de programme d'exploitation dans des contextes tendus en termes de normes à prendre en compte. Enfin, la Loi de transition énergétique implique dans le même temps de diversifier les sources d'énergie électrique : cet impératif induit de nouveaux investissements pour l'opérateur, dans un équilibre complexe et délicat qui doit prendre en compte ces nouveaux investissements, mais aussi les programmes déjà lancés en vue d'exploitation future, et un marché domestique en décroissance.

E) Comparaisons internationales

La Cour des comptes a effectué la comparaison des évaluations des charges de démantèlement de six pays (Allemagne, Belgique, Japon, Royaume-Uni, Suède et Etats-Unis, avec parfois plusieurs évaluations disponibles par pays), et celle précisée par EDF pour extrapoler l'arrêt de 58 réacteurs REP. En 2016, de nouvelles divergences dans les comparaisons d'évaluation, sur la base de techniques comptables de reconstruction de bilan financier sont apparues et sont en cours de discussions contradictoires.

Méthodes utilisées par	EDF	Suède	Belgique	Japon	Etats-Unis 3 méthodes	Grande-Bretagne	Allemagne 4 méthodes
Extrapolation pour 58 réacteurs	18,1	20	24,4	38,9	27,3 33,4 34,2	46	25,8 34,6 44 62

Extrapolation du coût du démantèlement du parc français actuel (REP), en Md€2010

VI) BILAN ET CONCLUSION : UNE OPPORTUNITE POUR LA FRANCE

A) Il existe un marché mondial important du démantèlement

Le marché mondial du démantèlement comprend d'ores et déjà plus de 150 réacteurs arrêtés et potentiellement 450 réacteurs qui seront progressivement arrêtés au cours des 30 à 40 prochaines années, auxquels il faudra ajouter ultérieurement tous ceux qui sont en construction ou en projet. Le chiffre d'affaires correspondant serait de l'ordre de 300 à 600 Mds€. Mais il faut noter qu'il s'agit d'un marché assez fermé, nécessitant une part importante de main d'œuvre locale. Ce marché mondial est en fait une juxtaposition de marchés nationaux relativement cloisonnés, avec de nombreux opérateurs locaux, situés dans des zones géopolitiques plus ou moins fermées, comme par exemple en Russie et dans les pays qui lui achètent leurs réacteurs, avec des législations et des normes propres, en principe sous le contrôle de l'AIEA. Par contre, on observe dans d'autres zones un début de mondialisation et de concurrence sur le marché du nucléaire.

On admettra que pour des motifs écologiques et de sécurité, la nécessité de démanteler les centrales nucléaires arrêtées –plutôt que de les abandonner en l'état comme certains pays pourraient être tentés de le faire, notamment pour des raisons financières– fait consensus. Compte-tenu du coût élevé du démantèlement, la question de la solvabilité de ce marché peut éventuellement se poser.

B) Il s'agit d'une activité complexe qui nécessite un savoir-faire très pointu

Au niveau technique, l'un des principaux problèmes est « l'incertitude des données d'entrée ». On ne sait pas toujours dans quel état sont les centrales à démanteler, surtout pour les plus anciennes, chaque installation ancienne étant quasi-unique de par sa technologie initiale et son historique d'exploitation (hormis pour les réacteurs REP d'EDF qui ont tous été construits sur un modèle semblable). Chaque démantèlement doit donc être précédé d'une étude d'ingénierie. Les effets de série seront assez faibles dans le cas des centrales anciennes ou dans certains pays. Il y a cependant, au fur et à mesure des interventions, un certain apprentissage des savoir-faire, une adaptation et une réutilisation des méthodes et des solutions, une amélioration et une mutualisation des outils d'ingénierie et des robots etc. et donc un gain probable en efficacité.

Il s'agit en fait d'inventer les techniques de démantèlement de demain à partir des expériences acquises. Les industriels français sont bien positionnés à cet égard. De par son caractère potentiellement dangereux, le démantèlement nécessite une grande rigueur et une organisation garantissant une grande qualité et la sécurité pérenne des personnels. Elle requiert des compétences pointues, voire critiques, qui doivent être maintenues à niveau en permanence.

C) Il existe plusieurs segments distincts sur le marché du démantèlement

Il faut distinguer l'activité d'ingénierie et l'intervention opérationnelle, qui nécessitent des mains d'œuvre différentes, pour lesquelles les industriels français possèdent le savoir-faire. L'ingénierie constitue en elle-même un marché de niche pour des services, du conseil, de la gestion de projet, le développement d'outillages, la mise au point des procé-

dures... Le Conseil stratégique de la filière nucléaire (CSFN) a de son côté conclu que le marché à l'international serait fermé et ne serait qu'un marché de niche, par exemple sur les technologies numériques, la simulation, les procédés chimique issus de la R&D...

Au-delà de l'ingénierie et du démantèlement opérationnel, les industriels français sont aussi en mesure de proposer des offres plus globales incluant par exemple la formation, l'aide à l'exploitation, le traitement et le recyclage des déchets, localement ou en France, ce qui se pratique déjà.

Cependant, la manière de lancer les appels d'offres, la régulation et les règlements, les normes appliquées (état final du site, classification des déchets, libération des produits etc.), qui diffèrent d'un pays à l'autre, ne peuvent que compliquer la tâche des industriels, mais cela n'est pas propre au marché du nucléaire. Les industriels opérant à l'international ont besoin d'un accompagnement dans la durée pour faire face aux risques économiques, politiques et financiers, comme pour d'autres activités internationales.

D) L'industrie française a des avantages concurrentiels

Il existe d'ores-et-déjà plusieurs pays concurrents sur le marché international de la technologie nucléaire et de la construction des réacteurs (en particulier la Russie, la Chine, les Etats-Unis et la France), mais encore peu sur le marché nouveau et cloisonné du démantèlement. Seuls quelques démantèlements ont été réalisés localement aux Etats-Unis, en Angleterre, en Allemagne et en France.

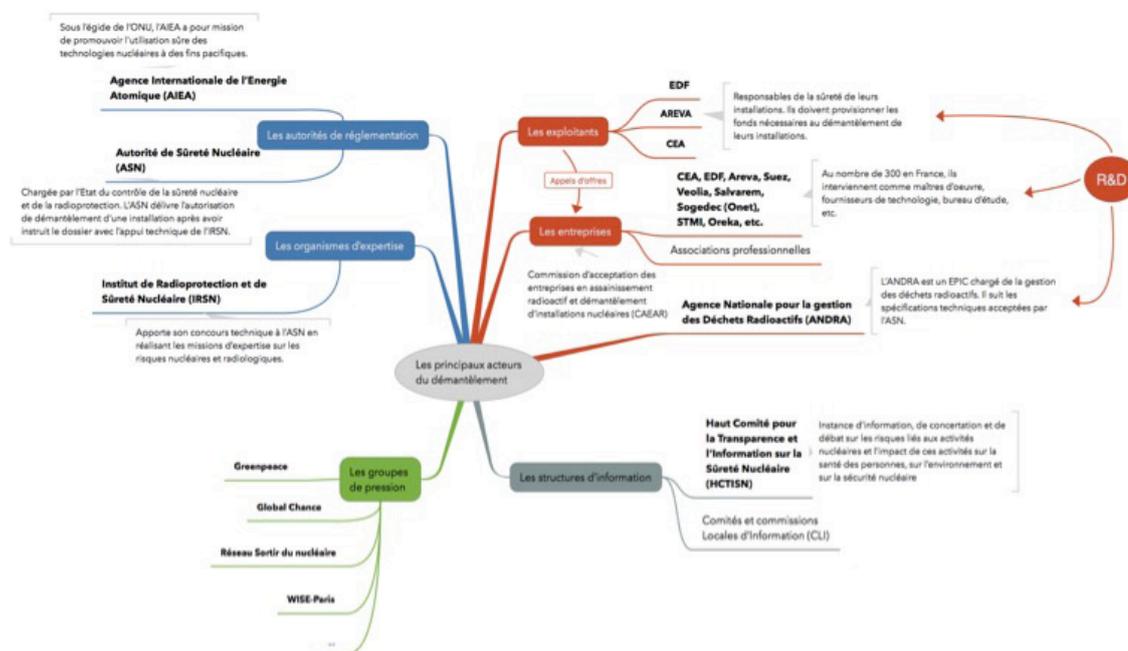
Les industriels français disposent d'avantages concurrentiels liés à l'importance et à la diversité du parc nucléaire français et à l'expérience acquise via les démantèlements déjà opérés en France. Par contre, il convient de s'interroger sur notre capacité à organiser, en lien avec l'état, les mutualisations et coopérations nécessaires entre acteurs. D'autant plus que l'industrie mondiale du nucléaire est en pleine reconfiguration (notamment en France, en Chine, aux Etats-Unis et au Japon). EDF a d'ores et déjà pris des décisions stratégiques pour être acteur sur ce marché, en ayant recours à de nombreux fournisseurs et sous-traitants pour son propre travail d'exploitant. Il serait donc intéressant d'organiser cet ensemble en une filière industrielle intégrée et co-responsabilisée pour aborder le marché international. Enfin, on peut noter que l'industrie française sera d'autant plus crédible au niveau de la construction de nouveaux réacteurs qu'elle portera aussi une offre de démantèlement, ou d'aide au démantèlement, auprès de ses clients à l'international. Il y a là une logique d'intégration industrielle et de vitrine.

En conclusion, notre groupe soutient l'idée que la France peut et devrait se positionner sur le marché international du démantèlement des réacteurs nucléaires. Elle en a les capacités. Ce choix stratégique, qui n'est pas sans risques, est cohérent avec ses offres de construction de réacteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Site internet *Connaissance des énergies* <http://www.connaissancedesenergies.org/>
- GUIDEZ J., CEA-DEN, *Analyse comparative des méthodologies de démantèlement*, Intervention du 16 décembre 2016 pour l'IHEST
- LE HIR P., *Dans les entrailles du démantèlement*, <http://www.lemonde.fr>, 13 avril 2017
- Cour des comptes, *Les coûts de la filière électronucléaire*, janvier 2012, actualisé en 2014 <https://www.ccomptes.fr/Actualites/Archives/Le-cout-de-production-de-l-electricite-nucleaire>
- Cour des comptes, *Rapport public annuel 2016*, Février 2016, pp 111-143 <https://www.ccomptes.fr/Accueil/Publications/Publications/Rapport-public-annuel-2016>
- Assemblée nationale, *Rapport d'information en conclusion des travaux d'une mission d'information relative à la faisabilité technique et financière du démantèlement des installations nucléaires de base*, n° 4428, déposé le 1er février 2017, mis en ligne le 3 février 2017 <http://www.assemblee-nationale.fr/14/rap-info/i4428.asp>
- Alphavalue, *EDF asphyxiée par le nucléaire, Etude sur les perspectives des activités nucléaires d'EDF en France*, novembre 2016 http://www.alphavalue.fr/secure/portal/files/AV_EDF_Greenpeace.pdf

ANNEXE – LES PRINCIPAUX ACTEURS DU DEMANTELEMENT



Clôture officielle du cycle national 2016-2017 • Jeudi 1er juin 2017
Valeur des sciences et des technologies, du bien commun à l'inconnu et l'incertain

Le démantèlement des centrales nucléaires

Avec :

Corinne LEPAGE, avocate, associée fondatrice, cabinet Hugo-Lepage, ancienne ministre de l'Environnement

Mise en perspective par **Dominique DESJEUX**, anthropologue, professeur émérite, université Paris Descartes



Animateur : Nous allons procéder en trois temps : tout d'abord une synthèse de nos travaux présentée par plusieurs auditeurs de l'atelier ; les réactions de Mme Corinne Lepage qui a nous fait l'honneur d'être notre grand témoin ; un temps de question de la salle.

Auditeur : Face à la question qui nous a été posée – Comment éclairer les choix politiques et stratégiques sur l'opportunité de valoriser notre retour d'expérience

afin de conquérir un immense marché mondial ? –, notre premier étonnement a consisté pour la plupart d'entre nous à nous demander : pourquoi moi dans ce groupe ? Très vite toutefois, deux certitudes se sont imposées : nous ne serons jamais experts du sujet, donc n'essayons même pas ; la question qui est posée n'est pas une question d'opinion - qu'on soit pour ou contre le nucléaire, il faudra démanteler.

C'est donc sous cet angle que nous avons abordé le sujet. Nous sommes en France dans une situation qui, par rapport à la problématique du démantèlement, est particulière dans la mesure où 75% de l'électricité que nous produisons est d'origine nucléaire. Avec 58 réacteurs en fonctionnement, nous avons un parc extrêmement important. La question du démantèlement se pose donc. Si nous construisons des réacteurs, nous devons aussi savoir les démanteler. Nous avons actuellement en France 12 réacteurs à l'arrêt dont 3 en cours de démantèlement. Nous disposons donc d'une expérience du démantèlement que nous devons faire fructifier. Le positionnement de la France dans le monde est d'ailleurs excellent de ce point de vue parmi les principaux pays producteurs d'électricité par le nucléaire que sont les Etats-Unis, la France, le

Japon et la Russie. Notre savoir-faire technologique doit pouvoir être un atout pour nous positionner en tant qu'acteur économique dans le domaine du démantèlement.

Animateur : Pendant cet atelier, nous avons eu la chance d'aller voir OSIRIS, une installation qui sera bientôt en démantèlement. Sur place, nous nous sommes rendus compte de la nécessité du savoir faire et de la R&D – ce dont nous allons parler maintenant.

Auditeur : Nous avons un grand savoir-faire en France mais ce dernier dépend de réglementations et de spécificités qui sont tout à fait différentes d'un pays à l'autre. Nous avons par exemple, en France, un principe de précaution assez fort. Ainsi par démantèlement, on entend en général retour à un site semblable à ce qui existait avant la construction de la centrale. Nous avons d'ailleurs une spécificité française avec la catégorie de déchets appelés « déchets très faiblement radioactifs » (TFA) que nous ne pouvons pas recycler, mais que nous devons entreposer, stocker quelque part. A l'opposé, en l'Allemagne, compte-tenu d'une réticence très forte au stockage des déchets, il existe une politique beaucoup plus forte de récupération et de réutilisation de la matière. On peut ainsi recycler l'acier et l'utiliser dans l'industrie automobile par exemple.

Le savoir-faire en France repose aussi sur les compétences d'une R&D très active qui répond à deux problèmes principaux liés au démantèlement : la présence de la radioactivité bien sûr mais aussi la mauvaise connaissance de l'état initial au moment du démantèlement. On ne sait pas toujours en effet exactement dans quel état se trouve la centrale : il y a parfois eu des constructions au cours

du temps sans que les plans ne soient mis à jour. Il faut donc faire avec cette incertitude là en plus de celle liée au niveau de radioactivité. Cela impose donc des efforts de R&D spécifiques. On réfléchit beaucoup par exemple sur le travail à distance en milieu hostile : l'envoi de robots, la simulation numérique de l'environnement, ou la conception d'outils très spécifiques pour le démantèlement.

Animateur : Avant cet atelier, nous n'avions aucune connaissance sur le sujet au-delà de ce que l'on peut lire dans la presse. Or, lorsque l'on parle de démantèlement, le sujet est le plus souvent traité sous l'angle du coût. Nous allons donc maintenant évoquer cette question du coût du démantèlement qui est très importante.

Auditeur : En tant que non experts du domaine, on ne peut qu'être frappés par les valeurs absolument hors norme que nous sommes amenés à manipuler avec ce sujet, que ce soit en termes de données financières (plusieurs dizaines de milliards dans les comptes annuels des opérateurs divers) ou de durées d'opération (des dizaines d'années). Les facteurs permettant d'évaluer la valeur économique des provisions à effectuer sont eux-mêmes hors norme. Ce sujet est donc non seulement éminemment complexe mais fait en plus l'objet d'énormément d'incertitudes et d'inconnu. D'autant plus que tout facteur qui bouge induit d'autres inconnus et d'autres facteurs d'incertitude. Cette obligation de provision des coûts peut être illustrée avec l'effet d'échelle économique : le fait d'avoir des séries de réacteurs avec des designs identiques permet en effet de répéter les opérations de démantèlement à moindre coût, et donc de capitaliser. Toutefois, l'impact de ce facteur d'échelle reste réduit quand on essaie d'évaluer sa valeur économique, dans la mesure où l'on n'a pas réellement de certitudes sur la réalité de ces coûts de démantèlement. On fait donc des extrapolations sujettes à controverse.

La durée de vie des centrales constitue elle aussi un facteur stratégique. Et pour cause, si l'on augmente la durée de vie des centrales au-delà de la durée initialement prévue, on doit revoir les provisions présentes dans les comptes des opérateurs – ce qui crée là aussi immédiatement un effet d'incertitude lié aux éventuels changements de réglementation et donc aux coûts supplémentaires de maintenance associés et de mises aux normes, que l'on n'aurait pas forcément anticipés. On se tourne donc assez spontanément vers une évaluation internationale pour estimer si ces coûts sont ou non réalistes. Mais on se retrouve encore une fois face à des éléments qui sont très difficiles à évaluer.

Méthodes utilisées par	EDF	Suède	Belgique	Japon	Etats-Unis	Grande Bretagne	Allemagne
Extrapolation pour les 58 réacteurs EDF, en Md€, 2010	18,1	20	24,4	38,9	27,3 33,4 34,2	46	25,8 34,6 44 62

Ce tableau est issu d'un travail très documenté de la Cour des comptes. Lorsque l'on regarde l'extrapolation sur les séries de réacteurs qui vont être démantelés prochainement et l'évaluation faite par notre opérateur, et que l'on compare ces données à des opérations réalisées en Al-

lemagne par exemple, on se rend compte que l'on a des facteurs qui vont du simple au triple. Malgré toute la méthodologie employée, force est de constater que les questions et les incertitudes demeurent. Pas étonnant donc qu'il y ait tant de controverses.

Animateur : Nous avons effectivement fait l'expérience de la complexité du sujet, mais nous avons eu la chance d'entendre très librement de nombreux intervenants répondre à nos demandes. A la question qui nous a été posée, nous avons donc décidé de répondre précisément et de proposer une recommandation.

Auditeur : Pour répondre à cette question, nous avons décidé de partir de la réalité. Il existe d'ores et déjà 600 réacteurs construits à travers le monde qui devront être un jour arrêtés. 10% de ces réacteurs sont en France – ce qui nous met dans une position un peu particulière. Pourquoi démantèle-t-on des réacteurs ? Pour deux raisons : une raison écologique et une raison de sécurité. Les laisser vieillir sur place sans rien faire n'aurait aucun sens. Un marché semble donc apparaître au niveau mondial. Première caractéristique de ce marché : il peut être qualifié de marché naissant dans la mesure où le nombre de réacteurs déjà démantelé est extrêmement faible par rapport à la quantité de réacteurs existants. Deuxième caractéristique : c'est un marché fermé, protégé pour des raisons géostratégiques, un marché qui est donc, au niveau mondial, partiellement captif par zone et partiellement en train de s'ouvrir sur une base plus concurrentielle. Il est à noter au passage que ce marché concurrentiel est très dépendant de la réglementation locale. On n'aura pas forcément les mêmes démantèlements selon les zones où l'on se trouve. Troisième élément dont il faut tenir compte : la question des coûts. On voit bien que, que l'on soit sur un marché captif ou sur un marché concurrentiel, le coût du démantèlement va avoir un impact majeur, soit parce qu'il faut consacrer un investissement important, soit parce que, pour vendre, il faut être bien positionné économiquement. Ce débat est encore assez flou. On peut également se demander : y a-t-il un démantèlement ? Tout travail de démantèlement commence par un travail d'ingénierie qui précède la phase du démantèlement lui-même. Or ce travail d'ingénierie est basé sur beaucoup de savoir-faire théorique et de R&D et nécessite le développement d'outils et de méthodes. Nous partageons l'idée que ce marché est d'ores et déjà un marché de niche sur lequel la France peut se positionner. Il faut noter que la sécurité et le coût final de ce démantèlement dépendent largement de ce travail d'ingénierie préalable. Mais au-delà de ce travail d'ingénierie, peut-on aussi se positionner sur l'action elle-même de démantèlement opérationnel, faisant appel à une main-d'œuvre complètement différente au profil plus technique ? Notre sentiment est qu'à travers l'expérience acquise d'ores et déjà en France dans le cadre des trois démantèlements de réacteurs en cours et du démontage par le CEA d'installations de base, nous avons accumulé un savoir-faire très important qui nous procure un avantage concurrentiel par rapport aux différents acteurs. Qui sont ces acteurs ? A la fois les grands opérateurs (CEA ou EDF), mais aussi les grands industriels (AREVA) et enfin tous les sous-traitants qui travaillent avec ces grands acteurs (PME, TPE, etc.). Nombreuses sont encore les

questions autour de la façon de faire travailler ensemble grands acteurs et sous-traitants. Nous pensons collectivement que la France peut/devrait se positionner sur ce marché international du démantèlement. Avec quelques remarques tout de même.

Une réserve qui est la suivante : à condition de s'organiser sur le plan industriel pour le faire convenablement – c'est-à-dire en commençant par structurer de véritables filières industrielles avec un esprit de coresponsabilité, de partage des tâches, etc., comme cela se pratique en Allemagne par exemple.

Deuxième remarque : dans la mesure où les acteurs français disposent réellement des capacités techniques nécessaires pour aborder ce marché, autant valoriser ce savoir-faire à l'international.

Dernier point : à chaque fois que l'on aborde la question internationale, on s'interroge sur la possibilité d'un risque financier. De notre point de vue, le risque financier est relativement limité dans la mesure où il s'agit d'opérations « au coup par coup ». Si au bout de quelques démantèlements on réalise que ce n'est pas tenable économiquement, rien ne nous oblige à poursuivre.

Bref, pour résumer notre position : à la question « La France doit-elle aller sur le marché international du démantèlement ? », nous répondons oui. Il s'agit d'une opportunité économique à saisir, pour capter une partie de la valeur du démantèlement dans le monde. C'est aussi une façon de valoriser tout le savoir-faire qu'on aura déjà créé en France.

Animateur : Je vais maintenant inviter Philippe ROCHER et Corinne LEPAGE à nous rejoindre. Philippe ROCHER va nous raconter le processus de travail du groupe et pourquoi nous avons souhaité la présence de Corinne LEPAGE.

Philippe ROCHER : Est-il utile de présenter Corinne LEPAGE : avocate, spécialiste de l'environnement, son nom est associé à l'Erika et l'Amoco Cadiz, 14 ans de procès pour parvenir à faire plier une grosse société américaine et tout un jeu de sociétés gigognes, présidente de rassemblements citoyens, ancienne ministre de l'Environnement et surtout auteur, entre autres, du livre L'Atlas du nucléaire, paru en 2015, qui dresse un panorama mondial du parc nucléaire, de son évolution, des stratégies, des enjeux, des acteurs et des nouveaux défis (transition énergétique), avec un focus sur la France, ce cas unique comme cela a été dit précédemment. Les auditeurs vous ont invitée Madame la Ministre à venir les challenger pour approfondir certains sujets. Je rappelle que les auditeurs de ce groupe étaient des non sachant alors qu'il y a dans la salle d'autres auditeurs qui, eux, sont du CEA, d'EDF, des politiques, etc. Comment réagissez-vous par rapport au rapport que vous avez reçu et à la synthèse que vous avez entendue ? Quel est votre point de vue sur le cas français et sur les conclusions que le groupe vient de présenter ? Peut-on transformer notre position d'exception en une opportunité comme cela vient d'être suggéré ?

Corinne LEPAGE : D'abord, je vous remercie pour cette invitation. Je vous félicite pour ce travail sur un sujet très difficile car très technique. Pour ma part, n'étant que juriste, et non ingénieur, je suis toujours très prudente sur

ces thématiques. Comme vous, j'ai commencé mes recherches sur ces sujets par un travail d'étonnement et d'apprentissage, un effort pour essayer de comprendre. Je pense que le sujet et la question de départ ont été très bien formulés. Je fais partie de ceux qui pensent que nous pourrions devenir l'un des leaders mondiaux du démantèlement des centrales nucléaires. J'en suis convaincue. En revanche, je suis un tout petit peu moins optimiste que vous sur la question du savoir-faire. On observe tout d'abord qu'au niveau international, peu d'acteurs sont arrivés au bout d'un démantèlement. Je ne suis même pas sûre qu'il y en ait eu un complètement achevé. Nous sommes donc à l'aube de quelque chose de nouveau. Nous ne savons pas par ailleurs combien cela coûte précisément. Ce que nous savons, c'est que nous n'avons pas assez provisionné. La Commission européenne qui considère que nous avons globalement provisionné 30% de ce qui était nécessaire nous a d'ailleurs plusieurs fois rappelés à l'ordre. Sur la question du savoir-faire enfin, nous nous heurtons aujourd'hui à une difficulté. Compte-tenu du changement de génération, nous nous heurtons aujourd'hui à un véritable problème de savoir-faire. Les centrales à graphite-gaz ont été construites dans les années 60, les PWR à partir de 1973. Beaucoup de ceux qui ont construit les centrales sont donc partis à la retraite. Pour savoir bien démanteler, il faut commencer par savoir bien construire. Bien sûr, nous avons toutes les données et documents, sauf que nous n'avons plus forcément les personnes qui savent exactement comment les constructions ont été réalisées. Je pense donc que nous avons un problème de savoir-faire. Je veux bien entendre qu'il y a de la R&D et qu'il faut trouver des technologies adaptées, mais à la base, la question qui se pose est celle de savoir comment l'on garde ce que l'on sait déjà ?

Autre sujet : le problème de la concurrence. Nous ne sommes pas les seuls à nous poser la question du démantèlement. D'autres pays ont beaucoup avancé sur ce sujet, en particulier l'Allemagne et le Japon. J'ai d'ailleurs été assez frappée de voir dans un article paru dans la presse japonaise il y a déjà 3 ans, consacré aux champions du monde du démantèlement, que la France n'y était pas. S'y trouvaient les coréens, les japonais, les allemands, peut-être les russes, mais pas nous. Nous avons donc incontestablement un retard. Cette difficulté apparaît dans ce qui est notre vitrine, la centrale de Chooz pour laquelle il a été annoncé que le démantèlement qui était prévu pour débiter assez rapidement serait remis de 50 ans. Pourquoi remet-on de 50 ans ? Je crains que la question ne soit pas seulement d'ordre financier, mais qu'elle cache également une difficulté de l'ordre du savoir-faire. Nous en revenons donc à la question précédente. Une question à laquelle il est très important de répondre. Vous avez raison de rappeler que la problématique ne consiste pas à dire si l'on est pour ou contre le nucléaire : les centrales sont là, il faut en faire quelque chose. Je crois qu'il existe réellement un avenir pour l'industrie du démantèlement. Ce que j'aimerais c'est que nous en soyons les champions. Comment faire pour y arriver ?

Auditeur : Vous pointez une difficulté réelle. Les premières centrales qui sont dites graphite-gaz soulèvent effectivement un certain nombre d'incertitudes quant à leur état. Toutefois, permettez-moi de rappeler qu'il existe

quand même une expérience de démantèlement qui a été menée jusqu'au bout : celle liée aux réacteurs dits expérimentaux, au CEA notamment. Donc le savoir-faire existe, même s'il est vrai qu'il y reste beaucoup à développer. Ce qui est certain, c'est que vu l'ampleur des centrales qu'il y aura à démanteler en France, nous avons intérêt à développer notre savoir-faire.

Auditrice : De multiples compétences doivent effectivement être mobilisées. Nous avons eu le sentiment au travers des échanges que nous avons eus avec de nombreux intervenants qu'il existait quand même certains secteurs sur lesquels la France se trouvait particulièrement bien placée, notamment sur les aspects de simulation et de modélisation. 300 acteurs (plutôt de petites PME) ont ainsi été dénombrés. En se constituant en associations professionnelles, ils pourraient essayer de prendre une part de ce marché. Mais effectivement peut-être faut-il se focaliser sur certaines compétences ?

Auditeur : Nous partageons complètement votre remarque, à savoir qu'il existe de nombreuses incertitudes sur le démontage de la première génération graphite-gaz. Toutefois, ce problème ne concerne que quelques exemplaires de centrales, pas les 58 autres centrales en fonctionnement qui sont des EPR, et dont on nous a expliqué qu'ils avaient été conçus – au moins pour la 2ème génération d'EPR – pour être plus facilement standardisés et donc démantelables. Il semblerait donc quand même que, si on laisse de côté les graphite-gaz, le raisonnement consistant à dire que l'on a la compétence pour démonter reste recevable.

Corinne LEPAGE : Je ne suis pas en train de dire qu'il ne faut pas le faire. La bonne nouvelle est qu'il y a effectivement plus de PWR dans le monde que de graphite gaz. Le marché potentiel est donc considérable. Mais cela signifie qu'il est urgent de se lancer de manière à disposer de la vitrine pour exporter et vendre à l'étranger notre compétence. C'est cela le sujet. Et il n'en demeure pas moins que la plupart de ceux qui ont construit les centrales dans les années 70 sont partis à la retraite. La question qui se pose donc est celle de la transmission de savoir : comment avons-nous été capables de transmettre les connaissances ? Cela reste un sujet majeur. J'ai la faiblesse de penser qu'au-delà de tout ce qui est écrit ou informatisé, le savoir-faire, le vécu dans la construction et le fonctionnement sont extrêmement importants. Si la machine est devenue très importante, la connaissance humaine reste à mes yeux quelque chose d'absolument essentiel, y compris pour le démantèlement.

Auditeur : Concernant ce savoir-faire, il me semble que la perte en ligne a eu lieu au moment de la transition papier numérique. Il y a donc effectivement une culture perdue qu'il faudra retrouver, peut être même dans le cadre d'un travail anthropologique. Pour autant, le savoir-faire technologique aujourd'hui existe bel et bien, comme nous l'ont montré nombre d'intervenants. Nous avons aussi rencontré un grand nombre d'acteurs issus de toutes petites entreprises, de moyennes entreprises ou de très grands groupes qui développent un savoir-faire monétisable autour de la question du démantèlement et qui jouent sur

cette dynamique sur la partie réglementaire. Et j'en arrive à ma question. Plutôt qu'une question de savoir-faire, n'est-ce pas une question réglementaire qui s'est construite au fur et à mesure des années face à une pression de la société civile ? Vous disiez que la question n'est pas de savoir si l'on est pour ou contre. D'accord mais cela ne retire en rien la place de ce que pense la société civile et le regard que porte cette dernière sur le nucléaire de manière général. Derrière, cela ne renvoie-t-il pas une responsabilité sur le pouvoir politique, en termes de transparence ? Ne faut-il pas travailler au développement de la culture scientifique pour faire changer les mentalités de la société civile et donc faciliter le réglementaire ?

Corinne LEPAGE : On pourrait écrire une thèse sur la réglementation du domaine nucléaire. Au départ, tout le droit nucléaire s'est écrit de manière purement réglementaire, sans loi. Tout est parti d'un petit bout de phrase d'une loi de 1961 sur la pollution atmosphérique qui a permis d'aboutir en 1963 à un décret fondant le régime des installations nucléaires de base et qui est lui-même à l'origine de toute la réglementation sur le nucléaire. L'Etat s'est donc arrangé avec lui-même, d'une certaine manière, sans passer par la case politique. La première loi qui a existé dans ce domaine est une loi de 1991 qui ne concernait que les déchets. Une loi que nous avons d'ailleurs beaucoup de mal à appliquer. D'autres lois ont suivi par la suite, la dernière étant la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte. A cela s'est ajouté un aspect communautaire : le traité Euratom de 1958, qui ne dit pas grand-chose de précis, complété par deux directives de 2009 et 2014, de mémoire, qui concernent la sûreté nucléaire. On entre alors dans quelque chose de beaucoup plus précis, avec notamment tout ce qui touche à la sûreté nucléaire dont la Cour de justice européenne a considéré que cela relevait du droit commun communautaire et non pas du droit spécifique nucléaire. Nos questions liées aux déchets sont donc pour partie désormais impactées par une réglementation communautaire qui, certes, n'est pas un modèle de précision mais qui fixe malgré tout quelques règles. Ceci étant, je pense que la question du démantèlement aujourd'hui n'est pas tant réglementaire, dans la mesure où l'on a changé un peu les règles du jeu en séparant la mise à l'arrêt et le démantèlement qui constituaient un tout par le passé. Aujourd'hui, nous avons une réglementation pour la mise à l'arrêt et une réglementation complémentaire pour le démantèlement. Si la réglementation est une bonne chose, encore faut-il la volonté politique d'entrer dans le démantèlement, ce qui, en réalité, pose deux questions : la première est évidemment celle du coût – nous savons tous que le coût du démantèlement a été très sous évalué et qu'il est pour l'instant peu probable qu'EDF dispose des fonds nécessaires pour démanteler quoi que soit, ce qui veut dire que ce sera au contribuable de payer pour démanteler – ; la deuxième question encore plus délicate est liée au fait que nous n'avons pas encore tranché définitivement la question de savoir si nous continuons à construire des centrales nucléaires ou pas ? Si l'on en construit à nouveau, ce sera forcément sur les sites qui existent déjà. La question du démantèlement est donc intimement liée à celle de la création de nouveaux réacteurs nucléaires. Avec une question annexe qui est la suivante : pourrait-on



envisager de nettoyer, de changer le réacteur, mais de garder la structure et d'y placer un autre réacteur qui pourrait repartir pour 50 ans ? Une question qui, politiquement, est tellement brûlante que personne ne prend le risque de la poser aujourd'hui. Donc je veux bien que l'on parle de réglementation, mais je pense que les vrais sujets sont ceux dont je viens de parler.

Auditeur : Je donne maintenant la parole à Dominique DESJEUX.

Dominique DESJEUX : Vous avez produit un rapport formidable sur un sujet très complexe techniquement. Au départ de votre exposé, vous avez présenté la photo d'un château fort que l'on démantèle. C'est là à mon sens une très belle image historique. Suite à l'invention du canon, tous les châteaux forts d'Europe ont du être démantelés, entre le XVI^e siècle et le XVIII^e siècle, et remplacés par des fortifications Vauban. L'image que vous avez utilisée constitue donc une très belle métaphore historique. Or il est toujours intéressant de faire référence à l'histoire pour réaliser que l'on a déjà eu à faire face à telle ou telle situation.



Permettez-moi une deuxième remarque sur la compétition pour l'allocation de la ressource rare qu'est le financement. Nul ne peut nier l'effet ciseaux qui met en compétition deux investissements : un investissement pour produire plus d'énergie renouvelable et un investissement



pour démanteler le nucléaire. Dans cette compétition, qui est en train de gagner aujourd'hui ? La Chine qui est aujourd'hui le numéro 1 en énergie solaire.

Troisième point : l'incitation à démanteler est bien évidemment liée à une forme de volonté politique. Lorsque l'on traite le développement durable, l'une des tendances consiste à dépolitiser le problème en le ramenant souvent à des considérations relatives aux comportements individuels. Or il me semble que le problème principal reste celui de l'arbitrage politique. Il y a 50 ans, ma première enquête portait sur le corps des Mines. Je n'ai rien contre ce corps, je m'étonne simplement que l'on n'en parle jamais. La question que je pose est la suivante : comment mieux intégrer le corps des Mines dans la discussion sur cette compétition entre les énergies alternatives et les énergies nucléaires ?

Dernier point : il est essentiel de mener un travail d'enquête en allant interviewer les personnes qui ont un savoir-faire pour le reconstituer avant qu'il ne se perde. Toutefois sur le nucléaire, plutôt que des anthropologues, il me semble que ce sont des ingénieurs plus jeunes qui sont aujourd'hui à même d'effectuer ce travail.

Pour en savoir plus
www.ihest.fr

Institut des Hautes Études pour la Science et la Technologie
Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et
de la Recherche, 1 rue Descartes
75231 Paris cedex 05, France

L'IHEST est un établissement public à caractère administratif, sous la tutelle des ministères en charge de l'Éducation nationale,
de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et, prestataire de formation enregistré sous le n° 11 75 42988 75.