

**LA COMPATIBILITE DE LA GOUVERNANCE DU  
DEMANTELEMENT DU NUCLEAIRE ET DU REGIME  
CONCURRENTIEL EN EUROPE**

(A paraître dans la Revue de l’Energie, n°551, novembre 2003)

**Flavien TCHAPGA \***

---

\* Flavien TCHAPGA est docteur en économie et chercheur post-doctorant du Groupe Réseaux Jean Monnet / ADIS – Université Paris-Sud (site du groupe : [www.grjm.net](http://www.grjm.net)). Adresse courriel : [tchapga.flavien@wanadoo.fr](mailto:tchapga.flavien@wanadoo.fr).

Je remercie Dominique Finon et le professeur Jean-Michel Glachant pour leurs observations et leurs critiques.

Cet article cherche à évaluer la compatibilité de la gouvernance du démantèlement avec le régime concurrentiel des industries électriques européennes. Le démantèlement se justifie par l'exigence d'internalisation des externalités négatives de la production nucléaire, qui couvrent la radioactivité des équipements nucléaires en fin de vie. Il implique des coûts très éloignés dans le temps par rapport à l'exploitation des équipements puisque le démantèlement intervient de 5 à 80 ans après la fermeture des installations. Cette mise en œuvre repose donc sur l'engagement de l'exploitant à prendre en charge financièrement et techniquement le démantèlement. Cet engagement est formulé dans le cadre législatif de référence du secteur nucléaire (lois atomiques nationales ou autres dispositifs juridiques tels que les décrets comme en Espagne et les conventions comme en Belgique). Il est inscrit dans les licences d'exploitation délivrées par les autorités de contrôle du secteur. Auparavant, dans le cadre du monopole, le financement du démantèlement bénéficiait d'une garantie structurelle. Les exploitants du nucléaire, comme tout producteur d'électricité, bénéficiaient de marchés protégés et de taux de rendement garantis. Les risques de marché et les risques financiers étaient répercutés sur le consommateur. Dans un régime de fonctionnement concurrentiel qu'accompagne aussi le plus souvent une privatisation, cette garantie disparaît, ce qui pose problème.

Deux débats récents viennent de mettre en pleine lumière l'enjeu de consolidation du mode de financement du démantèlement des centrales nucléaires dans un contexte électrique libéralisé. D'une part, lors des discussions sur la nouvelle Directive votée en juin 2003 sur les marchés électriques et gaziers, le débat a porté sur l'usage des provisions de démantèlement des centrales nucléaires dans des investissements industriels où elles risquent de perdre leur valeur. D'autre part la quasi-faillite de l'exploitant nucléaire privé britannique British Energy en 2002 a attiré l'attention sur le risque encouru par la gestion des fonds de démantèlement si elle était trop liée à la santé financière de l'exploitant nucléaire soumis au risque de marché<sup>1</sup>.

La libéralisation pose deux problèmes différents, mais interdépendants pour le financement du démantèlement. Le premier concerne la capacité des exploitants du nucléaire à collecter, dans un contexte de concurrence, les ressources pour le démantèlement futur de leurs installations. Ce problème renvoie à la position concurrentielle des centrales nucléaires existantes sur les marchés électriques. Le

---

<sup>1</sup> Cf. Taylor A, « British Energy faces mushrooming rescue fees », *Financial Times*, June 04, 2003.

second concerne la capacité des modes d'administration des ressources collectées à garantir leur disponibilité et à offrir une protection adéquate. Cette observation justifie un examen de la compatibilité des modèles de gestion des ressources dédiées au démantèlement dans les pays de l'Union.

L'objet de cet article est de dresser un état des lieux de la gouvernance du démantèlement en Europe et d'évaluer la compatibilité des modèles de gouvernance avec le régime concurrentiel des industries électriques, et ce dans leurs dimensions industrielle et financière. L'article est organisé en trois parties. Tout d'abord, on précise ces deux dimensions (I). Ensuite, on met en évidence la diversité des modes de gouvernance en Europe (II). Enfin, on évalue la compatibilité des différents modes de gouvernance avec le régime concurrentiel pour conclure qu'une gestion indépendante des ressources collectées est la seule solution pour assurer la crédibilité de l'engagement des exploitants de démanteler leurs équipements nucléaires.

## **I LES DIMENSIONS INDUSTRIELLES ET DE FINANCEMENT DU DEMANTELEMENT**

La production électronucléaire implique une utilisation de matières radioactives pendant l'exploitation des centrales. Ces matières le restent encore longtemps après la fermeture des installations. Ces installations sont elles-mêmes fortement irradiées en raison de la contamination et de l'activation de certains éléments de leur structure pendant la phase d'exploitation<sup>2</sup>. Leur démantèlement se justifie donc par la nécessité de contrôler la radioactivité et de prévenir les dangers associés (Birraux C., 1999, p. 60). Cette opération est techniquement lourde et financièrement coûteuse. Ainsi, le démantèlement concerne à la fois une opération industrielle spécifique (I-1) et la mobilisation de moyens financiers importants (I-2).

### **I-1 La mission industrielle : le contrôle de la radioactivité**

Le démantèlement concerne l'ensemble des équipements de la filière du nucléaire (les centrales, les usines de retraitement, les mines d'uranium, ...). L'opération de démantèlement consiste à démonter l'outil de production, à traiter l'ensemble de ses

---

<sup>2</sup> La contamination radioactive est due au dépôt de radioéléments du fait de la mise en contact avec le fluide radioactif. L'activation quant à elle signifie qu'un matériau devient radioactif dans sa masse à la suite d'une interaction avec des rayonnements neutroniques (Brigaud O. & Poiret P., 1999, p. 48).

éléments constitutifs, et à assainir le site d'implantation. A la suite du démantèlement, la radioactivité n'est pas éliminée, mais simplement déplacée et confinée, ce qui justifie un allègement du contrôle réglementaire. La mise en œuvre de cette opération repose sur des principes précis de radioprotection, de sûreté et de protection de l'environnement, mais peut faire l'objet de séquences en différentes opérations.

- ***Radioprotection, sûreté et protection de l'environnement***

Les travaux de démantèlement exposent au risque de dispersion de la radioactivité. Ce risque justifie les exigences de radioprotection, lesquelles visent la minimisation des doses de radiations reçues par les travailleurs et le public. La mise en application du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) traduit cette préoccupation. En pratique, ce principe est un critère permettant de choisir entre des solutions techniques alternatives de mise en œuvre du démantèlement (Rémont S. & al., 1998, p. 21).

Le démantèlement fait appel à plusieurs techniques de nature variable. Elles peuvent être chimiques ou mécaniques (la décontamination, le démontage et le découpage) et s'appuient très souvent sur des procédés de commande à distance. Le choix de la technique est dicté par les caractéristiques physiques et radiologiques de la partie de l'ouvrage à traiter (Lecocq P., 1999). Ce choix est soumis à l'appréciation des autorités de sûreté nucléaire qui s'assurent du respect des critères de sûreté requis (exposition des travailleurs, dispersion de la radioactivité, ...).

- ***Les séquences du démantèlement***

D'une manière générale, le délai nécessaire à l'achèvement du démantèlement est important, mais il dépend des réglementations nationales. Ce processus est analysé en fonction d'objectifs intermédiaires à atteindre. Selon la codification de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), le démantèlement comporte trois étapes (ASN, 2001, p. 329) : 1° l'extraction du combustible du cœur des réacteurs et son évacuation du site ; au terme de cette étape, les circuits du réacteur sont vidangés et une surveillance spécifique de l'installation est instaurée ; 2° le stockage des déchets ou scellage des matériaux radioactifs résiduels ; cette étape fait appel à des travaux de confinement de la radioactivité, ce qui justifie une réduction de la surveillance ; 3° la démolition des installations et le déblayage complet du site.

Le délai entre ces différentes étapes est variable suivant les réglementations nationales et en fonction des stratégies de démantèlement en vigueur. La stratégie de démantèlement renvoie à la programmation du démantèlement complet. Elle peut être immédiate ou différée (AEN-OCDE, 2003). Lorsqu'elle est immédiate, le site est réaménagé complètement et affecté à d'autres usages. La programmation différée quant à elle consiste à reporter le démantèlement complet à une date ultérieure, ce qui suppose la mise de l'installation dans un état sûreté satisfaisant. Le tableau 1 présente quelques données de base sur l'organisation de la mission industrielle en Europe.

Tableau 1 : Quelques données de base sur la mission industrielle

| Pays        | Capacité installée (en MW) | Maître d'œuvre du démantèlement | Nombre d'installations en cours ou en attente de démantèlement |        | Programmation du démantèlement complet |   |
|-------------|----------------------------|---------------------------------|--|--------|--|---|
|             |                            |                                 | Réacteurs  | Autres | Immédiate                              | Différée  |
| Allemagne   | 21 283                     | Exploitant                      | 24   | 5      | 12 à 14 ans                            | 40 ans  |
| Belgique    | 5 712                      | Exploitant                      | 1  | 1      | 15                                     | Non définie   |
| Espagne     | 7 524                      | Etat                            | 5  | 0      | Non définie                            |   |
| Finlande    | 2 656                      | Exploitant                      | 0  | 0      | Non définie                            |   |
| France      | 63 000                     | Exploitant                      | 21   | 9      | Non définie                            | 50 ans  |
| Pays-Bas    | 539                        | Exploitant                      | 1  | 0      | Non définie                            |   |
| Suède       | 9 432                      | Exploitant                      | 4  | 1      | Non définie                            |   |
| Suisse      | 3 200                      | Exploitant                      | 0  | 0      | Non définie                            |   |
| Royaume-Uni | 12 252                     | Exploitant                      | 18   | 15     |  | - 80 ans (British Energy)<br>- 135 ans (British Nuclear Fuel) |

Source : à partir de PRIS (Power Reactor Information System), [www.aiea.org](http://www.aiea.org) ; COM (2002) 605 final ; Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (2001) ; Bataille C. & al. (1999).

## I-2 La mission de financement

Le démantèlement est une obligation à laquelle se soumettent les opérateurs de centrales nucléaires. Cette obligation se justifie par les externalités négatives associées aux équipements en fin de cycle de vie. Selon un principe de responsabilité dont relève le principe d'économie publique « pollueur-payeur », les exploitants d'installations électronucléaires doivent prendre en charge les coûts des opérations de démantèlement. A cette fin, les exploitants des installations électronucléaires constituent avec le temps un stock de capital dans lequel ils puiseront le moment venu pour financer le

démantèlement. La mission de financement consiste à évaluer les coûts de démantèlement, à collecter les ressources correspondantes pour abonder le fonds de démantèlement de sorte à ce qu'il assure le moment venu le financement des dépenses, et enfin à assurer la gestion de ce fonds.

- *L'évaluation des coûts*

Le financement du démantèlement des centrales nucléaires est confronté à de fortes incertitudes concernant le niveau des coûts : le nombre d'expériences de démantèlement pour les installations de grande taille est limité et il n'y a pas de standardisation technologique des réacteurs dans beaucoup de pays. Le facteur d'apprentissage peut donc avoir des effets limités. L'incertitude sur les coûts justifie une approche évaluative prudente du montant des ressources financières nécessaires.

Deux séries de facteurs influencent le montant des évaluations auxquelles on parvient. Tout d'abord les facteurs d'ingénierie : la structure physique des réacteurs, les solutions techniques disponibles, l'expérience tirée des opérations de démantèlement, etc ; ensuite, les facteurs réglementaires : la programmation du démantèlement, les normes de radioprotection, etc..

On rencontre deux pratiques en matière d'estimations des coûts de démantèlement : la première consiste à considérer un pourcentage du montant de l'investissement initial (le coût complet de construction des installations). De ce point de vue, on considère que le coût du démantèlement doit se situer dans une fourchette de 15 à 20 % du montant de l'investissement initial<sup>3</sup>. La seconde méthode consiste à fonder les évaluations des coûts sur les connaissances et la technologie disponibles.

L'évaluation des coûts de démantèlement tient donc compte des techniques à mettre en œuvre et des normes à respecter. Or, la technologie peut évoluer, et la

---

<sup>3</sup> En France, les travaux du groupe de travail du Ministère de l'industrie servent de référence en matière d'évaluation des coûts de démantèlement. Sur la base des recommandations de cette Commission, le pourcentage retenu en France a été de 16%, puis de 15% pour tenir compte du développement d'une nouvelle génération de réacteurs électronucléaires. Sur la base du pourcentage de 15%, il apparaît que le coût estimé du démantèlement du parc électronucléaire d'EDF, toute filière technologique confondue, est de l'ordre de 0,24 millions d'euros par MW installé.

Dans un communiqué du 18 mars 2003, EDF a annoncé une dotation de 3 Md€ pour le démantèlement complet de 9 réacteurs (6 graphite gaz, 1 réacteur à eau lourde, 1 réacteur à eau pressurisée et un réacteur à neutrons rapides). Cette dotation indique, indépendamment de la filière des réacteurs, que le coût de démantèlement est en moyenne de 1,3 M€ par MW installé. Ce chiffre est à mettre en rapport avec l'estimation du coût total de démantèlement du parc d'EDF qui indique un coût de 0,24 M€ par MW installé

réglementation aussi. On observe aussi que l'expérience accumulée se limite au démantèlement des réacteurs de petite taille. Il s'ensuit que les évaluations de coûts peuvent s'avérer inadaptées et les provisions incomplètes. Dans ce cas, l'internalisation des externalités sera incomplète (Finon D., 2002, p. 277). Mécaniquement, il se posera la question des coûts non-provisionnés qui relève de ce qu'on dénomme parfois les « coûts cachés » de l'option nucléaire (Rémont S. et al., 1998, p. 11)<sup>4</sup>.

- ***La collecte des ressources***

Il existe deux modes de collecte des ressources, le provisionnement comptable par les opérateurs et l'abondement d'un fonds externalisé. Dans les deux cas, ces ressources sont assises sur les revenus d'exploitation puisque le démantèlement est un poste des coûts de production d'électricité. La collecte progressive se fait au moyen de dotations annuelles aux provisions, alors que la collecte anticipée vers un fonds externalisé repose sur un pré-paiement acquitté par les exploitants. Lorsque le fonds est approvisionné par dotations annuelles, le montant de celles-ci peut être calculé à la valeur courante ou à la valeur actuelle nette (NEA-OCDE, 1996). Ces deux méthodes se distinguent par la période sur laquelle la charge va être étalée. Cette période peut correspondre à la durée d'exploitation du réacteur (méthode de la valeur courante) ou aller au-delà par intégration du délai de programmation des travaux de démantèlement (méthode de la valeur actuelle nette).

Parallèlement, des garanties peuvent être exigées des exploitants afin de couvrir, le cas échéant, la fraction de la charge non encore collectée. De ce fait, les travaux de démantèlement peuvent être financés à tout moment pendant la durée de vie des centrales<sup>5</sup>. On retrouve cette pratique en Finlande, en Suède et en Suisse. En Finlande, la loi prévoit que les garanties exigibles doivent être posées sur des biens immobiliers non nucléaires ou des valeurs mobilières spécifiques. En Suède, le dispositif repose sur deux catégories de garanties. La première couvre les éventuels déficits de financement en cas de fermeture anticipée : pour chaque centrale, le volume optimal de cette garantie

---

<sup>4</sup> La crédibilité des estimations de coûts de démantèlement ne rentre pas dans le cadre de cet article. Simplement, on observera que les estimations peuvent fortement évoluer. La fourchette de 15 à 20% a été modifiée en 1991 par les Etats-Unis qui ont à cette date retenu un pourcentage de 25% (Cf. Power in Europe, 10 octobre 1991). Aujourd'hui, les exploitants américains provisionnent 1\$ pour chaque MWh produit (cf. [www.hoovnews.hoovers.com](http://www.hoovnews.hoovers.com)).

<sup>5</sup> La collecte est liée à la santé économique et financière de l'exploitant. La garantie exigée des exploitants apparaît comme une mesure de précaution destinée à prévenir leur défaillance éventuelle.

correspond au différentiel de provisions restant à constituer au moment où intervient la fermeture de la centrale (*Guarantee 1*). La seconde couvre les éventuels déficits de financement de la gestion des déchets nucléaires d'exploitation courante des centrales (*Guarantee 2*). En Suisse, le dispositif en vigueur est uniquement légal. En effet, l'« *Ordonnance sur le Fonds de gestion des déchets radioactifs provenant des centrales nucléaires* » du 06 mars 2000<sup>6</sup> prévoit que dans une situation de déficit de contribution, l'exploitant concerné doit « s'acquitter de la somme manquante dans les trois ans en versant des acomptes annuels ».

- ***La gestion du fonds***

D'une manière générale, la collecte est effectuée pendant la durée d'exploitation des réacteurs alors que le démantèlement intervient quelques années, voire quelques décennies après leur fermeture. Dans les conditions normales d'exploitation des réacteurs, le démantèlement des installations nucléaires intervient tardivement par rapport au moment de la collecte des ressources. Ce délai est encore plus important lorsqu'on intègre la programmation de l'opération de démantèlement. Dans l'attente de leur affectation au démantèlement, les ressources collectées doivent donc être gérées. Cette gestion consiste à les investir et à assurer leur disponibilité au moment du démantèlement. Cette exigence soulève la question des modes d'administration de ces ressources : la gestion des ressources collectées peut être confiée ou non aux exploitants ; elle peut s'appuyer ou non sur la création d'un fonds spécial externe ou non ; elle peut être encadrée par un dispositif de contrôle spécialisé ou non ; etc.. Le tableau 2 présente quelques caractéristiques de l'organisation de la mission de financement en Europe.

---

<sup>6</sup> Cf [www.admin.ch](http://www.admin.ch)

Tableau 2 : Quelques caractéristiques de base de la mission de financement

| Pays      | Colle<br>cte                     | Mode<br>de<br>constitution<br>des<br>ressources | Type de<br>fonds            | Gestion<br>du fonds              | Dispositi<br>f de contrôle |
|-----------|----------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Allemagne | Explo<br>itant                   | Provisi<br>ons                                  | Fonds<br>interne            | Exploitant<br>s                  | Non<br>spécialisé          |
| Belgique  | Explo<br>itant                   | Provisi<br>ons                                  | Fonds<br>interne            | Exploitant<br>s                  | Non<br>spécialisé          |
| Espagne   | Orga<br>nisme<br>indépendan<br>t | Supplé<br>ment au prix<br>du kWh                | Fonds<br>spécial<br>externe | Organism<br>e<br><br>Indépendant | Spécialis<br>é             |
| Finlande  | Explo<br>itant                   | Pré-<br>paiement +<br>garanties                 | Fonds<br>spécial<br>externe | Organism<br>e<br><br>indépendant | Non<br>spécialisé          |
| France    | Explo<br>itant                   | Provisi<br>ons                                  | Fonds<br>interne            | Exploitant                       | Non<br>spécialisé          |
| Pays-Bas  | Explo<br>itant                   | Provisi<br>ons                                  | Fonds<br>interne            | Exploitant                       | Non<br>spécialisé          |
| Suède     | Explo<br>itant                   | Pré-<br>paiement +<br>garanties                 | Fonds<br>spécial<br>externe | Organism<br>e<br><br>Indépendant | Spécialis<br>é             |
| Suisse    | Explo<br>itant                   | Pré-<br>paiement +<br>garanties                 | Fonds<br>spécial<br>externe | Organism<br>e indépendant        | Spécialis<br>é             |

|                 |                |                |   |   |                   |
|-----------------|----------------|----------------|---|---|-------------------|
| Royaume-<br>Uni | Explo<br>itant | Provisi<br>ons | Fonds<br>externe<br>(British<br>Energy)<br>Fonds<br>interne<br>(BNFL) | Indépenda<br>nte<br>(British<br>Energy)<br>Exploitant<br>(BNFL) | Non<br>spécialisé |
|-----------------|----------------|----------------|---|---|-------------------|

Source : à partir de CREG (2001) ; COM (2002) 605 final

## II LES MODES DE GOUVERNANCE DU DEMANTELEMENT

La gouvernance du démantèlement consiste à organiser l'exécution de la mission de démantèlement et celle de financement. Ces deux objectifs sont à la base de la conception du dispositif de gouvernance du démantèlement (II-1). Les réponses envisageables pour chacun de ces objectifs ne sont pas nécessairement identiques et les dispositifs n'ont pas de propriétés uniformes (II-2).

### II-1 Le *design* des dispositifs de gouvernance

Le *design* de la gouvernance du démantèlement revient, pour chacune des missions qui caractérise cette opération, à en désigner le responsable, à encadrer son comportement par des règles, à aménager des dispositifs de contrôle et éventuellement de précaution.

#### - *L'allocation des responsabilités*

La mise en œuvre du démantèlement nécessite au préalable de désigner un responsable d'exécution de la mission industrielle et un responsable d'exécution de la mission de financement. Le responsable de la mission industrielle est le maître d'œuvre du démantèlement (responsabilité technique). Quant au responsable de la mission de financement, il gère le fonds de démantèlement et effectue des décaissements pour financer les opérations en cours. Du point de vue de l'organisation de ces deux missions, la question est de savoir si ces deux responsabilités doivent être conduites de manières unifiée ou séparée et par quels acteurs (exploitants, structure *ad hoc*

indépendante des exploitants). A priori, il n'y a pas de schéma optimal d'allocation de ces responsabilités, car il dépend du régime d'organisation industrielle de l'industrie

- *L'encadrement de l'exécution des missions*

L'exécution de la mission industrielle et celle de financement pose la question de la définition des protocoles d'actions, des normes à respecter, etc. Cette définition revient aux pouvoirs publics qui délimitent par ce biais le champ des comportements dans un sens favorable à l'efficacité du démantèlement.

De ce point de vue, les deux missions n'ont pas toujours reçu la même attention dans les réglementations nationales. En effet, la mission industrielle fait l'objet d'une codification extrêmement précise et sa mise en œuvre est soumise à un contrôle serré des autorités de sûreté nucléaire (AEN-OCDE, 2003). En matière de financement en revanche, la base réglementaire commune à tous les pays concerne la définition des règles d'estimation de la charge financière du démantèlement et celles de collecte des ressources financières<sup>7</sup>. Mais les modalités d'administration des ressources collectées ne font pas partout l'objet de prescriptions particulières. Le périmètre de l'encadrement des comportements du gestionnaire du fonds de démantèlement est donc variable d'une réglementation à une autre.

- *Les dispositifs de contrôle*

La définition des règles de comportement pose la question des dispositifs prévus pour s'assurer du respect des prescriptions : c'est la question du contrôle. Le souci de transparence dans la gestion des fonds de démantèlement justifie la définition de dispositifs de contrôle et d'évaluation. Les départements ministériels ou les organismes du secteur nucléaire agissant au nom de l'Etat<sup>8</sup> forment l'ossature du contrôle et

---

<sup>7</sup> Cette base commune consiste à définir les obligations des exploitants à travers la mise en application du principe « pollueur-payeur ». Dans la pratique, cette mise en application peut se faire directement par la loi, ou par le biais des licences d'exploitation (AEN-OCDE, 1996, p. 29 ; 2002, p. 29).

<sup>8</sup> Il s'agit : de la Direction Générale des Matières Premières (DGEMP) en France ; du « department of Trade & Industry » (DTI) au Royaume-Uni ; de l'Office Fédérale de l'Energie (OFEN) en Suisse ; du SKI (Swedish Nuclear Power Inspectorate) en Suède ; du Ministère du commerce et de l'industrie en Finlande ; du Ministère fédéral de l'environnement (BMU) en Allemagne ; de l'organisme de gestion des déchets radioactifs (ONDRAF) en Belgique ; le ministère de l'industrie en Espagne.

influencent la nature spécialisée ou non des dispositifs complémentaires. Lorsque le contrôle est exercé par un organisme spécialisé, celui-ci bénéficie d'une base légale qui autorise des prescriptions / proscriptions d'actions dans la gestion des provisions. Le contrôleur influence les choix de gestion *ex ante* et les évalue *ex post*. En revanche, le contrôle par un organisme non spécialisé est exercé uniquement *ex post*. De fait, le contrôleur a peu d'influence sur les choix de gestion des fonds de démantèlement.

La définition des dispositifs de contrôle et de précaution revient aux pouvoirs publics. Là aussi, il n'y a pas une uniformité des prescriptions. Le tableau 3 présente l'organisation du contrôle de la gestion des fonds de démantèlement en Europe.

Tableau 3 : Les formes de contrôle de la gestion des fonds de démantèlement

| Pays      | Gestion du fonds      | Contrôle de la gestion |                    |
|-----------|-----------------------|------------------------|--------------------|
|           |                       | Dispositif de contrôle | Type de contrôle   |
| Allemagne | Exploitants           | Non spécialisé         | Ex post            |
| Belgique  | Exploitants           | Non spécialisé         | Ex post            |
| Espagne   | Organisme indépendant | Spécialisé             | Ex ante et ex post |
| Finlande  | Organisme indépendant | Spécialisé             | Ex ante et ex post |
| France    | Exploitant            | Non spécialisé         | Ex post            |
| Pays-Bas  | Exploitant            | Non spécialisé         | Ex post            |
| Suède     | Organisme indépendant | Spécialisé             | Ex ante et ex post |

|                 |   |                |                    |
|-----------------|---|----------------|--------------------|
| Suisse          | Organisme<br>indépendant                              | Spécialisé     | Ex ante et ex post |
| Royaume-<br>Uni | Indépendante<br>(British Energy)<br>Exploitant (BNFL) | Non spécialisé | Ex post            |

Source : à partir de CREG (2001) ; COM (2002) 605 final

En définitive, pour caractériser la gouvernance du démantèlement, il faut tout d'abord préciser l'allocation des responsabilités d'exécution des missions industrielle et de financement. Il faut ensuite identifier les règles d'encadrement de cette exécution. Il faut enfin s'intéresser aux dispositifs prévus en matière de contrôle et éventuellement de précaution. Ces axes d'analyse prédisposent à une diversité des *designs*.

## II-2 La variété des dispositifs européens

Les dispositifs européens de gouvernance du démantèlement se distinguent d'une part par la modalité (séparée ou unifiée) de gestion du volet industriel et du volet financier du démantèlement et, d'autre part, par l'allocation des responsabilités (exploitants ou structure indépendante). La combinaison des ces deux dimensions du *design* permet de mettre en évidence trois modalités de gouvernance du démantèlement dans les pays de l'Union (cf. tableau 4). La situation de transition dans laquelle se trouve le Royaume-Uni ne permet pas le classement de ce pays.

**Tableau 4 : L'allocation des responsabilités du démantèlement en Europe**

|                           |   | Mission industrielle de démantèlement   |   |
|---------------------------|---|---|---|
|                           |   | Délégée aux exploitants   | Délégée à une entité publique <i>ad hoc</i> |
| Mission de<br>financement | Délégée aux<br>exploitants                      | Allemagne<br>Belgique<br>France<br>Pays-Bas<br>Royaume Uni (BNFL)<br>avant 2002 | -   |
|                           | Délégée aux<br>exploitants avec<br>fonds séparé | Royaume Uni (British Energy)<br>avant 2002                                      |   |

|  |   |                             |                                |
|--|---|-----------------------------|--------------------------------|
|  | <b>Déléguée à une entité publique <i>ad hoc</i></b> | Finlande<br>Suède<br>Suisse | Espagne<br>Royaume Uni en 2003 |
|--|---|-----------------------------|--------------------------------|

- ***Le modèle de la gouvernance unifiée et déléguée aux exploitants***

Dans ce modèle, la responsabilité industrielle et celle de financement du démantèlement sont déléguées aux exploitants. Ceux-ci collectent individuellement les ressources financières et en assurent la gestion. Ils sont responsables des décaissements pour financer les opérations de démantèlement qu'ils engagent en se conformant à la réglementation technique en vigueur. On rencontre cette forme d'organisation en Allemagne, en Belgique, en France et aux Pays-Bas. Ce modèle est représentatif de l'organisation antérieure pour l'exploitant public britannique British Nuclear Fuel (BNFL).

- ***Le modèle de la gouvernance séparée avec coexistence de deux formes de délégation***

Cette forme d'organisation se caractérise par la délégation de la responsabilité du démantèlement aux exploitants, la délégation de la responsabilité de financement à une entité *ad hoc* indépendante des exploitants. Dans ce modèle, les exploitants interviennent en tant que maître d'œuvre du volet industriel. Mais l'organisation de la mission de financement permet de distinguer deux variantes. En effet, le volet financier du démantèlement incombe à l'entité *ad hoc*, qui peut être une entreprise privée indépendante de l'exploitant (le *Nuclear Decommissioning Fund* de *British Energy*) ou un organisme public qui centralise l'ensemble des ressources collectées<sup>9</sup>. Il revient à cette entité de gérer le fonds et d'effectuer des décaissements pour financer les travaux de démantèlement engagés par les exploitants. On rencontre ce modèle en Suède, en Finlande et en Suisse. Ce modèle se caractérise aussi par des mesures de sauvegarde, en l'occurrence les garanties exigées des exploitants.

- ***Le modèle de la gouvernance unifiée et déléguée à une structure *ad hoc* indépendante***

---

<sup>9</sup> Le *Nuclear Waste Management Fund* en Finlande, le *Board of Nuclear Waste Fund* en Suède, le Fonds de désaffectation des installations nucléaires et le Fonds de gestion des déchets radioactifs en Suisse.

Ce modèle repose sur un fonds unique géré par un organisme public. Celui-ci endosse la responsabilité technique du démantèlement et la responsabilité de financement de cette opération. La spécificité de ce modèle concerne l'externalisation et la délégation des deux volets du démantèlement à un organisme public. Les exploitants n'ont pas accès aux ressources financières, ni en tant que collecteur, ni en tant que gestionnaire. Ils ne sont pas non plus maître d'œuvre du démantèlement. On rencontre ce modèle en Espagne où l'entreprise publique ENRESA gère le fonds abondé par les ressources collectées par la CNE (Comision Nacional de Energia). Au Royaume Uni ce modèle vient d'être implanté depuis juillet 2002 avec l'externalisation et la délégation du démantèlement au *Nuclear Decommissioning Authority* (NDA), un organisme public indépendant des exploitants (qui est l'ex-LMA le *Liabilities Management Authority*)<sup>10</sup>.

### **III LA COMPATIBILITE DE LA GOUVERNANCE DU DEMANTELEMENT AVEC LE REGIME CONCURRENTIEL**

Au sein de l'Union européenne, 8 pays disposent actuellement d'une industrie électronucléaire<sup>11</sup>. La libéralisation des industries électriques nationales en introduisant la concurrence et en privatisant les firmes modifie l'environnement des acteurs du nucléaire civil de trois façons : en créant un risque vis-à vis de la possibilité de provisionner, en rendant les opérateurs vulnérables à l'évaluation de leurs performances par les marchés financiers et en créant un risque sur l'usage des provisions. Nous revenons d'abord sur les difficultés économiques et financières de *British Energy* qui pose le problème de la gouvernance du démantèlement dans sa dimension financière(III-1). On examine ensuite comment les dispositifs de gouvernance offrent une protection satisfaisante des ressources destinées à la financer (III-2).

#### **III-1 Les leçons à tirer des difficultés de *British Energy***

Dans un régime de fonctionnement concurrentiel, la limitation du risque de marché disparaît. Les exploitants nucléaires ne bénéficient plus de marchés protégés et de taux de rendement garantis, par la possibilité de répercussion des risques de marché

---

Cf. DTI (2002), *Managing the Nuclear Legacy : a strategy for action*; « UK Decommissioning Body 'first of kind' in Europe », The World's Nuclear News Agency, *News* n° 134, 1 April 2003; *Platts*, June 24, 2003

<sup>11</sup> En 2002, 41% de l'approvisionnement électrique de ces pays a été d'origine nucléaire (Eurostat, 2003 ; [www.aiea.org](http://www.aiea.org)).

et les risques financiers sur le consommateur. L'impact des difficultés économiques et financières de *British Energy* sur le financement du démantèlement apparaît comme une conséquence du nouveau mode d'organisation du secteur et du dispositif de financement du démantèlement de cet acteur.

- ***La fin de la stabilité structurelle des cash-flows***

Au début des années 1990, la Grande-Bretagne avait engagé la réforme de son industrie électrique. Dans la première phase de cette réforme, le marché de gros du *pool* était obligatoire et seuls les moyens et gros consommateurs pouvaient choisir leur fournisseur. Depuis 1998-1999, période d'instauration de la concurrence de détail, tous les consommateurs peuvent choisir leur fournisseur. Une autre étape de cette réforme a été franchie en 2001 avec le remplacement du *pool* centralisé et obligatoire par le NETA. Cette nouvelle forme d'organisation décentralise le fonctionnement du marché électrique et expose davantage les électriciens à la sanction du marché.

Les évaluations des effets de la nouvelle forme de concurrence dans l'industrie électrique britannique montrent une baisse importante des prix de gros et des prix industriels et commerciaux. En 2002 par exemple, le niveau moyen de prix de gros était de 20 €/MWh, soit une baisse de plus de 40% par rapport à son niveau de 1999 (*Financial Times*, 08/01/03). Dans ces nouvelles conditions, les électriciens dont l'insertion dans le secteur s'est appuyée sur le modèle d'activité sans portefeuille-client ont été particulièrement vulnérables. La conséquence immédiate de cette baisse des prix a été une vague de dépréciations d'actifs électriques et de faillites de producteurs non intégrés en aval intervenues en 2001 et 2002<sup>12</sup>.

*British Energy*, l'exploitant de la majorité des centrales nucléaires, affiche en 2002/03 des pertes de 4 353 M£, et annonce une dépréciation de l'ensemble de ses actifs<sup>13</sup> de 3 738 M£ pour une valeur de 4 400 M£, avec 124 M£ correspondant à la

---

<sup>12</sup> Les *merchant generators* (producteurs sans intégration de la fourniture) et les *merchant plants* (production sans contrat de long terme) ont été les plus concernés. La particularité de ces modèles d'activité est de ne pas disposer d'actifs en distribution (comme c'est le cas des américains AES, AEP ; et du britannique International Power, ...). RWE et E.ON ont aussi déprécié leurs filiales britanniques (Cf. *Financial Times* du 01 et du 14 mars 2003).

<sup>13</sup> Les actifs électriques domestiques de *British Energy* s'élèvent à 10 992 MW installés dont 9 560 MW nucléaires. Le parc électronucléaire britannique a une capacité installée de 12 252 MW ([www.aiea.org](http://www.aiea.org)).

perte de valeur du *Nuclear Decommissioning Fund*<sup>14</sup>. Le dispositif prévu pour financer le démantèlement de ses installations est gravement affecté.

- *Les impacts sur la collecte de fonds du démantèlement*

Lors de la privatisation des centrales ‘rentables’ du parc électronucléaire britannique, l’organisation de la gestion des provisions pour démantèlement de ces centrales avait été réformée. La modification introduite avait consisté à créer un fonds dédié, le *Nuclear Decommissioning Fund*, géré de manière indépendante par rapport à l’exploitant de ces centrales *British Energy*<sup>15</sup>. Il était prévu que les ressources de ce fonds couvriraient les étapes 2 et 3 du démantèlement et que l’étape 1 serait financée par les résultats d’exercice de l’exploitant. Le fonds séparé de *British Energy* de 3,7 Md£ était destiné à couvrir les charges futures de cet exploitant évaluées à 12,9 Md£, compte tenu de l’éloignement de l’horizon du démantèlement au Royaume Uni (Mackerron et al., 2000, p. 334).

A la création du *Nuclear Decommissioning Fund*, trois modalités d’alimentation de ce fonds avaient été prévues : 1° une dotation initiale de 228 M£ versée par l’Etat britannique ; 2° le versement annuel par *British Energy* de 16 M£ au fonds jusqu’en 2006, avec, au-delà, des contributions annuelles modulées par rapport à l’activité jusqu’en 2035, le total devant se situer dans une fourchette de 250 à 300 M£ ; 3° les recettes du placement des ressources « libres », au sens où, étant en attente de leur affectation au démantèlement, elles seraient rémunérées à un taux d’intérêt de 3% sur une période d’environ 80 ans, délai de programmation du démantèlement complet. Il était ainsi prévu qu’une bonne partie des ressources du *Nuclear Decommissioning Fund* (environ 3 172 à 3 222 M£) proviendrait des rendements des placements des ressources « libres » du fonds (Mackerron & al. 2000).

Au regard des difficultés de *British Energy*, il apparaît déjà que cet exploitant n’aurait pas pu financer, le cas échéant, le stade 1 du démantèlement ces deux dernières années si des centrales avaient fermé, compte tenu des pertes de 493 M£ en 2001/2002 et de 4353 M£ en 2002/2003<sup>16</sup>. Ces pertes posent aussi la question de la capacité de cet

---

<sup>14</sup> Cf. *British Energy* (2003), 2002/2003 Preliminary results..

<sup>15</sup> Le *Nuclear Decommissioning Fund* est dirigé par un conseil de 5 administrateurs (*trustees*), dont 2 sont désignés par *British Energy* et 3 par le Secrétaire d’Etat à l’Energie (CREG, 2001, p. 51).

<sup>16</sup> *Ibidem*.

exploitant à honorer l'engagement de 16 M£ de versement annuel au fonds de démantèlement. De plus ce fonds, le *Nuclear Decommissioning Fund*, a connu une perte de valeur de 124 M£ (de 458 à 334 M£). En même temps la dégradation des performances économiques de *British Energy* s'est traduite par une correction sévère de sa valorisation boursière qui est passée de 5 300 M£ en 1999 à 27 M£ au 3 juin dernier<sup>17</sup>.

De telles performances affectent inévitablement la collecte des ressources destinées au démantèlement qui dépend des revenus d'exploitation. De plus, vu le risque de faillite, la protection des ressources collectées n'est plus assurée.

### **III-2 La compatibilité concurrentielle des dispositifs européens de gouvernance du démantèlement**

Depuis la première Directive sur les marchés électriques de 1996, l'industrie électrique européenne est engagée dans un mouvement profond de libéralisation avec création de marchés électriques concurrentiels. Une nouvelle accélération de ce mouvement se produira en 2003-2004 avec l'éligibilité de tous les consommateurs professionnels (environ 60% de la demande), puis en 2007 où tous les consommateurs seront éligibles à la concurrence. Ce régime de fonctionnement complètement décentralisé pose la question de la compatibilité concurrentielle de l'organisation du financement du démantèlement. Nous présentons l'intérêt de la compatibilité concurrentielle et nous évaluons sous cet angle les modèles européens.

#### **- *Les fondements de la compatibilité concurrentielle***

Le démantèlement est une opération obligée. A ce titre, il doit être soutenu par des dispositifs de financement qui garantissent la disponibilité des ressources collectées. Cette disponibilité a pour déterminants le mode d'administration des ressources collectées et bien sûr, les conditions de gestion de ces ressources (contrôle, prescription, ...). Par compatibilité des modèles de gouvernance du démantèlement avec le régime concurrentiel, on entend donc la capacité du fonctionnement de ces modèles à garantir, dans le régime des marchés électriques concurrentiels, la disponibilité des ressources

---

<sup>17</sup> Cf. *Financial Times* du 04 juin 03 déjà cité.

dédiées au démantèlement, c'est-à-dire la stabilité de sa collecte et la pérennité des fonds. Trois arguments justifient l'analyse de cette compatibilité concurrentielle .

Les modèles européens actuels de gouvernance du démantèlement ont été conçus dans un contexte où le statut de monopole des opérateurs et le régime public de la propriété assuraient leur bouclage et leur pérennité. Il n'est plus sûr que ce bouclage soit systématique dans le contexte de restructuration du secteur électrique européen .

Ensuite le nouvel environnement des acteurs du nucléaire civil est caractérisé par leur privatisation d'un côté et par les marchés concurrentiels de l'autre. Cet environnement implique que les entreprises sont exposées à la volatilité des marchés électriques pour la stabilité de leurs recettes, et de la sanction des marchés des capitaux pour leur viabilité financière. Le risque de volatilité et l'éventualité de cette sanction fait peser une incertitude sur le mécanisme de financement du démantèlement pour la collecte des provisions et pour la stabilité leur placement industriel ou financier ;

Enfin la financiarisation des placements ou l'usage de provisions dans des investissements potentiellement risqués ajoutent un risque supplémentaire. En cas de défaillance, le financement du démantèlement devra être assuré par le recours au contribuable ou au consommateur futur. Ce report de charge serait injustifié, puisque les sommes correspondantes ont été déjà acquittées (Cour des Comptes, 1999).

Les dispositifs de gouvernance doivent résister d'un côté à la volatilité des marchés électriques et, de l'autre, à l'instabilité des marchés boursiers et au risque des placements industriels. En régime concurrentiel le démantèlement ne doit pas déroger au principe « pollueur-payeur ».

#### - *Une évaluation de la compatibilité concurrentielle des différents modèles européens*

D'une manière générale, les ressources financières dédiées au démantèlement proviennent de deux sources. Une fraction du revenu d'exploitation constitue la première source. La seconde source d'approvisionnement du fonds de démantèlement est le rendement de ce placement<sup>18</sup>. La portion « libre » de cette fraction (au sens défini précédemment) est placée par le gestionnaire du fonds de démantèlement qui peut être soit l'exploitant, soit un organisme indépendant. Du point de vue de l'analyse de la

---

<sup>18</sup> Le poids de chacune de ces composantes dans la valeur du fonds est déterminé ex ante par le niveau du taux d'actualisation, lequel est supposé représenter le taux réel de rentabilité financière à long terme (AEN-OCDE, 1996, p. 35). Dans certains modèles, ces deux composantes sont couvertes par des garanties exigées des exploitants.

disponibilité des ressources collectées, c'est l'organisation du placement de ces ressources qui présente un intérêt. Cette disponibilité suppose certaines propriétés des dispositifs de gouvernance pour qu'il y ait compatibilité concurrentielle. Celle-ci est intimement liée à la capacité des modèles à transformer les placements (actifs industriels ou financiers) en liquidités dans l'éventualité du financement du démantèlement. Elle dépend alors de deux variables. La première est la conjoncture économique et boursière qui est une variable exogène. La seconde est le mode d'administration des ressources dédiées au démantèlement qui est la seule variable à présenter ici un intérêt pour l'analyse.

Dans un contexte d'incertitude, la plus ou moins grande exposition au risque dépend des propriétés du mode d'administration des ressources dédiées au démantèlement : la transparence et la prudence dans la gestion des ressources collectées et la protection de ces ressources vis-à-vis de la situation économique et financière de l'exploitant. De ce point de vue les modèles de gouvernance en Europe n'offrent pas le même degré de compatibilité concurrentielle.

- ***Le modèle de gouvernance unifiée et déléguée aux exploitants : une faible compatibilité concurrentielle***

Dans ce modèle, les ressources collectées par les exploitants alimentent un fonds interne. La gestion de ce fonds peut bénéficier d'une séparation comptable par rapport à la gestion des autres aspects de l'activité de l'exploitant (cas du *Nuclear Decommissioning Fund de British Energy avant 2002*), ce qui introduit une certaine transparence dans son utilisation. Cette gestion peut aussi ne pas être séparée comptablement (Allemagne, Belgique, France, Pays-Bas, BNFL au Royaume-Uni). Dans ce cas, la gestion du fonds de démantèlement n'est pas isolée du reste de l'activité des exploitants. Les exploitants portent ainsi les ressources collectées au passif de leur bilan (provisions). D'un point de vue comptable, ces ressources sont assimilées à des éléments de trésorerie. L'exploitant en assure alors directement l'accumulation, pour partie en les investissant dans des portefeuilles d'actifs dédiés<sup>19</sup>, et pour partie en les transformant à moyen ou à long terme en fonds propres par acquisition d'actifs industriels.

---

<sup>19</sup> C'est le cas du portefeuille TIAP (Titres Immobilisés de l'Activité de Portefeuille) d'EDF.

L'organisation du contrôle de cette gestion est moins élaborée. Le contrôle est assuré *ex post* par un organisme non-spécialisé et par conséquent sous-informé, notamment en ce qui concerne les choix d'investissement de l'exploitant. Il s'agit par exemple de la Cour des Comptes en France et en Belgique, ou encore des certificateurs indépendants du *National Audit Office* au Royaume-Uni. Il s'en suit que la visibilité des ressources pour le démantèlement est de fait réduite à la valeur des portefeuilles dédiés qui souvent représente un faible pourcentage de la valeur comptable des sommes collectées<sup>20</sup>. L'identification du reste des ressources collectées suppose qu'on dispose d'informations permettant une « déconstruction » de l'actif du bilan de l'exploitant. Ce mode de gestion implique aussi qu'en cas de retournement conjoncturel, la valeur des actifs issus de l'emploi des provisions dédiées au démantèlement serait affectée. De plus dans un contexte de concurrence, la tendance à la baisse des prix influence la valeur actualisée des cash-flows futurs, c'est-à-dire la valeur économique des actifs<sup>21</sup>. Enfin en cas de faillite de l'exploitant, il apparaît clairement que les ressources dédiées au démantèlement ne bénéficient d'aucune protection. Le degré de compatibilité concurrentielle de ce modèle est donc faible.

○ ***Les modèles de gestion indépendante du fonds : une compatibilité concurrentielle forte***

Dans ces modèles, il y a cantonnement de la gestion des ressources collectées de l'activité de l'exploitant. Que la collecte soit effectuée par les exploitants (Finlande, Suède) ou par un organisme public comme en Espagne, les ressources sont transférées à un organisme indépendant, généralement de statut public, qui en assure la gestion en toute transparence. En effet, les choix de gestion de cet organisme sont validés *ex ante* et évalués *ex post* par un organisme spécialisé. Ces principes de gestion assurent une bonne visibilité des ressources collectées pour le démantèlement. De même, l'externalisation de la gestion empêche toute influence de la détérioration de la situation économique et financière de l'exploitant sur les ressources collectées. La compatibilité

---

<sup>20</sup> Dans le cas d'EDF, la valeur comptable des actifs dédiés, y compris le portefeuille TIAP, était de 1 585 M€ au 31 décembre 2001. Ce montant est à comparer au solde, à la même date, de l'ensemble des provisions collectées par cet exploitant. Ce solde était de 27 260 M€ répartis entre le démantèlement et la gestion du combustible (cf. Rapport annuel 2001 d'EDF).

<sup>21</sup> Il est généralement considéré qu'un basculement des choix d'investissement vers des placements moins risqués au fur et à mesure qu'on s'approcherait de la date de démantèlement prévu permettrait de limiter le risque de transformation. Implicitement, cette solution suppose une conjoncture économique et boursière favorable.

concurrentielle de ces modèles peut être considérée comme satisfaisante. Elle l'est d'autant plus qu'en Finlande et en Suède, une garantie est exigée des exploitants pour prévenir une éventuelle faillite.

## CONCLUSION

Les dispositifs de gouvernance du démantèlement ont été conçus dans un contexte de monopole. Ce contexte assurait leur bouclage et leur pérennité. Tel n'est plus le cas aujourd'hui avec la restructuration des secteurs électriques nationaux, l'introduction de la concurrence affectant le mécanisme de financement du démantèlement. Dans ce nouveau contexte, l'examen de la compatibilité concurrentielle des différents modèles conduit à conclure à une compatibilité forte lorsque la gestion du fonds de démantèlement est indépendante de l'activité de l'exploitant. Dans le contexte de marchés électriques concurrentiels, l'indépendance de la gestion du fonds améliore la crédibilité de l'*engagement* de démanteler.

## BIBLIOGRAPHIE

- AEN-OCDE (1996), *Les charges financières futures liées aux activités nucléaires*, OCDE, Paris.
- AEN-OCDE (2000), *L'énergie nucléaire face à la concurrence sur les marchés de l'électricité*, OCDE, Paris.
- AEN-OCDE (2002), *Déclassement et démantèlement d'installations nucléaires. Etat des lieux, démarches, défis*, OCDE, Paris
- AEN-OCDE (2003), *Les autorités de sûreté face au démantèlement des réacteurs nucléaires*, OCDE, Paris
- ASN (2001), *La sûreté nucléaire en France*, Rapport annuel.
- Bataille C. & Galley R. (1999), *L'aval du cycle nucléaire, tome 2 : les coûts de production de l'électricité*, Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques.
- Birraux C. (1999), « Le démantèlement des installations nucléaires », *Annales des mines*, n°14, avril.
- Brigaud O. & Poiret P. (1999), « Quelle stratégie pour le démantèlement des réacteurs nucléaires ? Approche critique de la politique d'EDF », *Annales des mines*, n° 14, avril.
- CCE (2002), *La sûreté nucléaire dans le cadre de l'Union européenne*, COM (2002) 605 final.
- CEA (2002), *Les centrales nucléaires dans le monde*, ENELUC, édition 2002.

- Charpin J-M. & al. (2000), *Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire*, Rapport au Premier ministre, Commissariat au plan.
- Chevalier J-M. (2003), *La difficile question du financement du nucléaire*, Document de travail, CGEMP, Université Paris-Dauphine.
- EDF (2003), *La déconstruction des centrales nucléaires*, Dossier de presse, 18 mars.
- Finon D. (2002), « The mitigation of the French nuclear option : new industrial realism and technical democracy », *Energy and environment*, Vol 13, n°2.
- Lecocq P. (1999), « Démantèlement et déconstruction des centrales nucléaires. La stratégie d'EDF », *Annales des mines*, n° 14, avril.
- Mackerron G. & Sadnicki M. (2000), “Sustainability and nuclear liabilities”: in Mackerron G. & Pearson P. (eds.), *The international energy experience: Markets, Regulation and Environment*, Imperial College Press, London.
- Rémont S. et al. (1998), *Le démantèlement des installations nucléaires. Contexte et enjeux technico-économiques en France, en Allemagne et aux Etats-Unis*, Les Presses de l'Ecole des Mines, Paris.