

Démantèlement des centrales nucléaires

Politiques, stratégies et coûts



ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

En vertu de l'article 1^{er} de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que les pays non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les pays Membres originaires de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants sont ultérieurement devenus Membres par adhésion aux dates indiquées ci-après : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971), la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), le Mexique (18 mai 1994), la République tchèque (21 décembre 1995), la Hongrie (7 mai 1996), la Pologne (22 novembre 1996), la Corée (12 décembre 1996) et la République slovaque (14 décembre 2000). La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE (article 13 de la Convention de l'OCDE).

L'AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1^{er} février 1958 sous le nom d'Agence européenne pour l'énergie nucléaire de l'OECE. Elle a pris sa dénomination actuelle le 20 avril 1972, lorsque le Japon est devenu son premier pays Membre de plein exercice non européen. L'Agence compte actuellement 27 pays Membres de l'OCDE : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe également à ses travaux.

La mission de l'AEN est :

- d'aider ses pays Membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques ; et
- de fournir des évaluations faisant autorité et de dégager des convergences de vues sur des questions importantes qui serviront aux gouvernements à définir leur politique nucléaire, et contribueront aux analyses plus générales des politiques réalisées par l'OCDE concernant des aspects tels que l'énergie et le développement durable.

Les domaines de compétence de l'AEN comprennent la sûreté nucléaire et le régime des autorisations, la gestion des déchets radioactifs, la radioprotection, les sciences nucléaires, les aspects économiques et technologiques du cycle du combustible, le droit et la responsabilité nucléaires et l'information du public. La Banque de données de l'AEN procure aux pays participants des services scientifiques concernant les données nucléaires et les programmes de calcul.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne, avec laquelle un Accord de coopération est en vigueur, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine de l'énergie nucléaire.

© OCDE 2003

Les permissions de reproduction partielle à usage non commercial ou destinée à une formation doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France. Tél. (33-1) 44 07 47 70. Fax (33-1) 46 34 67 19, pour tous les pays à l'exception des États-Unis. Aux États-Unis, l'autorisation doit être obtenue du Copyright Clearance Center, Service Client, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, ou CCC Online : <http://www.copyright.com/>. Toute autre demande d'autorisation ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée aux Éditions de l'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

AVANT-PROPOS

Cette publication est une contribution aux activités de l'AEN dans le domaine du démantèlement. Elle met l'accent sur les questions intéressant les décideurs des pouvoirs publics et de l'industrie, venant ainsi en complément d'autres ouvrages de l'Agence consacrés aux aspects techniques et réglementaires du démantèlement.

Le rapport donne un aperçu des politiques, des stratégies et des coûts de démantèlement dans les 26 pays qui ont participé à l'étude. Il présente des estimations de coûts fournies par des experts d'agences gouvernementales et de l'industrie impliqués dans les activités de démantèlement. Ces estimations, fournies pour un grand nombre de centrales nucléaires, de types et de tailles différents, implantées sur des sites divers, sont analysées afin d'identifier en particulier les raisons de leur variabilité.

L'étude a été menée par un groupe d'experts des pays membres et d'organisations internationales sous l'égide de trois comités de l'AEN : le Comité chargé des études techniques et économiques sur le développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible (NDC), le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) et le Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC). Le Groupe de travail du RWMC sur le déclassement et le démantèlement a contribué à l'élaboration du rapport par des commentaires très utiles. L'étude a également bénéficié de la participation de représentants de pays non membres invités par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Cette étude reflète les points de vue des experts qui y ont participé mais pas nécessairement ceux de leurs organisations d'origine ni des gouvernements de leurs pays respectifs. Le rapport est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| Avant-propos | 3 |
| Note de synthèse | 9 |
| 1. Introduction | 13 |
| Définitions..... | 14 |
| Objectifs de l'étude..... | 15 |
| Portée de l'étude | 15 |
| Méthode de travail..... | 16 |
| Autres activités internationales pertinentes..... | 17 |
| 2. Politiques et stratégies de démantèlement | 23 |
| Politique de démantèlement | 23 |
| Stratégies de démantèlement..... | 34 |
| 3. Estimation des coûts du démantèlement et modes de financement | 49 |
| Eléments des estimations de coûts du démantèlement..... | 50 |
| Méthodes de calcul des coûts..... | 52 |
| Financement | 53 |
| 4. Données sur les coûts du démantèlement | 57 |
| Type et puissance des réacteurs | 58 |
| Antécédents des réacteurs et calendrier de démantèlement | 61 |
| Notification et conversion des données relatives aux coûts..... | 61 |
| Présentation synthétique des données relatives aux coûts..... | 63 |
| 5. Analyse des déterminants de coûts | 71 |
| Type de réacteur | 72 |
| Taille du réacteur..... | 72 |
| Nombre de tranches sur le site | 73 |
| Antécédents d'exploitation | 73 |
| Champs des activités de démantèlement..... | 74 |
| Choix de la stratégie de démantèlement..... | 74 |

| | |
|--|-----------|
| Réutilisation du site..... | 75 |
| Seuil de libération et niveaux de classification | 75 |
| Normes réglementaires..... | 76 |
| Volume de déchets | 76 |
| Disponibilité de dépôts de déchets radioactifs | 76 |
| Incertitudes et traitement des incertitudes | 77 |
| Coûts de la main-d'œuvre..... | 78 |
| Facteurs sociaux et politiques | 78 |
| 6. Conclusions | 79 |
| Politique et stratégie de démantèlement..... | 79 |
| Variabilité des coûts | 80 |
| Effet de la stratégie de démantèlement sur le coût..... | 82 |
| Volumes, gestion et évacuation des déchets | 83 |
| Remarques finales | 84 |
| | |
| Annexe 1 : Membres du groupe d'experts, contributeurs à la publication et répondants au questionnaire..... | 85 |
| Annexe 2 : Questionnaire | 93 |
| Annexe 3 : Taux de change et facteurs d'ajustement..... | 109 |
| | |
| Liste des tableaux | |
| Tableau 2.1 Dépôts acceptant actuellement des déchets radioactifs de démantèlement | 32 |
| Tableau 4.1 Répartition en fonction du type et de la puissance des réacteurs des ensembles de données relatives aux coûts communiquées et analysées | 59 |
| Tableau 4.2 Date de démarrage et de mise à l'arrêt des centrales prises en compte dans l'étude..... | 60 |
| Tableau 4.3 Présentation des données relatives aux coûts demandées dans le questionnaire | 62 |
| Tableau 4.4 Estimations du coût du démantèlement des REP..... | 63 |
| Tableau 4.5 Estimations du coût du démantèlement des VVER..... | 64 |
| Tableau 4.6 Estimations du coût du démantèlement des REB | 65 |
| Tableau 4.7 Estimations du coût du démantèlement des PHWR/Candu – démantèlement différé | 65 |
| Tableau 4.8 Estimations du coût du démantèlement des GCR et autres modèles de réacteurs | 66 |
| Tableau 4.9 Contribution moyenne des principaux éléments de coûts au total des coûts du démantèlement pour chaque type de réacteur..... | 69 |
| Tableau 6.1 Coûts moyens du démantèlement et écarts-types | 81 |

Liste des figures

| | | |
|-------------|--|----|
| Figure 2.1 | Filières de réacteur pour lesquelles des informations ont été fournies sur la stratégie de démantèlement..... | 36 |
| Figure 2.2 | Puissance des réacteurs pour lesquels des informations ont été fournies sur la stratégie de démantèlement..... | 36 |
| Figure 2.3 | Nombre cumulé de réacteurs arrêtés..... | 37 |
| Figure 2.4 | Poids des matières radioactives provenant du réacteur..... | 38 |
| Figure 2.5 | Poids total des matières radioactives | 38 |
| Figure 2.6 | Poids des matières radioactives du réacteur par MWe | 39 |
| Figure 2.7 | Poids de l'ensemble des matières radioactives par MWe..... | 39 |
| Figure 2.8 | Opérations incluses dans les activités de démantèlement..... | 41 |
| Figure 2.9 | Options de démantèlement prises en compte (nombre de réponses) | 42 |
| Figure 2.10 | Facteurs pris en compte pour rechercher l'option de démantèlement optimale | 43 |
| Figure 2.11 | Option de démantèlement utilisée pour le calcul des coûts (nombre de réponses)..... | 44 |
| Figure 2.12 | Durée du report du démantèlement utilisée pour le calcul des coûts (ans)..... | 45 |
| Figure 2.13 | Délai entre l'arrêt et le démantèlement complet, pris pour hypothèse dans le calcul des coûts (ans) | 46 |
| Figure 4.1 | Répartition par type de réacteur des ensembles de données relatives aux coûts communiquées et analysées | 58 |
| Figure 4.2 | Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – REP | 66 |
| Figure 4.3 | Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – VVER..... | 67 |
| Figure 4.4 | Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – REB..... | 67 |
| Figure 4.5 | Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – PHWR..... | 68 |
| Figure 4.6 | Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – GCR | 68 |

NOTE DE SYNTHÈSE

De nombreuses centrales nucléaires devant atteindre la fin de leur vie utile au cours de la vingtaine d'années à venir, le thème du démantèlement retient de plus en plus l'attention des pouvoirs publics, des autorités de sûreté et des exploitants privés. Les opérations de démantèlement des centrales nucléaires commerciales, imminentes dans certains pays et pleinement engagées dans d'autres, ont provoqué une intensification générale des activités industrielles, réglementaires et stratégiques dans ce domaine au cours des dix dernières années. Ce mouvement devrait se poursuivre car un nombre croissant d'installations entrent dans leur phase de démantèlement.

Cette tendance a plusieurs conséquences interdépendantes pour les gouvernements et pour l'industrie nucléaire. Du point de vue des pouvoirs publics, il est crucial de veiller, surtout dans un marché déréglementé, à ce que l'argent nécessaire au démantèlement des installations nucléaires soit disponible le moment voulu, et qu'aucune charge financière restante ne soit finalement transférée du consommateur d'électricité au contribuable. C'est pourquoi, il importe que les gouvernements sachent comment se décomposent les coûts du démantèlement et revoient périodiquement les coûts estimatifs du démantèlement communiqués par les propriétaires d'installations nucléaires. Des estimations robustes sont fondamentales pour concevoir et mettre en œuvre une politique nationale cohérente et globale posant les fondements juridiques et réglementaires applicables à la collecte, au placement et à l'utilisation des fonds destinés au démantèlement.

Du point de vue de l'industrie, il est essentiel d'évaluer et de contrôler les coûts du démantèlement de façon à élaborer une stratégie de démantèlement rationnelle qui reflète les orientations nationales et assure la sécurité des travailleurs et du public, tout en maîtrisant les coûts. Pour toutes ces raisons, les propriétaires de centrales nucléaires ont besoin d'appréhender au plus près les coûts du démantèlement et de définir les principaux déterminants de ces coûts, qu'ils relèvent des politiques gouvernementales, des choix stratégiques ou d'aspects « techniques ».

L'élaboration de réglementations nationales pertinentes pour les activités de démantèlement sera guidée par des considérations de politique nationale. Partant de ces politiques et réglementations, les industriels responsables des activités de démantèlement mettront au point des stratégies qui répondront au mieux à leurs besoins, tout en respectant comme il convient l'ensemble des prescriptions gouvernementales. Les coûts du démantèlement dépendront des conditions techniques et économiques, ainsi que de la stratégie adoptée.

Dans ce contexte, le présent rapport analyse les relations entre les politiques de démantèlement telles qu'élaborées par les pouvoirs publics, les stratégies de démantèlement telles que proposées par l'industrie et les coûts qui en résultent. Les principaux déterminants de coûts se rapportant aux politiques gouvernementales, aux choix stratégiques et aux aspects techniques sont également examinés.

Il convient de noter que les coûts indiqués par les pays participants aux fins de la présente étude renvoient à des modèles et à des choix stratégiques déterminés et qu'ils ont été établis dans le contexte propre à chaque pays et, parfois, en liaison avec la création de fonds destinés à financer le

démantèlement. En outre, bien que les questions portant sur les politiques, les stratégies et les coûts aient été claires quant aux éléments à prendre en compte dans le cadre du démantèlement, ceux-ci ne sont pas toujours ventilés de la même façon dans les programmes nationaux. D'où d'importantes disparités dans le détail des éléments comptabilisés dans les estimations de coûts indiquées.

Il ressort de l'examen des données recueillies pour l'étude que les politiques nationales de démantèlement des pays participants divergent considérablement sur beaucoup de points. Les stratégies de démantèlement retenues par les industries varient également d'un pays à l'autre et d'un exploitant à l'autre. Les différences entre pays, compagnies d'électricité et caractéristiques des centrales nucléaires dans un certain nombre de domaines conduisent à des écarts entre les coûts de démantèlement qui sont identifiés et analysés dans le rapport.

Parmi les aspects importants dont l'étude a montré qu'ils avaient des effets non négligeables sur les coûts du démantèlement, il faut citer :

- L'état final du site après le démantèlement (par exemple, retour à la pelouse, entretien à long terme de certaines installations, réutilisation du site à d'autres fins industrielles ou nucléaires).
- La politique nationale et spécifique au site concernant les critères de libération des sites.
- L'exclusion, ou la prise en compte totale ou partielle, des coûts d'évacuation des déchets dans le champ du démantèlement et les estimations de coûts.
- Les modalités de classification des déchets résultant du démantèlement, à savoir l'obligation ou non d'une réglementation radiologique de leur évacuation.
- Les hypothèses de coûts d'évacuation des déchets, étant entendu qu'aucun pays n'a indiqué posséder d'installations d'évacuation opérationnelles pour tous les types de déchets qui seraient produits par les procédés de démantèlement.
- La stratégie de démantèlement retenue pour le calcul des coûts (par exemple, période plus ou moins longue de stockage sûr et choix du point final du démantèlement).
- Les coûts nationaux de main-d'œuvre retenus.
- Les facteurs sociaux et politiques, tels que la décision de démanteler très rapidement, ou de ne libérer les sites que sur la base de critères radiologiques très rigoureux.
- Les incertitudes dans les estimations et leur traitement dans les modèles de coûts.

Outre ces considérations de portée générale qui affectent les coûts, l'étude a également dégagé plusieurs caractéristiques physiques de la centrale nucléaire considérée, qui sont également des déterminants de coûts non négligeables :

- type et taille du réacteur ;
- nombre de tranches sur le site ;
- antécédents d'exploitation de la centrale ; et
- quantité postulée de déchets qui seraient produits.

En dépit de la variabilité des coûts, l'étude a montré que les estimations des coûts du démantèlement communiquées demeurent sous la barre des 500 USD/kWe pour presque tous les réacteurs à eau, mais sont nettement plus élevées pour les réacteurs refroidis par gaz considérés dans le rapport¹ (environ 2500 USD/kWe). Généralement, les coûts de main-d'œuvre représentent une part importante, de 20 à 40 %, du total des coûts du démantèlement. Une analyse sommaire de la structure des coûts a été réalisée à partir des réponses contenant des précisions sur les divers éléments de coûts. Selon les renseignements fournis, les deux postes qui pèsent lourdement sur le total des coûts, approximativement 30 % chacun, sont la déconstruction, le traitement et l'évacuation des déchets. Trois autres éléments représentent environ 10 % du total : sécurité, surveillance et maintenance ; assainissement et réaménagement du site ; et gestion de projet, ingénierie et assistance sur site. En général, les autres éléments de coûts ne dépassent pas 5 % du coût total du démantèlement.

Dans ses conclusions, le rapport souligne que dans tous les pays, les estimations des coûts du démantèlement sont robustes et ont été passées au crible par les exploitants, les autorités réglementaires et les pouvoirs publics et que des mesures sont en place pour faire en sorte que des fonds suffisants soient constitués en temps voulu pour faire face aux dépenses de démantèlement.

Les conclusions du rapport se fondent sur les réponses à un questionnaire adressé aux pays participants. Il convient de noter que toutes les réponses n'avaient pas le même degré de détail et qu'on pouvait penser que des réponses plus complètes auraient permis des comparaisons plus poussées et plus fiables. Il est suggéré d'entreprendre des travaux complémentaires dans un cadre international pour financer une analyse quantitative plus robuste des facteurs intervenant dans les coûts du démantèlement. De telles études pourraient contribuer à préciser le tableau, particulièrement en ce qui concerne les comparaisons des estimations de coûts prenant en compte la variabilité du champ couvert.

1. Les réacteurs refroidis au gaz considérés dans le rapport sont des unités anciennes très différentes des réacteurs à gaz à haute température en développement actuellement. Des informations détaillées sur les réacteurs refroidis au gaz considérés dans l'étude sont données dans les tableaux 4.1 et 4.2, pp. 57 et 58.

1. INTRODUCTION

De nombreuses centrales nucléaires devant atteindre la fin de leur vie utile au cours de la vingtaine d'années à venir, le thème du démantèlement retient de plus en plus l'attention des pouvoirs publics, des autorités réglementaires et des exploitants privés. Les travaux de démantèlement des centrales nucléaires commerciales, imminents dans certains pays et pleinement engagés dans d'autres, ont provoqué une intensification générale des activités industrielles, réglementaires et stratégiques dans ce domaine au cours des dix dernières années. Ce mouvement devrait se poursuivre car un nombre croissant d'installations entrent dans leur phase de démantèlement proprement dite

Le terme « démantèlement », lorsqu'il est appliqué dans son sens le plus large aux installations nucléaires, couvre l'ensemble des actions de gestion et des interventions techniques associées à la cessation de l'exploitation et au retrait du service. Il commence au stade de la planification, avant la mise à l'arrêt d'une installation et se poursuit jusqu'à la résiliation de l'autorisation en passant par l'enlèvement éventuel de l'installation de son site (*déconstruction*). Ces actions peuvent comprendre certaines ou toutes les activités liées à la déconstruction de la centrale et des équipements, à la décontamination des structures et des composants, à la démolition du bâtiment, à la réhabilitation du sol contaminé et à l'évacuation des déchets résultant de ces opérations.

L'un des objectifs importants du démantèlement et de la déconstruction (D&D) est de pouvoir lever certains ou tous les contrôles réglementaires en vigueur sur un site nucléaire, tout en assurant la sécurité à long terme du public et de l'environnement et en continuant à protéger la santé et la sûreté des travailleurs affectés au démantèlement pendant la durée du processus. Il y a aussi en arrière-plan d'autres objectifs pratiques, notamment la libération d'actifs de valeur, tels que le site et les bâtiments, en vue d'une nouvelle utilisation sans restriction, du recyclage et du réemploi de matériaux et de la restauration du cadre naturel.

Au plan industriel, les procédés et les techniques de démantèlement des installations nucléaires ont fait des progrès considérables au cours des deux dernières décennies, au point qu'il existe aujourd'hui des méthodes viables pour faire face à la plupart des situations. Toutefois, le démantèlement suppose une approbation et une supervision réglementaires, dont les orientations sont subordonnées à la politique nationale. Certains gouvernements n'ont commencé que très récemment à se préoccuper dans leur législation nationale des dimensions stratégiques et réglementaires du démantèlement. S'agissant des politiques et des réglementations nationales dans le domaine du démantèlement, les rapports de synthèse internationaux sur la question susceptibles de déboucher sur une harmonisation commencent seulement à circuler. Par conséquent, les stratégies industrielles en matière de démantèlement, qui dépendent des politiques et des réglementations nationales, peuvent diverger considérablement d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre.

Si les activités de démantèlement sont bien comprises et intégrées dans le cadre réglementaire de tous les pays, en revanche, ceux-ci perçoivent différemment l'éventail complet des activités indispensables pour mener à bien des projets de démantèlement. L'empressement des pouvoirs publics et de l'industrie à s'engager activement dans le démantèlement dépend, entre autres, de l'âge des centrales nucléaires en exploitation et de la taille du parc nucléaire en place dans divers

pays. L'évacuation des déchets et les cadres législatifs et réglementaires sont des aspects qu'il convient de ne pas négliger pour renforcer la capacité des pays à appréhender le problème du démantèlement dans sa globalité.

La déréglementation des marchés de l'électricité soulève de nouvelles interrogations au sujet du paiement des dépenses afférentes aux activités de démantèlement. Le coût du démantèlement, qui a toujours été reconnu et intégré dans les coûts de production de l'électricité nucléaire, prend une importance accrue dans les marchés déréglementés où la concurrence pousse à la baisse des coûts de production. Dans ce contexte, sont adaptées ou élaborées des politiques et réglementations nationales qui peuvent influencer sur les coûts du démantèlement et sur la façon d'introduire ces coûts dans le prix facturé aux consommateurs d'électricité.

Du point de vue des pouvoirs publics il est crucial de veiller, surtout dans un marché déréglementé, à ce que l'argent du démantèlement des installations nucléaires soit disponible le moment voulu, et qu'aucune charge financière restante ne soit finalement transférée du consommateur d'électricité au contribuable. C'est pourquoi, il importe que les gouvernements sachent comment se décomposent les coûts du démantèlement et revoient périodiquement les coûts estimatifs du démantèlement communiqués par les propriétaires d'installations nucléaires. Des estimations robustes sont fondamentales pour concevoir et mettre en œuvre une politique nationale cohérente et globale posant les fondements juridiques et réglementaires applicables à la collecte, au placement et à l'utilisation des fonds destinés au démantèlement.

Du point de vue de l'industrie, il est essentiel d'évaluer et de contrôler les coûts du démantèlement de façon à élaborer une stratégie de démantèlement cohérente qui reflète les orientations nationales et assure la sécurité des travailleurs et du public, tout en demeurant économiquement efficiente. Pour toutes ces raisons, les propriétaires de centrales nucléaires ont besoin d'appréhender au plus près les coûts du démantèlement et de définir les principaux déterminants de coûts, qu'ils découlent des politiques gouvernementales, des choix stratégiques ou des aspects « techniques ».

Dans ce contexte le présent rapport passe en revue les politiques, les stratégies et les coûts de démantèlement pour étudier les principaux déterminants de coûts. L'étude analyse les relations entre politiques, stratégies et coûts sur la base des informations communiquées par les pays participants et les experts. Dans chaque pays, l'élaboration de la réglementation sera subordonnée à des considérations de politique nationale pertinentes pour les activités de démantèlement. Partant de ces politiques et réglementations, les industriels responsables des activités de démantèlement mettront au point des stratégies qui répondront au mieux à leurs besoins, tout en respectant comme il convient l'ensemble des prescriptions gouvernementales. Les coûts du démantèlement dépendront des conditions techniques et économiques, ainsi que de la stratégie adoptée.

Définitions

Pour faciliter l'examen du démantèlement et fournir un cadre permettant de bien cerner les débats, il peut être utile de distinguer le concept de politique de démantèlement de celui de stratégie de démantèlement. Certes, ces deux notions sont liées et parfois se recoupent, cependant les définitions de travail suivantes ont été utilisées pour structurer la présentation des résultats dans la présente étude.

- **La politique de démantèlement** : renvoie aux orientations définies par le gouvernement et prend en compte tous les choix des autorités publiques (nationales et régionales), telles

qu'elles se manifestent dans les lois, règlements, normes et prescriptions contraignantes qui influenceront le cadre dans lequel s'inscrit le démantèlement.

- **La stratégie de démantèlement :** renvoie aux stratégies industrielles, en prenant en compte tous les aspects des projets de démantèlement qui sont soumis aux autorités nationales compétentes dans le contexte d'une demande d'autorisation de démantèlement.

Objectifs de l'étude

L'étude vise à faire un tour d'horizon international des politiques, stratégies et coûts de démantèlement des centrales nucléaires commerciales, en dégagant les divers facteurs susceptibles d'affecter les coûts. Il s'agit principalement d'aider les décideurs et les autorités réglementaires à mieux appréhender les politiques, stratégies et coûts en matière de démantèlement. Cependant, l'étude se veut également un instrument pratique entre les mains des responsables du démantèlement dans l'industrie, confrontés à l'évolution des stratégies.

Pour atteindre cet objectif, le rapport analyse les données relatives aux coûts, aux stratégies et aux politiques de démantèlement fournies par les pays participants et passe en revue les politiques et les réglementations nationales en matière de démantèlement, ainsi que les stratégies industrielles appliquées aux activités de démantèlement. Pour comprendre comment les politiques et les stratégies influent sur les coûts du démantèlement, l'étude examine également les relations qualitatives entre les politiques, les stratégies et les coûts. En outre, le rapport donne un aperçu des approches nationales adoptées pour s'assurer de la matérialité d'un financement approprié pour les activités de démantèlement.

La structure du présent document s'inspire d'études antérieures des coûts et du financement du démantèlement réalisées par l'AEN, notamment : « *Déclassement des installations nucléaires : une analyse de la variabilité des estimations des coûts du déclassement* » (1991) ; et « *Les charges financières futures liées aux activités nucléaires* » (1996). Le présent document est conçu comme une mise à jour de ces études antérieures, d'autant plus nécessaire que les marchés ont été notablement déréglementés depuis l'étude des coûts de 1991.

Portée de l'étude

Partant du constat que le coût du démantèlement peut varier considérablement en fonction du type d'installation considéré, l'étude porte sur les centrales nucléaires commerciales de tous types, dotées de caractéristiques relativement génériques. C'est pourquoi ont été exclus les réacteurs commerciaux prototypes de faible puissance. Plusieurs modèles de réacteurs largement répandus (notamment REP, REB, CANDU, réacteurs refroidis par gaz (GCR) et VVER) ont été considérés, dans la mesure où les données relatives aux coûts ont pu être obtenues.

Aux fins de la présente étude, les postulats suivants ont également été retenus :

- On admet en général que le démantèlement commence après que la totalité du combustible nucléaire ait été retirée de tous les secteurs de l'installation qui seront démantelés. Cependant, pour certains réacteurs – en particulier certains réacteurs refroidis par gaz – où le déchargement de combustible est une activité de longue haleine qui va de pair avec certaines activités de démantèlement, le déchargement du combustible est compris dans les coûts indiqués.

- Le coût de la gestion du combustible nucléaire irradié après son retrait du réacteur et des installations à démanteler n'est pas compris dans le coût du démantèlement.
- Le point prévu d'aboutissement du démantèlement (libération sans restriction du site et de l'installation, libération du site et de l'installation assortie de restrictions, et réutilisation du site et de l'installation dans des conditions radiologiques contrôlées, etc.) a été fixé de façon qualitative pour pouvoir obtenir des comparaisons des coûts valides.
- Les coûts présentés ne sont pas actualisés, c'est-à-dire qu'ils sont fournis en monnaie courante de 2001.
- Les coûts communiqués sont des estimations fournies en 2001/2002 qui peuvent être fondées sur des modèles, des études ou des coûts de démantèlement réels si le démantèlement est en cours ou achevé.
- Les centrales qui ont subi des accidents significatifs ont été exclues de la présente étude car les coûts de démantèlement auraient été sensiblement affectés du fait de l'accident, ce qui ne permettait pas des comparaisons valides de coûts.

Méthode de travail

Ces objectifs ont été exposés dans leurs grandes lignes par le Comité des études techniques et économiques sur le développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible (NDC), qui a chargé un groupe d'experts d'affiner les objectifs, de définir une approche réaliste et de réaliser l'étude. Compte tenu de la dimension pluridisciplinaire des activités relatives au démantèlement, il a fallu intégrer dans le groupe d'experts des représentants de plusieurs comités techniques permanents de l'AEN couvrant différentes disciplines. Ainsi, le groupe d'experts comprenait des membres désignés par le NDC, le Comité de la gestion des déchets nucléaires (RWMC) et le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH). Pour coordonner harmonieusement ce travail avec les efforts entrepris dans d'autres organisations internationales, en particulier l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), et la Commission européenne (CE), des représentants de ces organisations ont également été invités à assister aux réunions et à participer aux travaux du groupe d'experts. En trois réunions, le groupe d'experts a circonscrit les objectifs du projet à ceux présentés ici, est convenu que le meilleur moyen d'obtenir les informations indispensables à une analyse fiable était de mettre au point et de diffuser un questionnaire, a analysé les renseignements reçus en réponse au questionnaire et a rédigé le présent rapport.

Le questionnaire a été mis au point (voir annexe 2) puis diffusé en 2001 et une action complémentaire limitée a été lancée au début 2002 pour demander des éclaircissements au sujet de certaines réponses. Le questionnaire a été adressé aux représentants nationaux de tous les pays membres de l'AEN et à tous les pays non membres de l'AEN ayant des centrales nucléaires en exploitation ou définitivement mises à l'arrêt, grâce à la participation de l'AIEA au projet. Sur un total de 31 pays concernés, 26 ont répondu. Il s'agit des pays suivants : Afrique du Sud, Allemagne, Arménie, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Hongrie, Italie, Japon, Lituanie, Pakistan, Pays-Bas, Roumanie, Russie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Royaume-Uni, République tchèque et Ukraine.

Compte tenu du champ de l'étude et de la méthode définie, il est d'emblée clairement apparu qu'il serait difficile, sinon impossible, d'obtenir une explication circonstanciée des différences dans les politiques, les stratégies et les coûts selon les pays, ou même selon les types de centrales. Cependant,

lors de la mise au point du questionnaire, le groupe d'experts a décidé dans un premier temps de retenir quelques facteurs politiques et stratégiques susceptibles d'avoir une influence sur les coûts du démantèlement. Ce premier tri effectué, le questionnaire a été adapté au mieux pour faire ressortir toute différence significative. Cette évaluation préliminaire des aspects susceptibles d'influer sur les coûts se présente comme suit :

- politique nationale, le cas échéant, concernant les délais à respecter en matière de démantèlement ;
- politique nationale, le cas échéant, concernant les points de départ et d'aboutissement du démantèlement ;
- politique nationale, le cas échéant, concernant la libération des matériaux en vue de leur utilisation sans restriction ;
- politiques et réglementations nationales applicables à l'évacuation des déchets radioactifs ;
- disponibilité de moyens d'évacuation des déchets radioactifs et prescriptions concernant leur conditionnement ;
- coût de la gestion et de l'évacuation des déchets ;
- coûts de la main-d'œuvre ; et
- taux de change.

Une analyse détaillée des réponses au questionnaire a permis au groupe d'experts d'approfondir considérablement sa compréhension des politiques, stratégies et coûts du démantèlement. Son rapport contient des informations sur les coûts du démantèlement et sur les facteurs politiques ou stratégiques susceptibles d'affecter ces coûts. Il apporte quelques lumières sur les interdépendances entre les coûts, les politiques et les stratégies de démantèlement. Enfin, il comprend des informations sur les mécanismes que les pays ont mis en place pour garantir la matérialité d'un financement adéquat et robuste, au moment voulu et aux niveaux appropriés.

Autres activités internationales pertinentes

À côté de l'étude du coût du démantèlement présenté dans ce rapport, l'AEN et d'autres organisations internationales réalisent d'autres travaux connexes. On trouvera ci-dessous un bref récapitulatif des plus notables de ces autres projets.

Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE

Dans le contexte de l'AEN, le démantèlement est étudié par plusieurs Comités techniques permanents. Basé sur les conclusions d'un atelier tenu à Rome en 1999, intitulé *Les aspects réglementaires du démantèlement*, outre le travail du NDC qui fait l'objet du présent rapport, le programme de travail de l'AEN dans le domaine du démantèlement comprend les activités suivantes :

- Le Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC) a créé son propre groupe de travail sur le déclassé et le démantèlement (WPDD) en 2001 pour étudier les aspects stratégiques et réglementaires du démantèlement. La publication récente (2002) intitulée *Déclassé et démantèlement des installations nucléaires : état des lieux, démarches,*

défis, présente une synthèse de la situation du démantèlement et dégage les questions essentielles. Le WPDD a également créé sur Internet une base de données accessible au public sur les politiques, les pratiques et les projets nationaux de démantèlement². Cette base de données sera mise à jour tous les ans. On peut également trouver sur le même site Internet des documents techniques sur les dossiers de sûreté du démantèlement, la levée des contrôles réglementaires applicables à certains matériaux, et la libération des sites et des bâtiments.

- Depuis sa création en 1985, le Programme de coopération pour l'échange d'informations scientifiques et techniques sur les projets de démantèlement des installations nucléaires (CPD), s'attache à faire partager l'expérience industrielle acquise entre projets de démantèlement. Le WPDD et d'autres groupes de travail de l'AEN dans le domaine du démantèlement, notamment le groupe d'experts du NDC s'appuient sur l'expérience tirée de ces projets de démantèlement dans leurs discussions techniques.
- Le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CANR) a centré ses efforts sur l'élaboration d'une position commune sur les questions réglementaires liées au démantèlement. Le CANR prévoit de publier ses analyses en 2003 dans un document intitulé *Les autorités de sûreté face au démantèlement des réacteurs nucléaires*.
- Depuis quelque temps, Le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) contribue à l'établissement de nouvelles normes de radioprotection comme le prévoient les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Le CRPPH s'intéresse notamment aux aspects éthiques et pratiques posés par la levée des contrôles radiologiques réglementaires effectués sur les sites, les installations et les matériaux. Le CRPPH a publié récemment deux documents traitant, entre autres, de ces questions : *Vers un nouveau système de protection radiologique – Rapport d'un groupe d'experts*, et *La prise de décision en radioprotection : Domaines d'action des pouvoirs publics : résumé du deuxième atelier de Villigen (Suisse)*.

Commission européenne

L'action de la Commission européenne dans le démantèlement des installations nucléaires s'exerce aussi bien au niveau de la recherche qu'à celui de la réglementation.

Les activités de recherche pertinentes sont menées au sein du programme-cadre de l'Union européenne pour la recherche, le développement technologique et les activités de démonstration. Les projets actuellement en cours d'exécution, qui s'inscrivent dans un effort de longue haleine dans ce domaine, ont été entrepris dans les années 80. Ils mettent aujourd'hui l'accent sur la mise en réseau à l'échelle européenne et la création d'importantes ressources documentaires communes.

Un bon exemple de réseau est le Réseau thématique sur le démantèlement lancé en 2001 qui regroupe une cinquantaine d'organisations et couvre l'ensemble du champ du démantèlement, depuis les aspects technologiques jusqu'aux aspects juridiques ou stratégiques. Concernant l'accès à l'information, le projet de Réseau d'informations sur le déclassement de la CE regroupe les bases de données créées antérieurement sur les coûts et les instruments dans une seule plate-forme accessible via Internet. D'autres projets dans ce domaine incluent le Compendium faisant le bilan des

2. L'adresse est : <http://www.nea.fr/html/rwm/wpdd/welcome.html>

connaissances dans le domaine du démantèlement et l'estimation normalisée des coûts du démantèlement des centrales WWER-440³.

En outre, la Commission a pris des initiatives dans le domaine légal en particulier en ce qui concerne l'aval du cycle du combustible nucléaire. En janvier 2003, la Commission a soumis un ensemble de propositions dans des domaines tels que la sûreté nucléaire et la gestion des déchets radioactifs. Ces initiatives visent à la cohérence du cadre réglementaire européen et à la minimisation des incertitudes sur la gestion des charges financières futures nées de l'exploitation des installations nucléaires tout au long de leur vie. Deux propositions de Directives sont en cours de discussion au Conseil en vue de leur adoption.

L'une d'elles a trait aux principes de sûreté des installations nucléaires et jette les bases de normes de sûreté communes en Europe. Elle couvre des éléments de base de la sûreté nucléaire comme :

- l'indépendance et le rôle de l'autorité de sûreté, la nécessité des inspections ;
- l'assurance que tous les matériaux, y compris les déchets radioactifs et le combustible irradié, issus du retraitement sont bien gérés à long terme ;
- l'attribution des responsabilités ;
- la constitution de fonds pour financer la sûreté en exploitation et pendant le démantèlement des installations ;
- la création d'un fond pour le démantèlement ; et
- les inspections au niveau européen.

La seconde proposition traite de la gestion des déchets radioactifs et du combustible irradié. Ses points principaux sont :

- l'établissement par chaque pays membre d'un programme pour la gestion de tous les déchets radioactifs et du combustible irradié incluant des dates limites pour la sélection et la mise en service de site d'évacuation ;
- la nécessité d'arrangements financiers en accord avec le principe du pollueur payeur ; et
- la continuation de l'effort de recherche et développement technologique dans le domaine des déchets radioactifs en mettant l'accent sur une meilleure coordination au plan européen.

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

L'AIEA s'occupe du démantèlement dans le cadre d'un programme de travail global établi de longue date. Elle a publié récemment plusieurs rapports abordant divers aspects du démantèlement des installations nucléaires.

3. WWER est l'acronyme de VVER utilisé par l'AIEA. Les deux acronymes sont mentionnés dans cette publication.

Depuis 1999, ont été publiés les documents suivants :

- *On-site Disposal as a Decommissioning Strategy*, qui récapitule les facteurs pertinents pour le choix d'une évacuation sur le site en tant que stratégie de démantèlement et l'expérience concrète disponible (TECDOC-1124, 1999).
- *Review of Selected Cost Drivers for Decisions on Continued Operation of Older Reactors*, qui passe en revue les informations publiées sur le coût des améliorations apportées à la sûreté, de la prolongation de la durée de vie et du démantèlement, pour étayer une analyse des implications pour le réseau électrique d'une mise à l'arrêt plus ou moins tardive (TECDOC-1084, 1999).
- *State-of-the-Art Technology for Decontamination and Dismantling of Nuclear Facilities*, qui récapitule et décrit les dernières avancées technologiques dans le domaine du démantèlement des installations nucléaires (TRS-395, 1999).
- *Organization and Management for Decommissioning of Large Nuclear Facilities*, qui couvre les aspects organisationnels du démantèlement et décrit les facteurs pertinents pour la planification et la gestion d'un projet de démantèlement (TRS-399, 2000).
- *Safe and Effective Nuclear Power Plant Life Management towards Decommissioning*, qui vise à faire valoir et à expliquer aux dirigeants et aux responsables des politiques et des stratégies la nécessité de se placer dans une perspective à plus long terme s'agissant des décisions susceptibles d'affecter la gestion du cycle de vie d'une centrale nucléaire, phase de démantèlement comprise (TECDOC-1305, 2002).
- *Record Keeping for Decommissioning of Nuclear Facilities: Guidelines and Experience*, qui donne des informations sur l'identification, la mise à jour et le maintien des fichiers nécessaires pour aider aux opérations de démantèlement (TRS-411, 2002).
- *Decommissioning of Small Medical, Industrial and Research Facilities*, couvrant des questions importantes comme : le besoin d'une planification à l'avance du démantèlement et le contenu du plan ; l'accès en temps utile aux techniques de décontamination et de démantèlement ; les besoins en main d'œuvre qualifiée et entraînée ; la gestion du projet et l'assurance de qualité (TRS-415, 2003).
- *Predisposal Management of Radioactive Waste, including Decommissioning*, qui énonce les prescriptions pour un démantèlement sûr (Safety Standards Series No. WS-R-2).
- *Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors* donnant des lignes directrices aux autorités nationales et aux exploitants pour la planification et la gestion sûre du démantèlement des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche (Safety Standards Series No. WS-G-2.1).
- *Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities*, qui donne des lignes directrices aux autorités nationales et aux exploitants, en particuliers ceux des pays en développement où la majorité de ces installations sont en service, pour la planification et la gestion sûre du démantèlement de ces installations (Safety Guide No. WS-G-2.2).

- *Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities* donnant des lignes directrices aux autorités nationales et aux exploitants pour la planification et la gestion sûre du démantèlement des installations du cycle du combustible (Safety Standards Series No. WS-G-2.4, 2001).

Une étude sur les coûts du démantèlement des centrales VVER-440 a été achevée et publiée récemment sous la forme d'un document technique (TECDOC-1322) intitulé *Decommissioning Costs of WWER-440 Nuclear Power Plants*. Cette étude présente les coûts du démantèlement d'un VVER-440 d'une façon homogène en utilisant les éléments de coûts et les groupes de coûts qui figurent dans la publication conjointe de la CE, l'AIEA et l'AEN *A Proposed Standardised List of Items for Costing Purposes*, fournissant ainsi une base pour comprendre les différences entre les coûts de démantèlement.

Sont en cours de préparation :

- Un document technique intitulé *Planning, Organisational and Management Aspects for Decommissioning of Nuclear Facilities: Operating Experience and Lessons Learned*, qui s'appuie sur l'expérience d'exploitation et vise à diffuser les questions d'intérêt commun et les enseignements tirés d'antécédents concrets.
- Un rapport technique intitulé *Operation to Decommissioning Transition* qui aborde les changements intervenus dans la gestion et l'organisation ; la caractérisation radiologique à l'appui de la planification du démantèlement ; le déchargement du combustible ; l'assainissement après l'exploitation ; le conditionnement des déchets d'exploitation ; l'essai en vraie grandeur et en laboratoire des techniques de décontamination et de déconstruction ; la maîtrise des dépenses ; les aspects socio-économiques et l'acceptation par le public. Des documents complémentaires axés sur les problèmes de sûreté pendant la phase de transition entre l'exploitation et le démantèlement et sur un arrêt précoce de l'exploitation sont également en cours de préparation.

2. POLITIQUES ET STRATÉGIES DE DÉMANTÈLEMENT

Les stratégies et politiques de démantèlement sont examinées et analysées dans ce rapport pour en dégager les incidences sur les coûts du démantèlement des centrales nucléaires. C'est pourquoi les politiques nationales dans ce domaine, le choix ou l'élaboration d'une stratégie par les propriétaires et exploitants de sites de réacteurs ne seront décrits ici que dans les limites de ce qui est nécessaire pour mettre en évidence les divers facteurs qui peuvent influencer sur les coûts. Comme il est souligné dans le chapitre 1, la gestion du combustible nucléaire n'entre pas, dans le cadre de cette étude, dans les activités de démantèlement.

Politique de démantèlement

La politique de démantèlement désigne ici l'action des pouvoirs publics et recouvre tous les choix (nationaux ou régionaux) tels qu'ils sont transcrits dans les lois, les règlements, les normes et les obligations qui influenceront sur les conditions dans lesquelles interviendra le démantèlement. Ainsi, les prescriptions régissant l'utilisation des sites déclassés, les politiques de gestion des déchets, les politiques de réutilisation et de recyclage des matières, les seuils de libération inconditionnelle, les politiques en matière de sécurité et de santé du public et des travailleurs, les politiques de protection de l'environnement, les aspects du développement régional sont tous considérés comme des composantes de la politique du démantèlement.

De l'avis général, la suppression des contrôles réglementaires dépend de nombreux facteurs et peut comporter différentes étapes et utilisations intermédiaires. Les politiques nationales diffèrent et subissent diversement l'influence d'éléments comme l'exploitation future de l'énergie nucléaire, la disponibilité de personnel qualifié, l'impact socio-économique de l'arrêt des installations, la sûreté, les coûts et des problèmes financiers généraux, comme la meilleure façon d'utiliser les fonds disponibles et à quel moment.

L'examen et l'analyse qui suivent sont essentiellement fondés sur les réponses apportées à un questionnaire par 26 pays dont 16 pays membres de l'OCDE. Un certain nombre de questions portaient sur les politiques de démantèlement (voir annexe 2 du questionnaire, questions QP1 à QP22). On trouvera au chapitre 3 une analyse des réponses aux questions relatives aux mécanismes et modalités de financement (QP16 – QP22).

Il convient de souligner que le choix des sujets jugés potentiellement importants n'est pas totalement impartial et exhaustif. Une présélection a été réalisée lors de la préparation du questionnaire afin d'y inclure les sujets susceptibles d'avoir le plus d'influence sur les coûts ou de présenter un intérêt particulier pour les organismes gouvernementaux. Dans le questionnaire, les sujets suivants ont été abordés :

- l'ampleur et le calendrier des activités de démantèlement ;
- les prescriptions relatives au choix des stratégies ;

- les conditions à remplir pour obtenir une autorisation de mise en service et de déclassement et les charges financières futures; et
- la gestion des matériaux.

Bien que les répondants aient fourni beaucoup d'informations sur la plupart des sujets abordés dans le questionnaire, les réponses diffèrent par leur niveau de détail et leur portée et, en outre, ne correspondent pas toujours à ce qu'attendaient les rédacteurs du questionnaire. De ce fait, il faut voir dans les informations présentées dans ce rapport de simples indications sur les démarches adoptées dans différents pays et par divers exploitants industriels. De même, les analyses et les conclusions du groupe d'experts illustrent simplement les tendances générales et ne peuvent en rien servir de base à des comparaisons entre pays et exploitants.

Importance et calendrier des activités de démantèlement

Définition nationale du démantèlement

Les politiques nationales définissent et délimitent l'ampleur et, parfois, le calendrier du démantèlement d'une centrale nucléaire. La définition nationale du démantèlement peut déterminer l'ampleur des opérations ; dans près de la moitié des pays qui ont répondu au questionnaire, cette définition existe. Citons à titre d'exemple :

- « Ensemble des opérations administratives et techniques et des travaux nécessaires ou conduisant à la cessation de l'exploitation d'une installation et à sa mise dans un état sûr pour les travailleurs, la population et l'environnement ». Belgique, Arrêté royal du 20 juillet 2001, article 2, Définitions.
- « Mesures prises, à des fins de protection de la santé, de la sûreté, de la sécurité et de l'environnement, pour mettre fin à une activité autorisée ou à une installation autorisée et la retourner dans un état final prédéterminé ». Guide d'application de la réglementation de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) G-219. Les plans de déclassement des activités autorisées, juin 2000.
- « Activités de déconstruction des installations après l'arrêt définitif d'une centrale nucléaire qui a cessé de remplir ses fonctions, afin de la mettre dans un état sûr » Japon, Sous-comité de la sûreté nucléaire.
- « Le démantèlement d'une installation désigne l'ensemble des mesures prises, après le déchargement du combustible nucléaire, ayant pour effet de l'empêcher de remplir les fonctions pour lesquelles elle a été construite et d'assurer la sécurité du personnel et du public et la protection de l'environnement », Ukraine, GPSA-98, article « Définitions et termes fondamentaux ».

Selon toutes ces différentes définitions, le démantèlement correspond à l'ensemble des opérations réalisées pour réduire les risques résiduels (radiologiques ou autres), après la cessation des activités de production, dans le but de parvenir à un état final stable et sûr de l'installation (libération inconditionnelle, conditionnelle ou nouvelle installation nucléaire). Souvent, les définitions font spécifiquement référence à la sécurité des personnes et à la protection de l'environnement pendant et après les activités de démantèlement.

Point de départ et point final

Le début et le terme prescrits des opérations de démantèlement, lorsqu'ils sont précisés dans la politique nationale, ont une influence directe sur l'ampleur des travaux et, de ce fait, sur le coût. Les réponses au questionnaire révèlent une grande diversité de situations à cet égard. Parfois, il existe des stades intermédiaires après l'arrêt de l'installation, qui ne sont pas toujours bien définis ou distincts.

Selon plus de la moitié des répondants, il n'y a pas de point de départ prescrit ; pour un tiers au contraire ce point existe et plusieurs ne répondent pas à cette question.

Souvent, le point de départ est déterminé par l'obligation de remplacer l'autorisation d'exploitation par une autorisation de démantèlement. Il convient, toutefois, de signaler que, dans certains pays, comme le Japon, la Suède et le Royaume-Uni, une autorisation spécifique n'est pas exigée car les opérations de démantèlement sont couvertes par l'autorisation d'exploitation.

En Bulgarie, en Fédération de Russie et en Ukraine, le déchargement du combustible fait partie des activités de pré-démantèlement. Dans les pays qui ne possèdent qu'une ou deux centrales nucléaires, comme l'Arménie, la Lituanie et le Pakistan, le début des travaux de démantèlement est inscrit dans le plan énergétique national ou une loi spécifique.

Plus de 60 % des pays qui ont répondu indiquent que le terme de cette activité est fixé. Certains, en revanche, déclarent que la politique nationale n'en exige pas mais qu'il est précisé dans la stratégie de démantèlement pour les besoins de l'analyse des coûts (Belgique) ou convenu entre l'exploitant de la centrale et l'entreprise chargée du démantèlement (Espagne). Dans certains pays (par exemple la Suisse), le « retour à la pelouse », ce qui revient pour l'essentiel à la libération inconditionnelle du site, est supposé constituer le point final pour l'estimation des coûts.

Les répondants ont été invités à décrire en quoi consistait ce point final, le cas échéant. Les réponses confirment l'existence de plusieurs points finals. Cinq pays interrogés (la Finlande, la Hongrie, l'Italie, les Pays-Bas, la République tchèque) indiquent que le terme requis est la libération inconditionnelle du site (la suppression de toute contamination et de sources radioactives supérieures aux seuils de libération, ou « le retour à la pelouse »). Plus précisément, en Finlande, la responsabilité du propriétaire de la centrale nucléaire s'arrête lorsque tous les déchets radioactifs ont été évacués et que l'évacuation a été approuvée par les autorités de sûreté. En Arménie et en Fédération de Russie, le site est affecté à un autre usage nucléaire ou industriel. Aux États-Unis, en République slovaque et au Royaume-Uni, la libération inconditionnelle, la libération conditionnelle ou la construction d'une nouvelle installation nucléaire sont possibles. Au Japon, il est recommandé de réutiliser les sites de réacteurs nucléaires pour la production électronucléaire.

Calendrier impératif

Sept pays ont répondu avoir établi un calendrier obligatoire au terme duquel le démantèlement doit être achevé. En Italie, où la production électronucléaire a cessé en 1987, voire à une date antérieure pour certaines tranches, l'objectif national est de terminer les activités de démantèlement avant 2020. Au Japon, le Sous-comité de la sûreté nucléaire recommande d'achever les activités de démantèlement 30 ans après leur démarrage. Dans les cinq autres pays qui ont des calendriers impératifs, ces activités doivent prendre fin 40 à 100 ans après l'arrêt de la centrale.

Il ressort clairement de ce qui vient d'être dit que l'ampleur des véritables travaux de démantèlement varie d'un pays à l'autre et même d'un projet à l'autre. On peut constater que les

législations nationales sur le démantèlement prévoient différents points de départ et peut-être, ce qui est plus important, différents points finals. Dans moins d'un tiers des pays, y compris là où aucun terme n'est imposé par les textes réglementaires mais où il est néanmoins retenu pour définir la stratégie de démantèlement et en calculer les coûts, l'option de la libération inconditionnelle du site démantelé est sélectionnée.

En l'absence d'informations complémentaires sur les seuils de libération et les conditions de déclassement, il est difficile d'évaluer l'impact précis des diverses prescriptions sur la stratégie et les coûts de démantèlement. Ce que l'on entend par un état final acceptable de l'installation nucléaire démantelée varie énormément. C'est pourquoi, le point de départ et le point final ainsi que le calendrier des activités de démantèlement doivent être connus et pris en compte lorsque l'on compare les estimations des coûts de projets spécifiques ou que l'on analyse l'origine des variations de coûts entre projets et pays.

Autorisations et conditions associées

Le contrôle des activités de démantèlement en vue de vérifier leur conformité aux prescriptions réglementaires varie d'un pays à l'autre en fonction des réglementations nationales. L'autorité de sûreté peut exercer ce contrôle de plusieurs façons : en délivrant une autorisation de démantèlement globale ou plusieurs autorisations séparées s'appliquant à des séries distinctes d'activités. Dans certains pays fédéraux, le gouvernement fédéral et les gouvernements des États ou provinces partagent le pouvoir en la matière. Différents organismes réglementaires peuvent aussi être responsables de différents aspects, comme la planification, la santé et la sécurité des personnes, le stockage des déchets et la protection de l'environnement.

L'expérience a montré que la prise en compte du démantèlement dès les premières étapes de la vie d'une installation nucléaire est primordiale pour faciliter les activités de démantèlement et finalement réduire leur coût. À l'heure actuelle, les plans et procédures de démantèlement sont des éléments clés de la conception des nouvelles installations nucléaires. Un plan de démantèlement, régulièrement révisé et mis à jour, est souvent exigé pour qu'une nouvelle installation nucléaire obtienne son autorisation d'exploitation. Même si, en règle générale, ce n'était pas le cas à l'époque de la construction de bon nombre des centrales nucléaires actuelles, des plans de démantèlement et des dispositifs de révision périodique ont à présent été adoptés pour ces installations aussi.

Dans les réponses au questionnaire, des informations sont fournies sur la procédure d'autorisation du démantèlement dans les pays couverts par l'étude. À ce sujet, les principales questions portent sur la nécessité ou non d'obtenir une nouvelle autorisation pour arrêter et/ou démanteler une centrale nucléaire ainsi que sur les documents demandés par les autorités à l'exploitant pour lui accorder l'autorisation d'entamer le démantèlement.

Autorisation de mise à l'arrêt définitif d'une installation nucléaire, autorisation de démantèlement

Dans huit des 26 pays qui ont participé à cette étude, la mise à l'arrêt définitif est subordonnée à une approbation différente de l'autorisation d'exploitation. Pour ainsi dire 80 % des pays exigent une autorisation spécifique de démantèlement. Seuls quelques pays, comme la Suède, le Royaume-Uni et les États-Unis ne la demandent pas. Dans ce cas, l'autorisation d'exploitation s'applique aussi aux opérations de démantèlement. Ainsi, en Suède, l'autorisation d'exploitation comprend l'ensemble des futures opérations de démantèlement et de déconstruction avec l'obligation

de se conformer à des impératifs particuliers. Aux États-Unis, certains exploitants optent pour une autorisation séparée d'entreposage du combustible usé, qui permet de mettre fin à l'autorisation initiale.

Documents requis pour obtenir l'autorisation d'engager les travaux de démantèlement

Les autorités nationales exigent certains documents pour que les opérations de démantèlement et de déconstruction puissent être entreprises. Les impératifs de notification et l'examen réglementaire des plans de démantèlement et de la gestion de la sûreté varient d'un pays à l'autre. Néanmoins, certaines prescriptions sont communes aux pays qui ont participé à cette étude. Ainsi, à quelques rares exceptions près, un dossier sûreté ou un rapport de sûreté doit être présenté aux autorités compétentes. De surcroît, une étude d'impact sur l'environnement est souvent également demandée.

Les pays de l'Union européenne et les pays candidats à l'entrée dans l'Union doivent, conformément à la législation communautaire⁴, réaliser une étude d'impact sur l'environnement (EIE) à l'occasion du déclassement des centrales nucléaires. Dans ce cadre, des mesures sont prises pour informer et associer le public et les pays voisins.

Lorsqu'une nouvelle autorisation est requise pour les opérations de démantèlement, la demande doit toujours être accompagnée d'un plan de démantèlement, ainsi que de documents complémentaires (par exemple, programme de protection radiologique, plan d'assurance qualité, descriptions techniques, calendriers, etc.). Il arrive que la documentation réclamée soit vaste.

Dans les pays qui n'exigent pas une nouvelle autorisation pour engager les opérations de démantèlement, des rapports doivent en général être remis dans certaines circonstances particulières. Ainsi, aux États-Unis, les documents suivants doivent être soumis :

- Certificat de cessation définitive d'exploitation.
- Certificat attestant que le combustible a été définitivement déchargé du réacteur.
- Compte-rendu des opérations postérieures à l'arrêt
- Estimation actualisée des coûts de démantèlement et montant des fonds de démantèlement.

La délivrance, parfois obligatoire, d'une nouvelle autorisation en vue d'empêcher la poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire peut se révéler économiquement avantageuse pour l'exploitant car les mesures de sûreté et les dispositions applicables jusque là à l'exploitation de l'installation n'ont plus à être observées. Il est toutefois difficile de tirer des conclusions définitives sur l'incidence économique de la nécessité d'obtenir une autorisation spécifique de démantèlement, dans la mesure où les prescriptions réglementaires peuvent exister même en l'absence de cette obligation.

Par exemple, aux États-Unis et en Suède, les opérations de démantèlement ne pourront commencer que lorsque les prescriptions réglementaires de plusieurs autorités/agences différentes

4. 397L0011, Directive 97/11/CE du 3 mars 1997 modifiant la Directive 85/337/CEE concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, Journal officiel L 073, 14/03/1997, pp. 0005-0015.

auront été prises en compte. Aux États-Unis, la NRC délivre les autorisations de démantèlement des sources de contamination radiologique alors que d'autres autorités, comme l'Agence de protection de l'environnement ou les États réglementent les autres risques sur le site. Il importe, néanmoins, de signaler que dans ce cas, la procédure d'autorisation peut être souple et graduelle, en fonction de l'évolution de l'état matériel de l'installation et donc des risques durant les différentes étapes du démantèlement.

Prescriptions relatives au choix de stratégies, à l'autorisation de déclassement et aux charges financières futures

Choix d'une stratégie, orientations, options à envisager

Dans plus de la moitié des pays qui ont répondu au questionnaire; les exploitants/compagnies d'électricité sont tenus de procéder à une vaste évaluation de stratégie avant de choisir un plan de démantèlement. Dans certains de ces pays, ils disposent d'orientations sur la procédure à suivre. Notons que certains des pays interrogés font remarquer que même si cette évaluation n'est pas expressément requise, on suppose qu'elle est réalisée.

Dans les États de l'Union européenne membres de l'AEN, des organismes nationaux désignés analysent différents scénarios de démantèlement dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement.

En Fédération de Russie, l'exploitant d'une centrale nucléaire doit réaliser une étude de faisabilité cinq ans avant la date prévue d'arrêt d'une tranche. Dans cette étude, qui doit être approuvée par les organismes de tutelle et les autorités de sûreté, l'exploitant analyse la faisabilité technique et économique de diverses solutions de démantèlement ou la prolongation de la durée de vie de la tranche en question.

Au Royaume-Uni, différents ministères et les autorités de sûreté donnent des orientations générales sur les solutions envisageables ou l'analyse multicritères. Ils conseillent avant tout d'examiner toute une série de choix possibles avant d'opter pour l'un d'entre eux.

Conditions d'autorisation de déclassement d'un site, charges financières futures

Quelques pays n'ont pas encore défini les prescriptions relatives au déclassement futur de leurs sites. Certains pays répondent que ce déclassement est possible lorsque toutes les matières radioactives et autres matières dangereuses, y compris la contamination radioactive au-dessus de certains seuils prédéterminés, ont été éliminés du site. D'autres répondent que l'absence de matières radioactives doit être confirmée par des autorités compétentes et évoquent des seuils de libération ou des textes réglementaires précisant ces niveaux de libération. Parfois, les seuils de libération applicables sont fixés dans l'autorisation de démantèlement et peuvent être spécifiques au projet considéré.

Au Canada, une étude d'impact sur l'environnement peut être requise au niveau fédéral, mais, quoi qu'il en soit, l'autorité nationale, à savoir la Commission canadienne de sûreté nucléaire, doit délivrer une autorisation pour que le site puisse être libéré. Aux États-Unis, il est nécessaire de démontrer que la dose à un membre du public ne dépasse pas 25 mrem/an (0.25 mSv/an), un chiffre qui est identique à la dose autorisée pendant l'exploitation de l'installation. Dans la Fédération de Russie, le déclassement d'un site n'est pas un choix possible. En effet, tous les sites sont occupés par

plusieurs tranches, et lorsque la déconstruction d'une tranche nucléaire est achevée, le site doit être préparé pour la construction d'une nouvelle tranche.

À la question sur la responsabilité du financement des coûts de gestion des matières radioactives mises en évidence après le déclassement, sept pays ont répondu que l'exploitant/propriétaire de la centrale reste responsable. Dans certains pays, néanmoins, comme la Hongrie et le Pakistan, l'État/le gouvernement est le propriétaire/exploitant de la centrale. Dans tous les cas, conformément à la Convention internationale sur la sûreté nucléaire, c'est à l'État qu'incombe en dernier lieu la responsabilité de prendre en charge les matières radioactives et d'assumer les coûts qui y sont associés en l'absence de tout autre exploitant/propriétaire juridiquement responsable.

Les informations transmises révèlent que de nombreux pays se sont déjà dotés de régimes bien structurés de déclassement des sites, même si tous les pays membres de l'OCDE n'ont pas une vision homogène sur la série optimale de critères de libération à retenir ou même sur la nature de ces critères. Si l'on veut que le processus de démantèlement soit transparent et accepté par le public, il importe que celui-ci soit consulté pour le choix des procédures d'examen du site et sur les critères de libération de celui-ci.

Dans le contexte de ce rapport, les experts ont souligné qu'il est indispensable pour la comparaison des coûts estimés et des coûts réels du démantèlement de connaître les critères spécifiques de libération du site et les mesures particulières qui doivent être adoptées pour respecter ces critères.

Gestion des matières et des déchets

De gros volumes de matières sont produits par les activités de démantèlement, et les coûts de gestion et d'entreposage des matières et déchets radioactifs peuvent constituer une partie notable de l'ensemble des coûts du démantèlement.

Il est fondamental pour la rentabilité des opérations, la réduction au minimum des volumes de déchets et de la toxicité ainsi que pour la sûreté et la protection radiologique des travailleurs, de préciser clairement et de préparer les diverses filières de traitement nécessaires à la réutilisation et à l'évacuation de chaque type de matière ou de déchet produit par le démantèlement. Dans les pays où il est prévu de procéder au démantèlement et à la déconstruction sans passage préalable par une période prolongée de fermeture sous surveillance, il est primordial de trouver des sites adaptés au stockage des déchets et d'y construire des dépôts spécialement conçus ou de prévoir des installations d'entreposage appropriées.

Les catégories de matériaux et de déchets à prendre en considération dans ce contexte sont notamment : les déchets radioactifs et non radioactifs, les matières libérées des contrôles, les matières à recycler dans l'industrie nucléaire et les matières qui seront réutilisées en-dehors de l'industrie nucléaire.

Pour rassembler des informations sur toutes ces questions, les répondants ont été invités à préciser s'il existe dans le pays des dépôts pouvant recevoir tous les types de déchets radioactifs générés par le démantèlement, de fournir des détails sur ces dépôts ainsi que des informations sur des projets de dépôts. Ils ont, par ailleurs, été invités à décrire les politiques nationales en matière de déchets non radioactifs dangereux et de déchets « mixtes », à savoir des déchets radioactifs contenant une quantité de matières non radioactives dangereuses. Enfin, ils ont été invités à préciser s'il existe dans leur pays des seuils spécifiques de libération et/ou des procédures permettant de classer les

déchets de démantèlement dans la catégorie des déchets non radioactifs ou exempts des réglementations en vigueur sur ces déchets.

Dépôts destinés à recevoir les déchets radioactifs du démantèlement

Il est significatif de voir qu'aucun des vingt-six pays qui participent à cette étude ne possède de dépôts adaptés à tous les types de déchets de démantèlement.

Les catégories de déchets radioactifs qui ne peuvent être éliminées sont temporairement stockées dans des installations adaptées sur les sites des centrales nucléaires ou dans des installations d'entreposage provisoire spécialement conçues à cet effet dans le pays. En attendant la construction et la mise en service de dépôts adaptés aux déchets radioactifs et autres déchets dangereux, les opérations de démantèlement sont parfois différées. Étant donné que les estimations des coûts du démantèlement reposent sur des hypothèses relatives aux coûts de stockage des déchets, l'absence de dépôts conçus pour certaines catégories de déchets augmente l'incertitude pesant sur les coûts du démantèlement ainsi que leur variabilité d'un pays à l'autre.

Dans certains pays, comme la Suisse, les travaux de démantèlement nationaux sont planifiés de manière à assurer la disponibilité d'un dépôt au moment voulu. Dans d'autres pays, comme l'Allemagne, des installations d'entreposage des déchets radioactifs ont été construites afin de pouvoir poursuivre les opérations de démantèlement en attendant la disponibilité d'un site d'évacuation définitive.

Sept des pays qui ont répondu au questionnaire possèdent déjà des dépôts pouvant recevoir des déchets de démantèlement de faible et moyenne activité, qui resteront pour beaucoup d'entre eux en service pour de nombreuses années encore. Les informations les concernant sont résumées dans le tableau 2.1. La limitation de l'activité spécifique, du débit de dose à la surface des colis livrés et de la teneur en radioéléments à vie longue et en émetteurs alpha s'appliquent à ces dépôts. En général, des restrictions s'appliquent également à différents produits chimiques, à l'amiante, au graphite, aux liquides libres, au laiton ou aux formes pures de carbone, de magnésium, de bismuth ou de fluor.

Le niveau admissible du débit de dose à la surface des colis de déchets est souvent limité à 2 mSv/h, un impératif imposé par la réglementation du transport international. Dans certains pays, néanmoins, l'utilisation de colis de transport a permis l'évacuation de déchets dont les débits de dose à la surface étaient nettement plus élevés.

Aux États-Unis, il existe en Caroline du Sud, dans l'État de Washington et dans l'Utah, des dépôts qui acceptent quelques déchets de démantèlement ; l'une des caractéristiques intéressantes de ces dépôts est qu'aucune limite précise n'a été fixée pour la taille ou le poids des colis. Par exemple, dans le dépôt de Barnwell en Caroline du Sud, des générateurs de vapeur entiers ont été enfouis.

Dans plus de la moitié des pays qui ont répondu, il est prévu de construire des dépôts pour recevoir les déchets radioactifs de démantèlement. En Espagne, en France, Hongrie, en Italie, en Roumanie, et en Slovénie, de nouveaux dépôts destinés aux déchets radioactifs TFA et/ou de faible et de moyenne activité devraient être mis en service dans les dix prochaines années. En Finlande et en Suède, les dépôts aménagés pour recevoir des déchets radioactifs d'exploitation devraient être agrandis pour recevoir les déchets de démantèlement.

En Allemagne, la mine Konrad a reçu une autorisation de stockage de déchets non thermogènes en juin 2000, ce qui revenait à dire qu'elle pouvait recevoir tous les types de déchets

radioactifs, y compris les déchets de démantèlement à l'exception des déchets thermogènes, à savoir le combustible usé ainsi que les déchets de haute activité solidifiés issus du retraitement. Néanmoins, cette autorisation a été attaquée, de sorte que les déchets radioactifs ne pourront y être enfouis qu'après la décision des tribunaux.

Déchets non radioactifs dangereux

Le démantèlement des installations nucléaires implique la gestion de quantités importantes de déchets non radioactifs. Il s'agit de déchets qui, soit n'ont jamais été contaminés ou activés, ou qui sont dispensés de contrôle (voir seuils de libération) en raison des quantités infimes de radioéléments qu'ils contiennent. Ces déchets peuvent comporter des matières dangereuses, par exemple des composés chimiques toxiques, de l'amiante ou d'autres matériaux qui exigent un programme de gestion adapté.

Dans la plupart des pays, les déchets non radioactifs dangereux provenant du démantèlement des installations nucléaires sont soumis aux mêmes règles que les déchets d'autres entreprises industrielles. Les réponses au questionnaire le précisent directement ou renvoient à la législation nationale ou régionale applicable à ce type de déchets. En Belgique, au Canada et en Fédération de Russie par exemple, des règles, normes et politiques municipales, régionales ou provinciales, s'appliquent aux déchets non radioactifs dangereux. En Espagne et en Ukraine, des entreprises spécialement agréées gèrent ces déchets hors site. Dans quelques pays, cette question n'a pas encore été abordée.

Risques non radiologiques associés aux déchets radioactifs

Toutes les catégories de déchets radioactifs peuvent contenir des substances non radioactives dangereuses à des concentrations diverses. Dans certains pays, ces déchets sont appelés « déchets mixtes » lorsque la quantité de substances dangereuses dépasse certains niveaux fixés au préalable. Ces déchets requièrent une attention particulière, surtout lorsqu'ils doivent être entreposés dans des installations en subsurface.

Un tiers des pays ne possède pas de politique nationale spécifique aux déchets mixtes. Dans 25 % des pays, la gestion des déchets mixtes fait partie du traitement des déchets radioactifs. En République slovaque, les déchets mixtes seront provisoirement stockés pendant de longues périodes. En Suède et aux États-Unis, le stockage des déchets mixtes est limité par les critères d'acceptation de chaque dépôt.

Citons également l'exemple de l'Allemagne où la catégorie des déchets mixtes n'existe pas. Ce pays a choisi d'enfouir ses déchets radioactifs dans des formations géologiques uniquement et de ne pas mettre en service de dépôts en sub-surface. Les risques non radiologiques associés aux déchets radioactifs ont été estimés dans le cadre de l'évaluation de la sûreté de la mine Konrad. On a ainsi trouvé que les matières dangereuses associées aux déchets radioactifs ne constituent pas un danger supplémentaire pour la sécurité des générations actuelles et futures et peuvent être enfouies en toute sécurité dans des dépôts aménagés dans des formations géologiques profondes.

Tableau 2.1 Dépôts acceptant actuellement des déchets radioactifs de démantèlement

| Pays | Emplacement (Type) | Année d'ouverture | Année de fermeture prévue | Conditions limites d'acceptation des déchets | Matières spéciales non acceptées dans le dépôt |
|----------------|---|-------------------|---------------------------|--|--|
| Afrique du Sud | Namaqualand, Kliprand, Cap Nord | 1986 | 2386 | Les limites pour les matières A1 et A2 sont applicables conformément à la série de normes de sûreté TS-R-1 Max. 2 mSv/h à la surface du conteneur de déchets Taille max. des colis : 2 m ³ Poids max. : 6 tonnes | Déchets biologiques, Déchets contenant des émetteurs alpha à vie longue |
| Espagne | El Cabril, Cordoue | 1992 | | Max. émetteurs α : 3 700 Bq/g, Max. 50 mSv/h au contact (avant conditionnement) Taille max. du colis : 1,3 m ³ Poids max. : 1,5 –2,0 tonnes | Les critères d'acceptation se rapportent au niveau d'activité, à la période et à la taille |
| États-Unis | Barnwell, Caroline du Sud | 1971 | | Max. 50 000 Ci (une expédition) 2 mSv/h à la surface durant le transport Aucune limite de taille ou de poids | Déchets dangereux Déchets MNS ⁵ , déchets GTCC ⁶ |
| | Richland, Washington | 1965 | | Max. 60 000 Ci (une expédition) 2 mSv/h à la surface durant le transport Aucune limitation de taille ou de poids | Déchets dangereux Déchets MNS ⁵ , déchets GTCC ⁶ Laiton |
| | Clive, Utah (déchets de faible activité) | 1992 | | Déchets de classe A ⁶ seulement 2 mSv/h à la surface durant le transport Aucune limitation de taille ou de poids | Déchets MNS ⁵ Produits chimiques sous forme pure : carbone, magnésium, bismuth ou fluor. |

5. Matières nucléaires spéciales : matières contenant des isotopes, du plutonium, de l'uranium 233 ou de l'uranium enrichi en isotopes U-233 or U-235.

6. Dans le 10 CFR Partie 61.55, Classification des déchets, la NRC définit les impératifs de stockage pour trois catégories de déchets de faible activité adaptés au stockage en sub-surface. Il s'agit des déchets des classes A, B et C. Les déchets de la classe C doivent se conformer aux critères de stockage les plus stricts. Les déchets GTCC (au-delà de la classe C), sont des déchets qui contiennent des concentrations tellement élevées de radionucléides à vie longue, qu'ils ne peuvent être enfouis dans un centre de stockage en subsurface.

| | | | | | |
|---------------------|--|------|------|---|--|
| France | Centre de l'Aube, Soulaines | 1994 | | Max. 1×10^6 Curie (pour l'ensemble du dépôt) Taille max. des colis : 4 m^3 Poids max. : 10 tonnes | Graphite ; Déchets à vie longue |
| Royaume-Uni | Drigg, Cumbria, Angleterre (déchets faible activité) | 1959 | 2050 | Max. émetteurs α : 4 GBq/t Max. non - α : 12 GBq/t Pas de blindage supplémentaire, 2 mSv/h à la surface durant le transport. Larg. max. : 2 438 m Long. max. : 6 058 m Hauteur max. : 1 320 m Poids max. : 35t livré/avant injection 42t après injection/mise en place | Recevra quelques déchets solides de démantèlement de faible activité. Les déchets de démantèlement peuvent être refusés s'ils ont une forte incidence sur la capacité disponible (peut s'appliquer au graphite en raison de sa forte teneur en C_{14}) |
| République slovaque | 2 km au nord-ouest de la centrale nucléaire de Mochovce | 2001 | 2031 | Max. 2 mSv/h à la surface (conteneurs en béton fibré) Taille du colis : $1,7 \times 1,7 \times 1,7 \text{ m}^3$ Poids max. : 15 tonnes | Liquides libres; substances biodégradables (émission de gaz); substances pyrophoriques et substances produisant une réaction exothermique avec l'eau; déchets non radioactifs, toxiques ou dangereux |
| République tchèque | Dukovany (déchets faible activité et moyenne activité provenant des centrales nucléaires) | 1995 | 2100 | Max. β, γ : $1 \times 10^{12} \text{ Bq/m}^3$, α : $3 \times 10^7 \text{ Bq/m}^3$, Max. 0,9 Sv/h à la surface. Pas de limite de taille pour les colis, technique de manutention adaptée à des fûts de 200 (400) dm^3 Poids max. : 550 kg | Liquides libres ; matières pyrophoriques et/ou explosives; substances et préparations chimiques dangereuses (par exemple PCB, amiante, plomb) |
| | Richard Litoměřice (déchets faible activité et moyenne activité provenant d'instituts) | 1964 | 2070 | Max. β, γ : $1 \times 10^{11} \text{ Bq/m}^3$, α : $2 \times 10^8 \text{ Bq/m}^3$, Max. 1 mSv/h à la surface. Taille max. des colis : fûts de 200 dm^3 Poids max. : 600 kg | |

Seuils de libération

Dans 60 % environ des pays, il existe des seuils de libération spécifiques ou d'autres systèmes de classement des déchets de démantèlement dans la catégorie des déchets non-radioactifs les dispensant de se conformer à la réglementation. L'Espagne et l'Italie font partie des pays où des seuils de libération sont définis pour un site/projet de démantèlement ou pour un certain nombre d'activités spécifiques menées sur le site (par exemple, Caorso en Italie). Au Canada, les autorités de sûreté peuvent, pour un site en cours de démantèlement, fixer les seuils de libération au cas par cas. L'Allemagne, la Belgique, la Fédération de Russie et le Royaume-Uni font partie des pays où la législation nationale définit des seuils généraux de libération.

Les coûts de gestion et de stockage des déchets radioactifs peuvent représenter une partie importante des coûts généraux de démantèlement. L'existence de dépôts en service ou planifiés et leurs critères d'acceptation des déchets, la présence indispensable d'installations d'entreposage sur le site et les seuils et niveaux de libération ont une incidence sur le choix de la stratégie de démantèlement. Il est important d'en être conscient lorsque l'on compare les coûts estimés ou réels de différents projets de démantèlement.

Cette étude n'a pas pour objet de procéder à des comparaisons détaillées entre les seuils de libération applicables dans les pays qui y participent. Néanmoins, lorsque l'on compare les coûts ou l'estimation des coûts de divers projets de démantèlement, il importe de connaître les niveaux autorisés de libération des matériaux ou les hypothèses adoptées pour les définir.

Stratégies de démantèlement

Selon la définition donnée dans le chapitre 1, la stratégie de démantèlement correspond, dans le cadre de ce rapport, à la manière dont les exploitants et les propriétaires d'un site de réacteur appliquent la politique nationale de démantèlement. Elle recouvre les plans et hypothèses adoptés dans le contexte de projets de démantèlement, en particulier lorsqu'ils peuvent avoir une incidence sur les coûts associés.

Un certain nombre de questions portant sur la stratégie et les caractéristiques des sites de réacteur ont été incluses dans le questionnaire (annexe 2, questions QS1 à QS19). Parmi les informations demandées sur les sites de réacteur, on citera :

- Plans d'ensemble et données sur les sites ;
- opérations incluses dans les champs du démantèlement ;
- stratégies de démantèlement étudiées ;
- méthodologie suivie pour choisir la stratégie optimale et principaux facteurs pris en compte ; et
- plans de déconstruction et de stockage des déchets.

L'ensemble des informations fournies en réponse à ce questionnaire ont été rassemblées et comparées afin de rédiger les résumés présentés ci-dessous. Il faut noter que des réponses complètes n'ont pas toujours été données à chaque question pour chacun des sites de réacteur ou chacun des

réacteurs et qu'en outre la présentation des informations a pu varier d'une réponse à l'autre. En outre, certains pays ont fourni des données pour des réacteurs de référence ou des filières plutôt que pour des sites de réacteurs spécifiques. Signalons, donc, que les tendances décrites ci-dessous sont purement indicatives, et les données sur des points précis illustrent la variabilité des informations fournies.

Informations sur les sites de réacteurs

Vingt-cinq pays, possédant plus de 200 réacteurs implantés sur plus de 80 sites qui comportent chacun de 1 (par exemple Latina, en Italie) à 8 réacteurs (Bruce et Pickering, au Canada), ont répondu aux questions sur les stratégies de démantèlement. La plupart des réponses concernent une centrale nucléaire spécifique dans un pays donné. Néanmoins, certaines réponses contiennent des données plus générales qui sont représentatives des centrales nucléaires dans le pays en question. L'Allemagne et l'Espagne ont fourni des données sur un REP type et un REB type ; l'Ukraine a donné des données sur un VVER 1 000 type et la France a fourni une seule série de données correspondant à 58 REP. Dans la description et l'analyse qui suivent, les données fournies par l'Allemagne, l'Espagne et la France ont été traitées comme s'il s'agissait d'un réacteur alors qu'en fait, chaque série de données est représentative de plusieurs réacteurs. Cette partie du rapport, y compris les chiffres qui y figurent, est basée sur les réponses fournies à la partie stratégie du questionnaire⁷.

Données sur les réacteurs

Pour faciliter l'analyse des informations fournies sur la stratégie, un certain nombre de questions portaient sur les caractéristiques techniques des réacteurs. Les réponses à ces questions sont résumées ci-dessous.

Les données fournies concernent six types différents de réacteurs d'une puissance variant de 49 MWe (Calder Hall/Chapelcross au Royaume-Uni) à 1 455 MWe (Chooz B en France). Les filières et le nombre des réacteurs sont représentés sur la figure 2.1 et les différentes puissances ainsi que les valeurs médianes pour chaque filière sur la figure 2.2. D'une manière générale, il en ressort que, parmi les filières prises en compte, ce sont les réacteurs refroidis au gaz qui ont les capacités les plus faibles et les réacteurs à eau sous pression (REP) qui ont les capacités les plus fortes.

La majorité des réacteurs examinés sont équipés de cuves sous pression en acier, mais 12 % sont équipés de tubes de force et 9 % de cuves sous pression en béton.

Des questions ont été posées sur l'historique d'exploitation des réacteurs afin de vérifier les facteurs qui pouvaient avoir une influence sur les stratégies de démantèlement choisies ou les coûts de démantèlement. Aucun incident d'exploitation important n'a été signalé pour ces réacteurs, hormis un incendie dans la salle des machines (Vandellos en Espagne). Toutefois, les répondants ont précisé que certaines installations avaient été rénovées ou remplacées (Borssele aux Pays-Bas, Bohunice en République slovaque, Dukovany en République tchèque, Novovoronej en Russie et Krsko en Slovénie), que certaines avaient eu des fuites sans gravité (par exemple, Haddam Neck aux États-Unis) et que toutes n'avaient pas fonctionné en continu (Arménie, Canada, Italie).

7. Dans le chapitre 4, le texte et les chiffres sont basés sur les réponses à la partie « coûts » du questionnaire. Étant donné que certains répondants ont fourni des informations sur la stratégie mais non sur les coûts, les graphiques du chapitre 4 ne correspondent pas tout à fait à ceux de cette section.

Figure 2.1 Filières de réacteur pour lesquelles des informations ont été fournies sur la stratégie de démantèlement

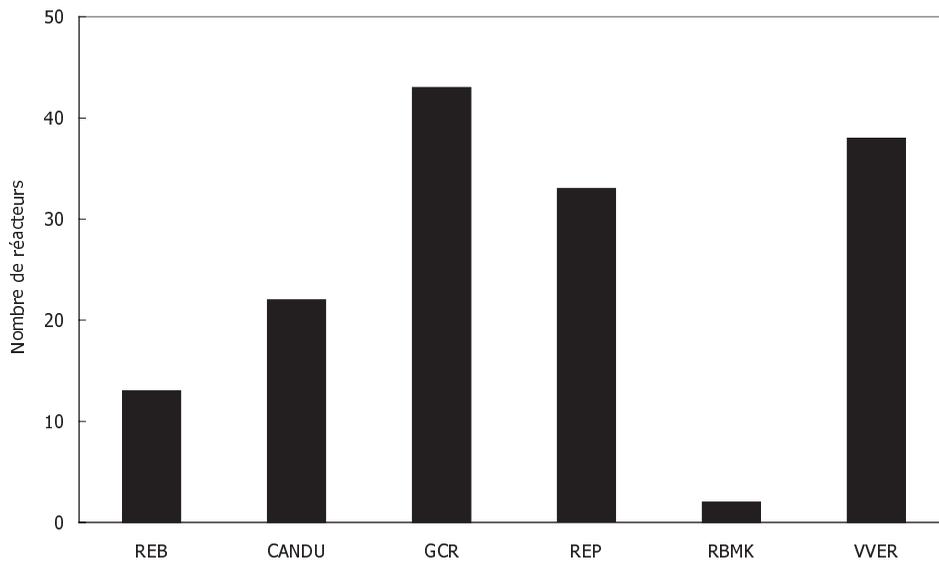
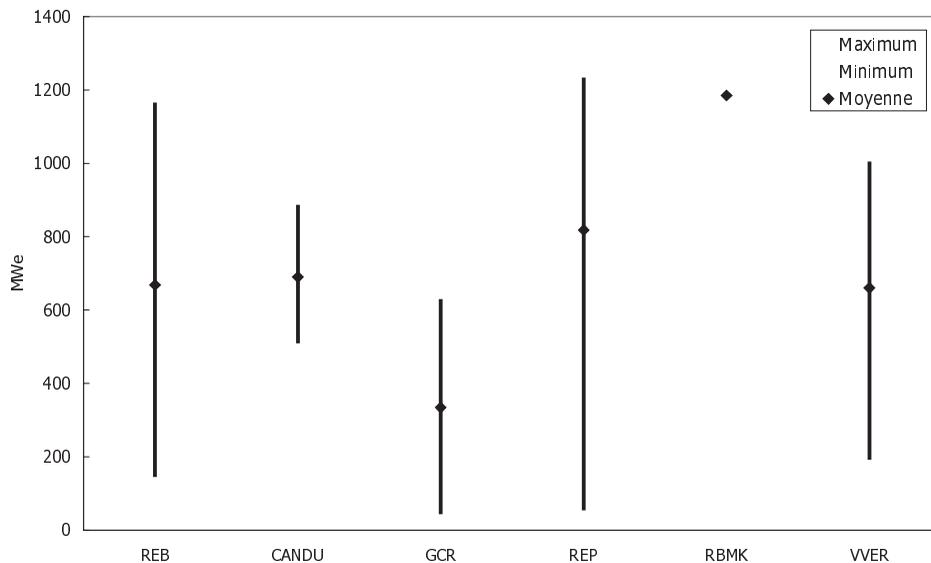
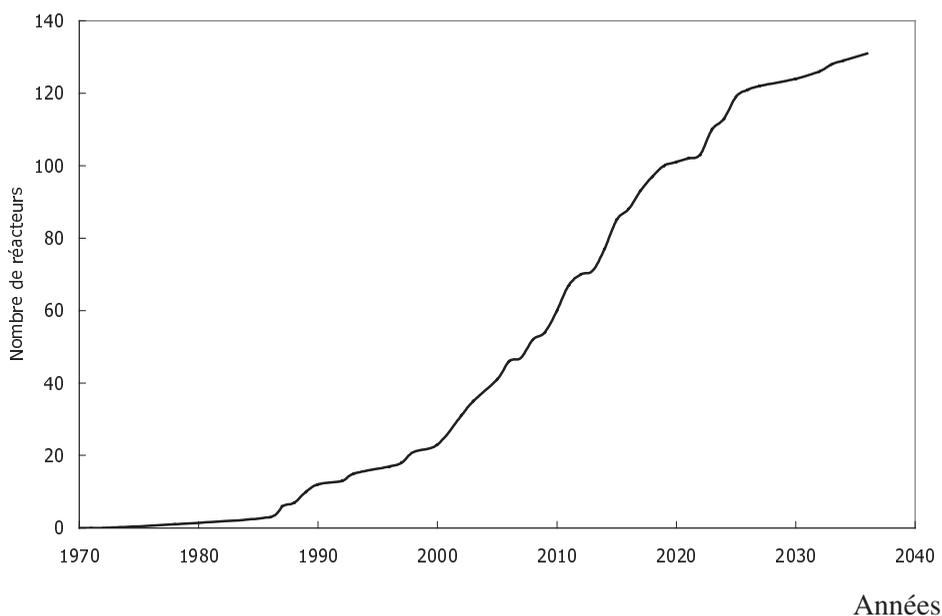


Figure 2.2 Puissance des réacteurs pour lesquels des informations ont été fournies sur la stratégie de démantèlement



La majorité des réacteurs pour lesquels des informations ont été fournies sont encore en exploitation mais 20 % environ d'entre eux ont déjà été mis à l'arrêt. Les dates d'arrêt réelles ou prévues ont été données pour approximativement 60 % des réacteurs. On peut voir sur la figure 2.3 la courbe des arrêts cumulés de ces réacteurs qui révèle que le nombre des réacteurs mis à l'arrêt devrait augmenter régulièrement jusqu'en 2030, date à laquelle la plupart des unités considérées dans cette étude seront arrêtées. Notons, toutefois, que les dates d'arrêt des réacteurs qui sont encore exploités sont celles adoptées comme hypothèse pour calculer les coûts et ne sont pas forcément définitivement fixées.

Figure 2.3 Nombre cumulé de réacteurs arrêtés



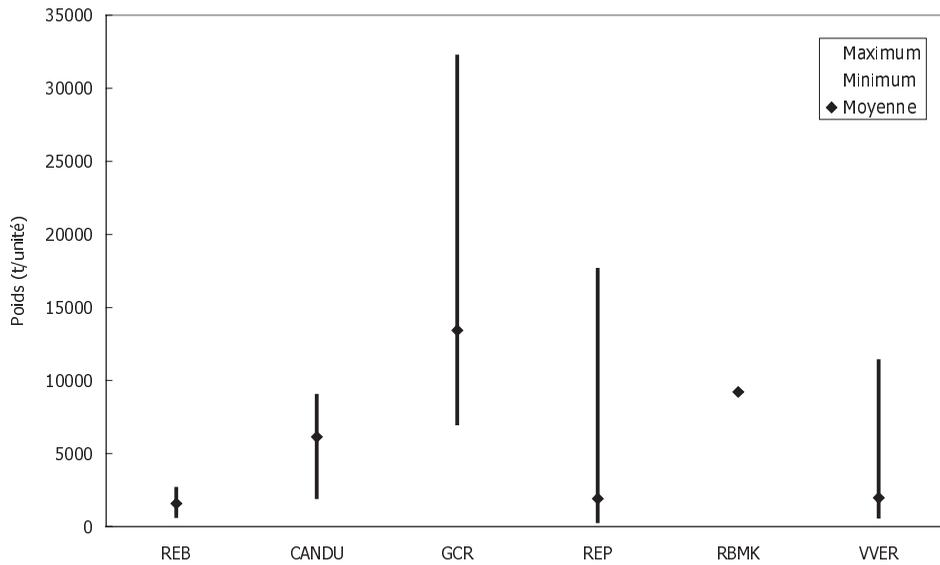
Quantité de déchets

Les filières, les tailles et les structures des réacteurs couverts par ce rapport sont très diverses. Cette diversité a une incidence sur les quantités et les types de matières radioactives et non radioactives issues du démantèlement. C'est pourquoi, la décision a été prise de demander des informations dans le questionnaire aussi bien sur les matières radioactives que non radioactives dans l'intention de traiter dans le rapport l'ensemble du site du réacteur, y compris les bâtiments et équipements conventionnels non radioactifs.

Comme les pays et les compagnies d'électricité utilisent des conventions différentes pour présenter leurs données sur les déchets de démantèlement, les réponses au questionnaire ont été très variées. Certaines d'entre elles ne parlaient que de l'îlot nucléaire alors que d'autres couvraient l'ensemble du site du réacteur, y compris les bâtiments et les équipements conventionnels non radioactifs, par exemple la salle des machines. Pour pouvoir procéder à une comparaison entre les réacteurs et les filières de réacteurs, l'analyse détaillée des données a porté sur les matières radioactives, dans la mesure où cette information était plus fiable puisqu'elle était plus systématiquement fournie.

Il ressort de l'analyse des quantités de déchets radioactifs, présentées sur les figures 2.4 à 2.7, une variabilité des données à l'intérieur d'une même filière et entre filières. Il convient de souligner que les conclusions de l'analyse de ces données illustrent des tendances mais ne sont pas définitives dans la mesure où certaines réponses étaient incomplètes. Les figures 2.4 et 2.5 donnent le poids des matières radioactives par réacteur ou tranche et montrent l'intervalle de variation de ces poids ainsi que la médiane pour chaque filière de réacteur.

Figure 2.4 Poids des matières radioactives provenant du réacteur



La figure 2.4 concerne les matières radioactives du seul réacteur et révèle que les réacteurs refroidis au gaz (GCR) produisent nettement plus de déchets radioactifs que les autres filières. Pour toutes les autres filières, le poids des matières radioactives est généralement plus faible et varie moins à l'intérieur d'une même filière.

La figure 2.5 représente l'ensemble des matières radioactives et non celles du seul réacteur. Là encore, les réacteurs refroidis au gaz se caractérisent par les quantités les plus importantes de matières radioactives, mais la variabilité des quantités à l'intérieur de chacune des filières est plus importante que pour les matières radioactives du réacteur. Cela s'explique probablement par l'importance variable des bâtiments et équipements auxiliaires sur les divers sites de réacteurs.

Figure 2.5 Poids total des matières radioactives

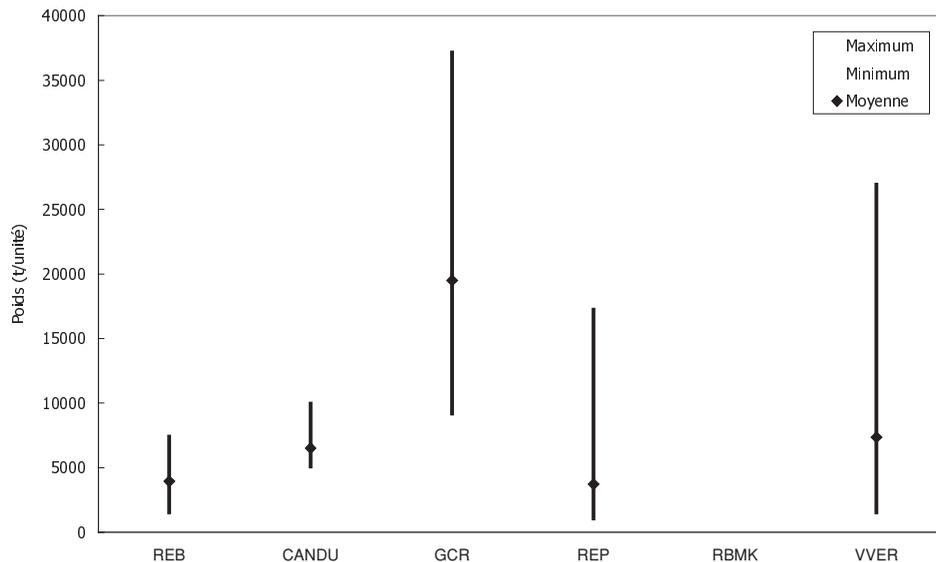
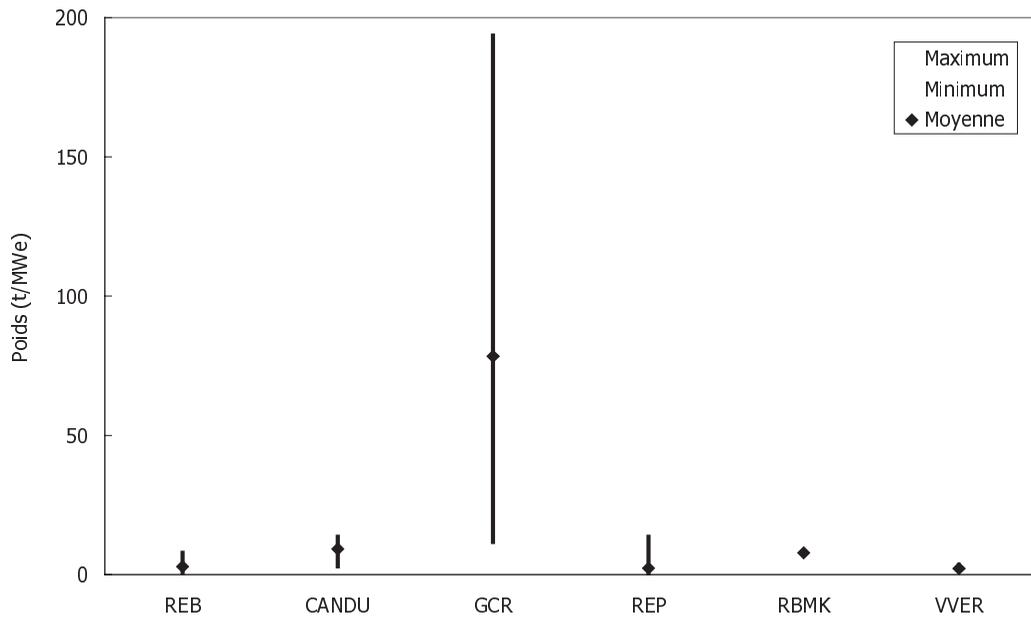
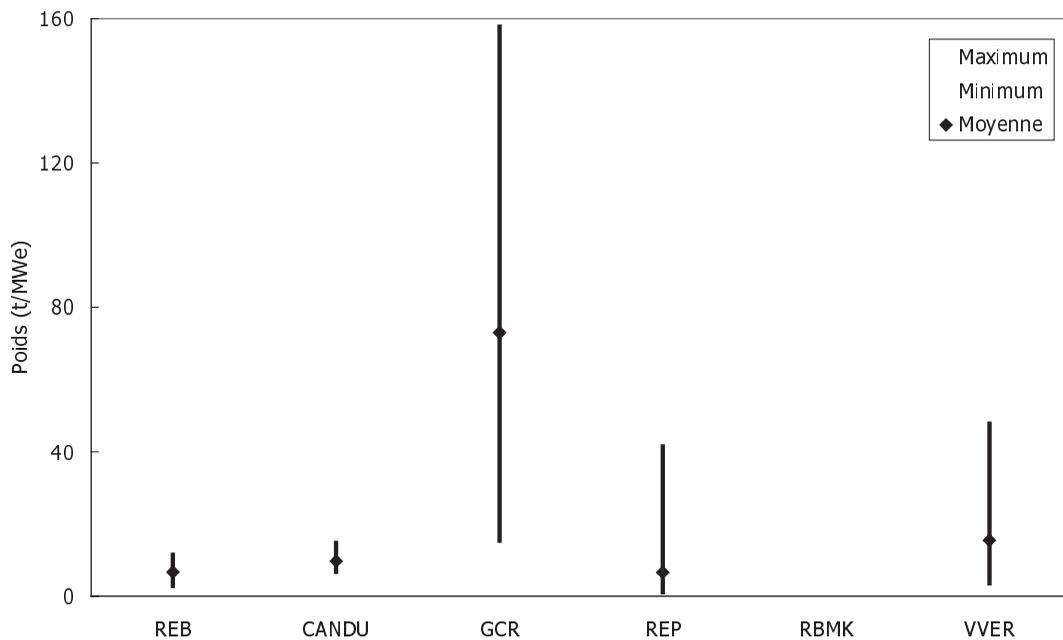


Figure 2.6 Poids des matières radioactives du réacteur par MWe



Afin de vérifier si la puissance du réacteur a une incidence sur la quantité de déchets, les données présentées sur les figures 2.4 et 2.5 sont exprimées en tonne/MWe dans les figures 2.6 et 2.7. On peut ainsi constater que la puissance du réacteur n'est pas un facteur déterminant. En outre, on peut voir sur la figure 2.6 que la différence entre les réacteurs refroidis au gaz et les autres est plus marquée lorsqu'il s'agit de données normalisées.

Figure 2.7 Poids de l'ensemble des matières radioactives par MWe



La figure 2.7 qui, comme la figure 2.5, représente l'ensemble des matières radioactives, révèle une plus grande variabilité entre les filières de réacteurs même si les réacteurs refroidis au gaz se caractérisent toujours par les poids ramenés au MWe les plus élevés. Cette plus grande variabilité entre les valeurs maximales et minimales s'explique probablement par la différence d'importance des équipements et bâtiments auxiliaires d'un réacteur à l'autre et d'une filière à l'autre.

Il ressort de ces données que les quantités de déchets radioactifs sont extrêmement variables non seulement entre filières de réacteurs mais aussi entre réacteurs de la même filière. La même constatation peut être faite au sujet des matières non radioactives.

Étant donné que la quantité de matière sur le site du réacteur aura une incidence directe sur les coûts de démantèlement, du fait par exemple de l'ampleur des opérations de démontage requises et de la quantité de déchets radioactifs à stocker, la forte variabilité du poids mise en évidence dans les figures ci-dessus aura inévitablement des effets sur les coûts de démantèlement. Quelle que soit leur puissance, les réacteurs qui produisent des quantités importantes de matières radioactives se caractériseront par des coûts de démantèlement plus élevés.

Responsabilité en matière de démantèlement

À la question demandant si le passage de la phase d'exploitation à celle de démantèlement s'accompagnait d'un changement de responsabilité, la plupart des pays ont répondu que les opérations de démantèlement incombaient aussi à la compagnie d'électricité ou à l'exploitant. Néanmoins, deux pays (l'Espagne et la Hongrie) ont déclaré qu'un organisme national différent était responsable de ces opérations. Ce transfert de responsabilité ne devrait pas avoir d'incidence sur les coûts eux-mêmes, mais pourrait en avoir sur les provisions pour aléas prises en compte dans les estimations de coûts.

En ce qui concerne le responsable du choix de la stratégie de démantèlement, la plupart des compagnies/pays indique que cette tâche incombe à la compagnie d'électricité/exploitant bien que quelques-uns précisent que cette décision est prise par les pouvoirs publics.

Choix de la stratégie de démantèlement

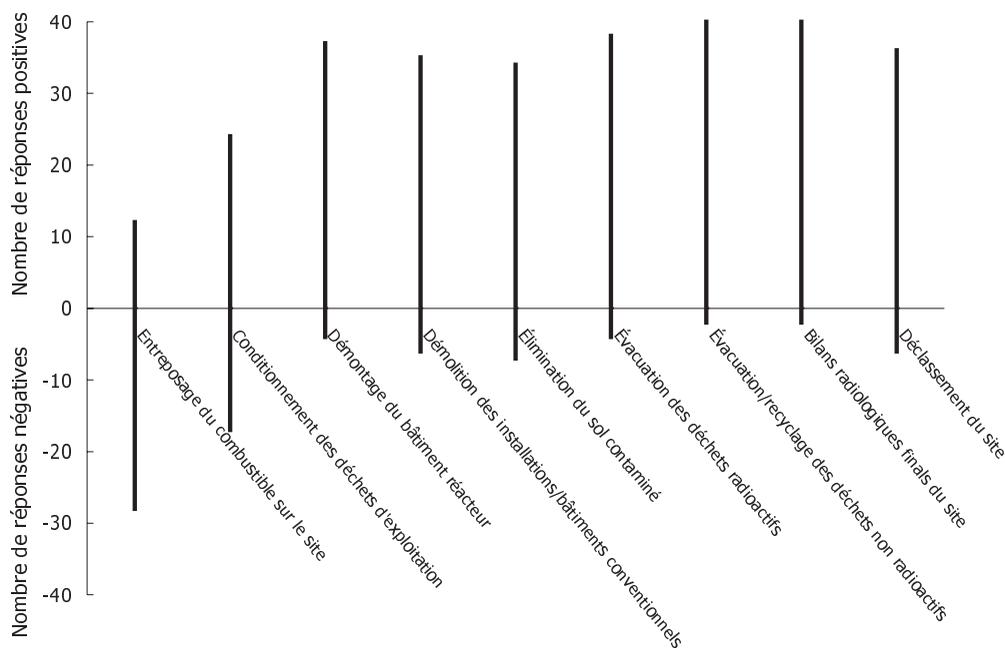
Un certain nombre de questions posées dans le questionnaire ont trait au choix de la stratégie de démantèlement. Elles portent notamment sur les activités faisant partie de l'ensemble des opérations prévues, les options de démantèlement examinées, les facteurs pris en considération et le procédé utilisé. Les réponses sont résumées dans les paragraphes qui suivent.

Champs du démantèlement envisagé

Afin d'être en mesure d'apprécier le champ du démantèlement envisagé, les répondants ont été invités à préciser s'ils incluent ou non dans les opérations de démantèlement neuf activités importantes. Il s'agit de : entreposage du combustible sur le site ; conditionnement des déchets d'exploitation ; démontage du bâtiment réacteur ; démolition des installations/bâtiments conventionnels ; élimination du sol contaminé ; évacuation des déchets radioactifs ; évacuation/recyclage des déchets non radioactifs ; bilans radiologiques finals du site ; déclassement du site.

Il fallait répondre par oui ou par non pour chacune des activités listées. On peut voir sur la figure 2.8, le nombre de réponses affirmatives et négatives. Bien que les réponses aient été données pour chaque site de réacteurs, on a pu constater, ce qui est compréhensible, qu'elles étaient généralement identiques pour tous les sites d'un même pays, et en cas de variation, les différences se situaient entre les compagnies d'électricité d'un pays. C'est pourquoi, les réponses ont été regroupées en un seul ensemble de 40 compagnies d'électricité/pays plutôt que d'être présentées pour la totalité des 80 sites de réacteurs de l'étude.

Figure 2.8 Opérations incluses dans les activités de démantèlement

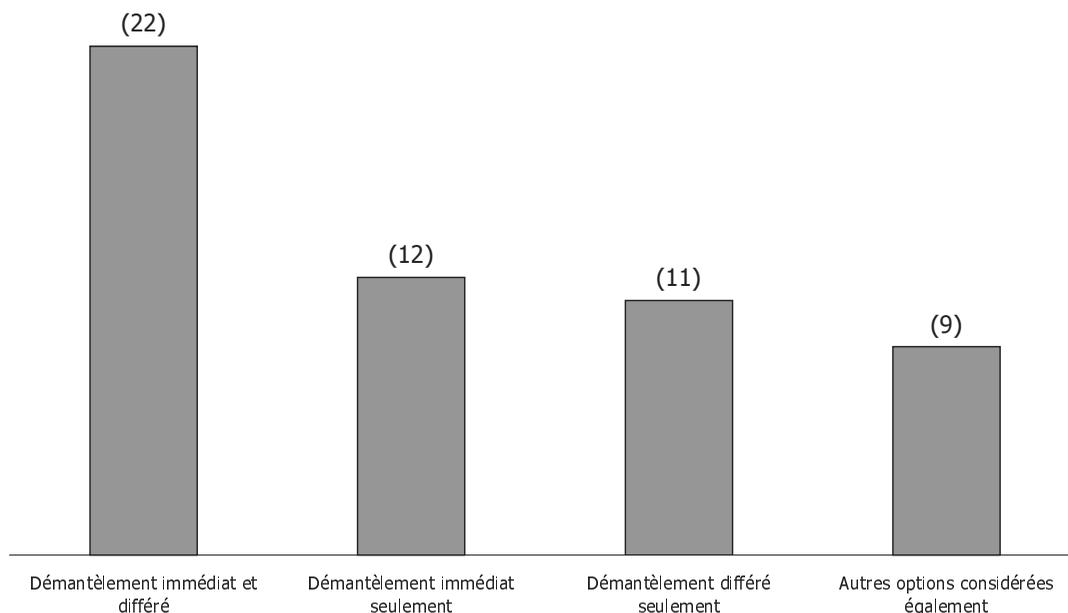


Il ressort de la figure 2.8 que la grande majorité des répondants inclut la plupart de ces neuf activités dans les opérations de démantèlement pour le calcul des coûts futurs/prévus. Toutefois, une grande majorité également n'y intègre pas l'entreposage du combustible sur le site. De même, un grand nombre n'y intègre pas non plus le conditionnement des déchets radioactifs d'exploitation. Il faut noter, par ailleurs, que des réponses négatives ont été données pour toutes les activités, ce qui démontre que les opérations incluses dans les activités prévues de démantèlement sont variables selon les compagnies d'électricité/pays. Cette variabilité se traduira inmanquablement par des différences de coûts.

Options de démantèlement

Les répondants ont été invités à préciser les options de démantèlement qu'ils avaient prises en considération : le démantèlement total immédiat après l'arrêt du réacteur, le report de certaines opérations de démantèlement, ou d'autres options. Les réponses sont indiquées sur la figure 2.9 qui révèle que, dans la plupart des cas, les répondants prennent en compte les deux stratégies, à savoir le démantèlement immédiat et le démantèlement différé tandis qu'un petit nombre ne tient compte que de l'une d'entre elles.

Figure 2.9 Options de démantèlement prises en compte (nombre de réponses)



Ceux qui prenaient en compte un démantèlement différé ont été invités à préciser la durée du délai envisagé. La majorité apparemment n'a pris en compte qu'une seule période d'attente, allant de dix ans au Japon à 80 ans en Slovénie. Néanmoins, certaines compagnies d'électricité (en France, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni) ont répondu qu'elles avaient pris en compte plusieurs scénarios, à savoir des périodes de 25 à 50 ans, de 40 à 100 ans et de 35 à 135 ans.

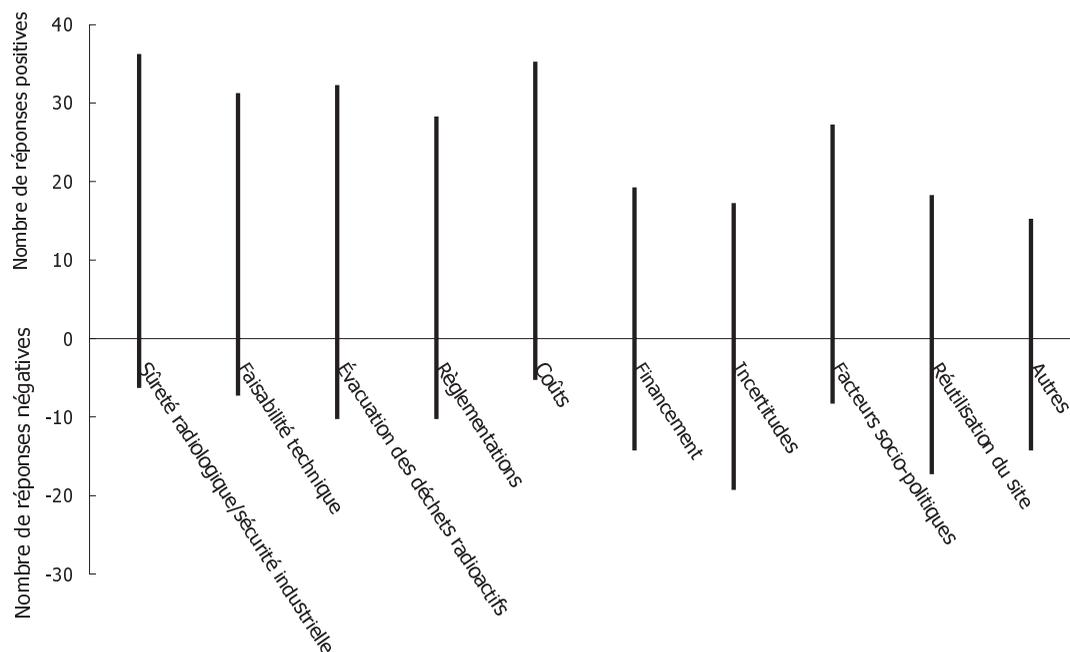
Parmi ceux qui répondent qu'ils ont pris en compte d'autres options, le confinement dans un sarcophage et l'entreposage sur le site sont les deux solutions mentionnées.

Choix de la stratégie de démantèlement

S'agissant du choix des stratégies de démantèlement, les répondants ont précisé la méthode utilisée et les facteurs pris en compte. La plupart d'entre eux signalent avoir eu recours à une forme d'analyse multicritères de la décision, quoique certains indiquent s'être limités à un nombre restreint de facteurs, par exemple coûts, sûreté et réduction de la dose d'irradiation.

Les répondants ont été invités à préciser s'ils avaient pris en compte dix facteurs spécifiques au nombre desquels la sûreté, l'entreposage des déchets radioactifs, les incertitudes, les facteurs sociaux et politiques et la réutilisation du site. Là encore ils devaient répondre par oui et non pour chacun des facteurs. On trouvera sur la figure 2.10 la liste complète des facteurs et les réponses données. L'analyse de ces réponses révèle qu'une majorité de facteurs a été prise en compte par la plupart des compagnies d'électricité/pays mais deux pays seulement, l'Allemagne et la République tchèque, disent avoir pris en compte tous les facteurs.

Figure 2.10 Facteurs pris en compte pour rechercher l'option de démantèlement optimale



Toutefois, il convient d'être prudent en interprétant les réponses dans la mesure où les répondants n'ont indiqué que les principaux facteurs pris en compte pour déterminer la stratégie de démantèlement optimale. Ainsi, le fait que certains aient déclaré ne pas avoir pris en compte la sûreté ne signifie pas qu'ils estiment que celle-ci ne revêt aucune importance pour le démantèlement. En fait, la sûreté est un impératif inhérent au processus étant donné qu'une stratégie de démantèlement ne pourrait être envisagée si elle n'était pas sûre. C'est pourquoi, la sûreté n'est pas un facteur décisif pour le choix entre plusieurs options de démantèlement.

Les facteurs cités comme n'ayant pas de rôle déterminant varient d'une compagnie d'électricité et/ou d'un pays à l'autre. Certains facteurs ont été plus souvent élimés de la liste des facteurs décisifs. Citons la disponibilité de fonds, sachant, toutefois, que la majorité de ceux qui ne prenaient pas en considération ce facteur tenaient compte des coûts. Cela s'explique probablement par le fait que les fonds sont normalement déterminés par les coûts une fois la stratégie de démantèlement choisie, et non avant. Les incertitudes (au sujet des réglementations futures, par exemple) sont un autre facteur souvent déclaré non déterminant. Ceux qui répondent par la négative à cette question se répartissent également entre ceux qui ont uniquement pris en compte l'option de démantèlement immédiat et ceux qui ont uniquement ou également pris en compte l'option du démantèlement différé. Certains ont précisé qu'ils n'avaient pas tenu compte des incertitudes séparément mais dans le cadre du facteur coût.

Quelques unes des différences peuvent s'expliquer par des démarches nationales spécifiques. Ainsi un pays, l'Italie, a répondu par la négative à tous les facteurs cités sauf les facteurs socio-politiques. Cela est dû au fait que les pouvoirs publics italiens n'envisagent qu'un démantèlement immédiat de sorte que les compagnies d'électricité n'ont pas à prendre en compte d'autres facteurs pour définir la stratégie de démantèlement qu'ils appliqueront. En outre, certains pays ont déclaré que la réutilisation du site était une considération fondamentale. Cette réponse s'explique par l'intention de certains de réutiliser leur site pour continuer à produire de l'électricité nucléaire (France) et/ou par l'absence d'autres sites adaptés aux nouveaux projets nucléaires (Japon).

Plusieurs répondants ont indiqué avoir pris en compte d'autres facteurs que ceux cités dans le questionnaire. Il s'agit dans leurs cas principalement de facteurs se rapportant à l'environnement, mais vraisemblablement d'autres pays ont aussi pris en compte ce facteur, par exemple comme l'exigent leur législation nationale et la législation européenne.

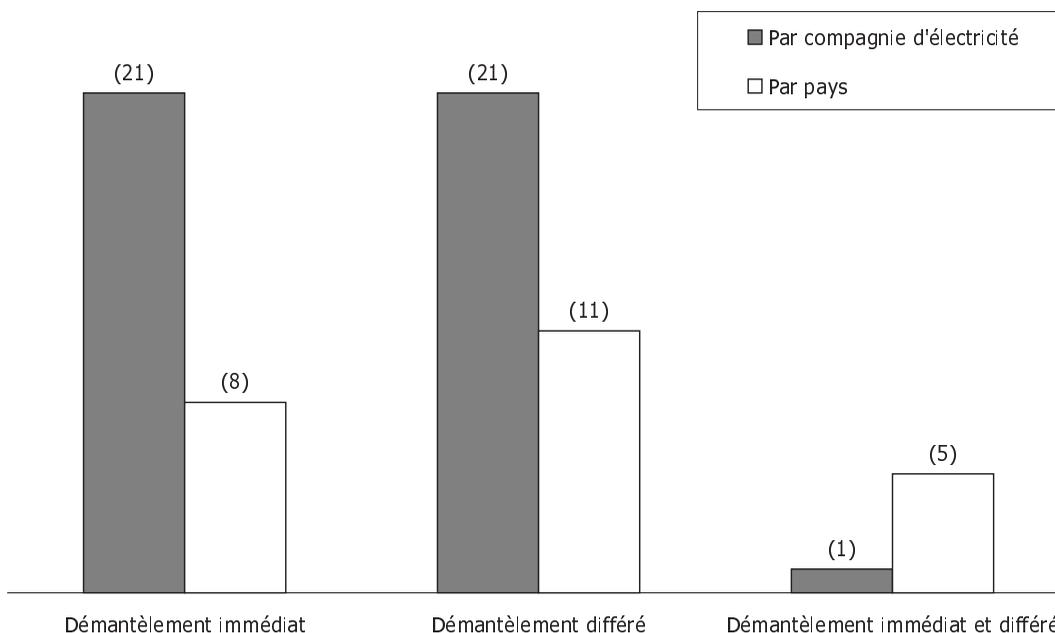
Participation des parties prenantes

En ce qui concerne les parties prenantes consultées pendant la procédure de définition de la stratégie, les répondants mentionnent surtout les pouvoirs publics et les autorités de sûreté, suivis du public.

Stratégies de démantèlement utilisées pour le calcul des coûts

Une autre question concernait l'option de démantèlement choisie pour calculer les coûts. Les réponses sont présentées dans la figure 2.11 qui montre que 21 compagnies d'électricité citent l'option de démantèlement immédiat, 21 l'option de démantèlement différé et une (compagnie d'électricité allemande) retient les deux options. Aucune compagnie d'électricité ou aucun pays ne parle d'une autre option (comme par exemple, le confinement dans un sarcophage) comme option principale utilisée pour ce calcul des coûts. Quand on analyse cette information au niveau des pays, et non des compagnies d'électricité, huit pays seulement prennent en compte l'option du démantèlement immédiat pour l'estimation des coûts, 11 pays prenant en compte celle du démantèlement différé et cinq pays les deux options.

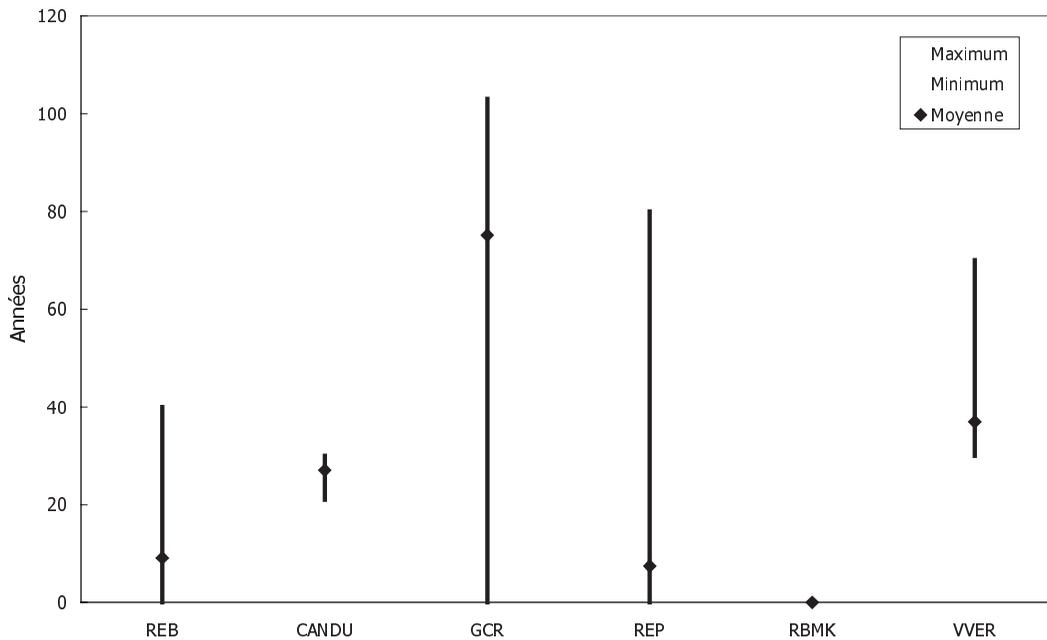
Figure 2.11 Option de démantèlement utilisée pour le calcul des coûts (nombre de réponses)



Durée du report des opérations de démantèlement

Les informations fournies sur la durée du report adoptée pour le calcul des coûts sont présentées dans la figure 2.12 par filière de réacteur, le démantèlement immédiat correspondant à la durée zéro. On constate ainsi que l'éventail le plus large des durées de report, et les délais les plus longs sont associés aux réacteurs refroidis au gaz. Pour les REP également l'éventail des durées de report est large, sachant, toutefois, qu'il ne s'agit essentiellement que de deux pays, la Hongrie et la Slovaquie, qui prennent pour hypothèses 70 et 80 ans respectivement. Généralement, à l'exclusion de ces REP et des réacteurs refroidis au gaz, la durée du report citée pour toutes les filières varie entre 0 et 50 ans.

Figure 2.12 Durée du report du démantèlement utilisée pour le calcul des coûts (ans)

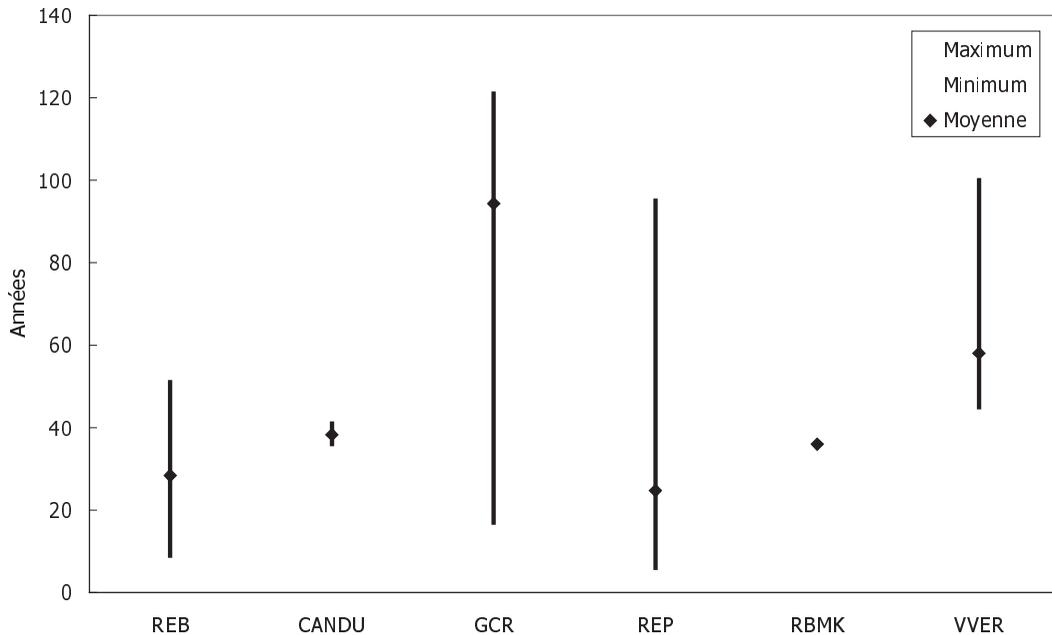


Cependant, il ressort des données transmises que les durées de report du démantèlement citées ne sont pas présentées de la même manière pour tous les réacteurs. Ainsi, les durées citées par certaines compagnies d'électricité correspondent à des périodes de quiescence uniquement, à l'exclusion de toute période consacrée aux activités de démantèlement ou de déconstruction. D'autres compagnies d'électricité estiment que la période de report du démantèlement est celle qui court du moment de la mise à l'arrêt du réacteur au début de la période finale de démantèlement, à savoir une période de quiescence et des périodes de démantèlement actif.

Ces différentes définitions des périodes de report peuvent aboutir à des écarts importants dans les chiffres pour une durée de démantèlement générale quasiment équivalente. Ainsi, dans le cas où le démantèlement immédiat des réacteurs est la stratégie choisie, on estime à 30 à 40 ans la durée qui sépare la mise à l'arrêt du réacteur de la fin des travaux de démantèlement. En revanche, pour certains réacteurs dont le démantèlement est différé de 30 ans (soit une période de quiescence de 30 ans) on prévoit en fait aussi une période de 40 ans entre le moment de l'arrêt définitif du réacteur et l'achèvement du démantèlement. Dans cet exemple, il n'y a pas de différence pour la durée de démantèlement global entre ce que l'on appelle une stratégie de démantèlement immédiat et une stratégie de démantèlement différé.

Pour pouvoir comparer les différents calendriers sur la même base, la figure 2.13 présente les mêmes informations que celles utilisées dans la figure 2.12 pour indiquer la durée prévue de la période qui sépare l'arrêt définitif du réacteur de la fin des opérations de démantèlement pour chacune des filières de réacteur. On observe ainsi que la durée moyenne de report effectif, couvrant l'ensemble de la période séparant la mise à l'arrêt du réacteur de la fin des opérations de démantèlement, est plus longue que celle qui ressort de la figure 2.12 pour toutes les filières de réacteur. Dans l'ensemble, il n'est pas inhabituel que le délai jusqu'à la fin du démantèlement soit de 40 à 50 ans.

Figure 2.13 Délai entre l'arrêt et le démantèlement complet, pris pour hypothèse dans le calcul des coûts (ans)



On notera que les stratégies de démantèlement que les répondants déclarent avoir préférées sont celles qu'ils ont utilisées pour calculer les coûts et ne correspondent pas forcément à des décisions arrêtées ou définitives. Par exemple, une compagnie d'électricité (au Royaume-Uni) a indiqué différer pendant 50 ans au maximum le démantèlement d'un REP mais suppose prudemment, dans son calcul des coûts une période nettement plus courte de 10 ans. Dans certains cas, les périodes déclarées de report correspondent à des périodes maximales et parfois à des périodes minimales (Pakistan et Royaume-Uni).

Démantèlement et gestion des déchets radioactifs

Plusieurs questions étaient consacrées aux activités de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs.

Techniques de démantèlement

La majorité des réponses indiquent que les réacteurs, qui sont les composants manipulés les plus radioactifs et se caractérisent par la dose de rayonnement la plus élevée, seront démontés à l'aide

de dispositifs entièrement téléopérés, avec quelques opérations semi-robotisées pour certaines parties du réacteur. Généralement, les seules compagnies d'électricité qui suggèrent que les opérations de démantèlement du réacteur pourraient se faire au contact sont celles qui possèdent des réacteurs refroidis au gaz et qui proposent de longues durées de report des opérations pour permettre une diminution des débits de dose avant le démarrage des opérations. En comparaison, la majorité des répondants laissent entendre que des opérations de démantèlement semi-télécommandées pourraient être utilisées pour des composants du circuit primaire, comme les générateurs de vapeur et les échangeurs de chaleur, certains d'entre eux précisant qu'ils n'excluent pas des travaux au contact. Les opérations de démantèlement télécommandées seront plus coûteuses que les techniques semi-robotisées, les travaux au contact étant bien sûr les moins onéreux.

Conditionnement des déchets

En ce qui concerne l'ampleur du démantèlement requis, la plupart des répondants indiquent qu'il serait indispensable de fragmenter les réacteurs et les composants du circuit primaire en petites pièces pour les conditionner et les stocker dans des colis de diverses tailles standard. Un petit nombre de répondants indiquent que ces équipements pourraient être retirés et stockés en entier ou sous forme de très grosses pièces. La plupart des répondants indiquent qu'il serait nécessaire d'injecter dans les vides des colis de déchets du mortier ou une matière similaire. L'ampleur de la réduction de taille requise aura une incidence sur l'importance des travaux nécessaires et, donc, sur les coûts du démantèlement. Ne pas réduire la taille permettrait de réduire les coûts du démantèlement mais obligerait à prévoir des dépôts de déchets capables de recevoir de vastes colis.

Degré de développement industriel

Invités à préciser la nature des travaux de démantèlement, deux répondants seulement ont indiqué qu'il s'agit de projets de recherche ou de développement contrairement à tous les autres qui parlent d'une activité pleinement commerciale. Ceci tend à prouver que les techniques et procédés nécessaires au démantèlement existent et sont satisfaisants même si les possibilités d'amélioration continuent d'être sérieusement étudiées (pour les coûts, la production des déchets et la réduction au minimum des doses). En effet, le rapport technique n°395 de l'AIEA, *State-of-the-Art Technology for Decontamination and Dismantling of Nuclear Facilities*, publié en 1999, conclut que les technologies actuelles sont adaptées à pour ainsi dire tous les besoins de démantèlement, bien que certaines techniques nécessitent encore des travaux de R&D pour parvenir à maturité ou afin de réduire l'exposition ou les quantités de déchets produits, ou encore les coûts.

Activités intervenant pendant la période de quiescence

Ceux qui proposent de différer les opérations de démantèlement, étaient invités à préciser les activités qui devraient être réalisées pendant ce délai. Les réponses sont diverses, certains indiquant que du personnel restera sur place en permanence 24 heures sur 24, tandis que d'autres déclarent que ce ne serait pas le cas mais qu'une surveillance à distance serait assurée en permanence, complétée par des visites régulières des sites ; les sites ne seraient donc en aucun cas abandonnés pendant cette période de quiescence. Certaines compagnies d'électricité envisagent de faire fonctionner des systèmes de ventilation, mais d'autres non, sachant que, quoi qu'il en soit, une surveillance et une maintenance des sites seraient assurées tout au long de la période de quiescence.

Évacuation des déchets

La plupart des répondants prévoient une évacuation directe des déchets dans un dépôt, et seuls quelques-uns précisent qu'après le démantèlement, une période d'entreposage sur le site ou en dehors du site serait nécessaire en attendant qu'un site de stockage définitif ne soit prêt. Néanmoins, notons qu'aucun pays ne possède, pour l'instant, de dépôt de déchets approprié pour recevoir tous les déchets qui seront issus du démantèlement.

L'existence, ou non, de dépôts de déchets capables de recevoir les déchets de démantèlement aura normalement une incidence sur les stratégies de démantèlement finalement mises en œuvre et le calendrier de ces opérations. Certains pays le reconnaissent puisqu'ils préfèrent un démantèlement immédiat mais, dans l'exposé de leur stratégie, déclarent qu'en l'absence d'un dépôt, le démantèlement du réacteur sera différé (Italie, Japon).

3. ESTIMATION DES COÛTS DU DÉMANTÈLEMENT ET MODES DE FINANCEMENT

Pour bien comprendre ce que sont les estimations de coûts et procéder à une analyse pertinente et fiable des facteurs de coûts, il importe de savoir comment, pourquoi et par qui sont effectuées ces estimations. Comme il existe de nombreuses techniques et démarches pour évaluer les coûts du démantèlement, l'utilisateur choisira celle qui fournit une estimation répondant à l'objectif recherché. En fonction de cet objectif, en effet, la nature de l'estimation effectuée peut varier de manière significative.

Les estimations de coûts peuvent servir à trois grands types d'usages : pour les pouvoirs publics, s'informer et déterminer comment orienter leur politique pour être sûrs de disposer des fonds de démantèlement le moment venu ; pour les compagnies d'électricité, évaluer les besoins de financement et les charges financières ; enfin, pour l'exécution d'un projet de démantèlement servir de base pour établir la stratégie industrielle et planifier les activités de démantèlement.

Cette étude s'intéresse aux aspects relevant des deux premières fonctions qui sont étroitement liées. Il s'agit surtout ici de fournir aux pouvoirs publics une information leur permettant de se faire une idée juste des coûts de démantèlement à partir de laquelle ils pourront concevoir des politiques et règlements garantissant le financement du démantèlement.

Les estimations présentées dans cet ouvrage reposent en général sur la stratégie de démantèlement communément admise au moment de l'estimation et sont centrées sur les montants nécessaires et le calendrier de dépenses. Les estimations des coûts de démantèlement qui sont réalisées dans cette perspective sont par conséquent mises à jour périodiquement en fonction de la stratégie de démantèlement du moment et de l'état de la technologie de démantèlement.

Lorsqu'elles servent de base pour la planification et la gestion des activités de démantèlement, leur troisième fonction, les estimations des coûts du démantèlement peuvent être plus détaillées que si elles sont utilisées pour obtenir enveloppe des coûts à financer. Elles s'appuient généralement sur une stratégie et un planning industriels détaillés du démantèlement et peuvent être utilisées pour passer des contrats ou lancer des appels d'offres, comme point de départ pour définir le référentiel du projet à partir duquel seront établis les planning de dépenses et l'échéancier des opérations à l'origine, ainsi que pour les besoins de la comptabilité et du planning des dépenses pendant les opérations de démantèlement.

Dans tous ces cas, les éléments employés pour évaluer et gérer les coûts du démantèlement sont identiques, sachant qu'à différents usages correspondent des niveaux de détail différents. C'est pour ces raisons, entre autres, que l'AEN, l'AIEA et la CE ont établi et diffusé largement un document contenant des définitions spécifiques des différents éléments et classes de coût. Ce document s'intitule « *A proposed Standardised List of Items for Costing Purposes : Interim Technical Document* », (1999). La matrice de coûts qui y est présentée peut être utilisée à divers niveaux de détail et ainsi aider à atteindre les principaux objectifs des estimations des coûts du démantèlement. La matrice des éléments de coût ainsi mise au point a été utilisée pour la partie consacrée aux coûts du questionnaire qui a servi à réunir les informations nécessaires à la réalisation de ce rapport. Les principaux éléments

de cette matrice sont décrits ci-dessus ainsi que certains aspects généraux de la modélisation et de la comptabilisation des coûts.

Il convient de remarquer, en outre, que les estimations peuvent être exprimées de diverses manières suivant l'objectif recherché. Par exemple, elles peuvent être présentées sous une forme non actualisée, en coûts d'investissement hors intérêts intercalaires. La présente étude s'intéresse surtout aux estimations des coûts qui représentent des charges financières pour les exploitants de centrales nucléaires. La nécessité de provisionner ces dépenses soulève la question de l'actualisation des coûts. Sachant que les fonds mis de côté seront dépensés ultérieurement, l'évolution de valeur de l'argent au fil du temps importe. Cette question est évoquée brièvement dans la section consacrée aux mécanismes et calendriers de financement.

Enfin, il n'est pas possible d'estimer et de présenter les coûts du démantèlement sans parler des incertitudes. Ces dernières peuvent être liées à la politique et la réglementation nationales (en matière de gestion des déchets, par exemple), parce que certains aspects de la planification de la stratégie de démantèlement ne peuvent être définis a priori (caractérisation radiologique détaillée de l'installation, par exemple), mais aussi parce que l'on ne peut donner, pour certains éléments et catégories de coûts, qu'un ordre de grandeur dépendant d'hypothèses sur la conjoncture économique future (par exemple, les salaires et les coûts de l'équipement).

Pour résoudre ce problème, on inclut en général dans les estimations des coûts, des provisions pour aléas correspondant à l'intervalle de variation prévu pour chaque élément ou catégorie de coût. L'importance de ces provisions peut varier suivant les installations, la région et le pays. En outre, son évaluation dépend de la conjoncture économique et du régime de propriété de l'installation considéré ; les entreprises privées prévoient en général des provisions pour aléas plus importantes que les entreprises publiques.

Éléments des estimations de coûts du démantèlement

L'industrie du démantèlement ayant acquis maturité et expérience, il a été démontré que l'on peut estimer les coûts de démantèlement de manière fiable, de même qu'il est possible de les gérer de façon satisfaisante pendant les opérations de démantèlement. On sait par expérience que les organisations responsables du démantèlement tendent à utiliser des méthodes de calcul des coûts adaptées à leur situation et à leurs besoins. C'est pourquoi, la plus grande circonspection s'impose, lors des comparaisons de ces estimations, car il est difficile de tirer des conclusions de comparaisons entre coûts estimés de différentes manières.

Les précédentes études internationales avaient remarqué qu'à moins de savoir quels sont les coûts pris en compte et ceux qui sont, au contraire, omis des estimations de coûts, il était pour ainsi dire impossible de procéder à des comparaisons valables. Jusqu'en 1999, de nombreuses comparaisons étaient faites au cas par cas, car il n'existait pas encore de structure de coût reconnue, lacune qu'est venue combler l'étude conjointe de l'AEN, de l'AIEA et de la CE (AEN, 1999).

S'appuyant sur l'expérience du Programme de coopération en vue de l'échange d'informations scientifiques et techniques sur les projets de déclassement d'installations nucléaires (AEN), sur les travaux de groupes de consultants de l'AIEA et sur le programme de la CE consacré aux coûts du démantèlement (EC DB COST), on a établi les définitions des catégories et éléments de coûts. Les éléments de coûts sont définis comme étant les tâches et types de travaux de démantèlement, divers et variés, inscrits à tout programme de démantèlement. La liste intégrale des éléments de coûts est en fait

une liste à plusieurs niveaux, le degré de détail augmentant lorsque l'on passe au niveau inférieur. Au niveau le plus agrégé, on a identifié 11 éléments de coûts principaux :

- mesures préalables au démantèlement ;
- mise à l'arrêt des installations ;
- achat d'équipements ;
- opérations de déconstruction ;
- traitement et élimination des déchets ;
- sécurité, surveillance et maintenance ;
- assainissement et réaménagement du site ;
- gestion de projet, ingénierie et assistance sur site ;
- recherche et développement ;
- combustible ;
- divers.

Les coûts de la gestion du combustible, bien que mentionnés dans la liste ci-dessus, ont été en fait exclus de la présente étude car ils sont le plus souvent payés séparément et ne sont donc pas inclus dans les fonds de démantèlement.

Outre ces éléments de coût, il a été jugé bon de regrouper les coûts. Les coûts des activités réalisées dans la même optique, qu'elles correspondent ou non à un même calendrier de démantèlement, sont regroupés, comme le sont les coûts d'activités générales qui ne peuvent pas être affectées à une période donnée. Cette démarche donne quatre catégories de coûts :

- coûts de la main-d'œuvre ;
- coûts d'investissement et coûts des équipements ;
- autres frais d'exploitation ;
- provisions pour aléas.

Passant en revue les politiques, stratégies et coûts de démantèlement des différents pays, le groupe d'experts a jugé essentiel de disposer de données de coûts assez détaillées pour pouvoir procéder à une analyse de la variabilité des coûts qui soit fiable. Pour recueillir ces données, il a été convenu d'utiliser dans le questionnaire la structure de coût établie par l'AEN/AIE/CE au moins à son niveau le moins détaillé. Les questions portaient par conséquent sur chacun des onze éléments de coûts principaux et pour les quatre groupes. Pour préciser ces informations, le questionnaire demandait également quels sont les principaux sous-éléments de coûts pris en compte ou non dans les coûts notifiés (voir tableau C2 de l'annexe 2).

Bon nombre de répondants n'utilisent pas la structure des coûts de l'AEN/AIEA/CE pour établir leurs estimations et ont dû par conséquent adapter leurs données pour remplir le questionnaire. Les approximations que comporte ce type d'adaptation sont inévitablement sources d'incohérences entre les réponses, ce qui rend difficiles les comparaisons fiables et détaillées entre les estimations fournies par les différents répondants.

Néanmoins, les informations ainsi recueillies sont jugées constituer un bon point de départ pour comprendre les coûts du démantèlement. Les données présentées doivent permettre aux décideurs d'analyser les facteurs et éléments de coûts pour déterminer l'origine des différences, compte tenu des variations entre pays et entre filières de réacteurs ainsi que du contexte social et réglementaire dans lequel s'effectue le démantèlement.

Méthodes de calcul des coûts

Même si l'on s'accorde globalement sur les éléments des coûts du démantèlement qui doivent intervenir dans l'estimation, les méthodes employées pour estimer chaque élément peuvent varier de manière significative. Certaines reposeront sur des hypothèses, d'autres sur l'expérience passée, d'autres encore s'inspireront du démantèlement d'autres installations nucléaires puis effectueront un changement d'échelle, ou adapteront/extrapoleront des informations tirées du démantèlement d'installations non nucléaires. Dans tous ces cas, le jugement d'expert est indispensable pour adapter de manière appropriée les hypothèses au cas particulier considéré. Toutes ces méthodes doivent se fonder sur un modèle des activités de démantèlement prévues et sur un calendrier, même si le niveau de détail varie en fonction de la méthode.

Les estimations les plus précises et les plus détaillées s'appuieront sur des modèles ascendants, établis par activité, du site particulier démantelé. Ces modèles peuvent se révéler plus difficiles à mettre en œuvre, mais ils devraient être plus robustes et précis. Bien que ces estimations soient adaptées à la conception spécifique de l'installation, les hypothèses sur divers paramètres de travail, comme le temps nécessaire et les besoins en équipement, comporteront une part de jugement. Si ce jugement s'appuie sur une expérience directe d'un démantèlement effectué sur un site particulier – expérience acquise lors de travaux récemment achevés ou en cours – on peut espérer obtenir des estimations assez précises.

Des estimations fiables ne sont pas hors de portée, même si l'on n'a pas d'expérience du démantèlement sur le site, mais, dans ce cas, la part d'appréciation nécessaire sera plus importante. En l'occurrence, les estimations des coûts du démantèlement pourront être calculées d'après les données sur le démantèlement d'une installation nucléaire différente (par exemple, filière de réacteur identique mais sur un site différent), voire d'après des données sur une installation non nucléaire (une usine chimique, par exemple).

Nombreux sont les éléments de coûts qui peuvent être extrapolés d'un site à l'autre. Par exemple, les coûts de la main-d'œuvre employée pendant le démantèlement peuvent se fonder sur le temps de travail, la productivité dans la région et les coûts unitaires locaux du travail. Il faudra bien évidemment tenir compte des éventuelles différences entre le salaire horaire des personnels habilités pour travailler dans un environnement radioactif ou contaminé et celui des autres.

On peut aussi se servir des estimations des coûts du démantèlement d'installations de taille différente et ensuite les majorer ou les minorer en fonction de la taille de l'installation étudiée. Les quantités estimées de matériaux produites au cours des opérations de démantèlement peuvent alors être ajustées avec une précision assez bonne d'une manière globalement linéaire. Toutefois, il sera parfois

nécessaire de recourir à d'autres modèles pour la mise à l'échelle d'éléments de coûts tels que les heures travaillées. Des facteurs comme les besoins de conditionnement des déchets peuvent également être sources de différences. Ce sera le cas, par exemple, d'un élément de réacteurs de petite taille qui peut être éliminé entier tandis que le même élément, mais de plus grande taille, nécessitera des opérations de découpage et de conditionnement importantes avant de pouvoir être accepté dans un dépôt de déchets national.

Pour les extrapolations des estimations de coûts d'un site à un autre, la contamination antérieure, qui peut varier dans de fortes proportions d'une installation à l'autre est un facteur important à considérer. Des différences à ce niveau exigent de faire davantage appel au jugement d'expert pour extrapoler les estimations d'un site à l'autre.

Les pays qui n'ont aucune expérience du démantèlement peuvent se servir des estimations des coûts du démantèlement d'installations étrangères pour obtenir des premières estimations. Suivant la précision exigée par l'utilisation ultime de ces estimations, on pourra adapter en fonction des pratiques nationales des éléments des estimations réalisées à l'étranger. Cette adaptation suppose que l'on ajuste une multitude d'éléments de coûts pour intégrer de manière appropriée les spécificités locales. Par exemple, les coûts de la main-d'œuvre, l'existence d'un dépôt de déchets et les coûts du stockage des déchets doivent être accordés aux situations nationales et locales.

Financement

Étant donné que certaines dépenses de démantèlement interviennent longtemps après la fermeture de la centrale nucléaire, les coûts de démantèlement font partie des charges financières futures. Aux tous débuts de l'énergie nucléaire déjà, il a été admis qu'il faudrait veiller à mettre de côté des fonds en prévision des futures dépenses de démantèlement. Par conséquent, il faut effectuer une estimation fiable des coûts de démantèlement et appliquer des principes comptables transparents pour pouvoir constituer et conserver un fonds de démantèlement suffisant.

S'agissant des fonds de démantèlement, l'État et les propriétaires/exploitants de centrales nucléaires ont tous des responsabilités. S'il incombe à l'État de s'assurer que les conséquences de sa politique énergétique n'auront pas de répercussions négatives sur les générations actuelles ou futures, dans la quasi-totalité des pays, les exploitants/propriétaires de centrales nucléaires ont la responsabilité de financer la totalité des coûts de démantèlement. Les problèmes particuliers que pourraient soulever des décisions nationales, par exemple la fermeture prématurée de centrales nucléaires consécutive à l'abandon de cette énergie, doivent être traités par chaque pays au cas par cas.

Des dispositions techniques et administratives s'imposent pour réglementer l'utilisation des matières radioactives, la sûreté, la radioprotection et la protection de l'homme et de l'environnement. De même, les pouvoirs publics doivent prendre des mesures pour s'assurer que les sommes provisionnées pendant l'exploitation des centrales nucléaires couvriront les charges financières futures. De ce point de vue, on peut considérer comme conforme au principe pollueur-payeur le fait de constituer un fonds et de garantir qu'il sera disponible lorsqu'on en aura besoin.

Comment les charges financières futures sont-elles comptabilisées ?

Dans le détail, les méthodes employées pour calculer et présenter les charges varient d'un pays à l'autre, voire d'un exploitant à l'autre dans un même pays. En fait, deux méthodes principales – la méthode de la valeur en prix courants et la méthode de la valeur actualisée nette – sont

généralement utilisées, parfois avec des variantes, pour calculer les charges financières futures liées au démantèlement. Ces deux méthodes prévoient un ajustement périodique de la valeur des charges pour tenir compte de l'évolution des estimations de coût avec le progrès technologique, les changements de réglementation et l'inflation.

La méthode de la valeur en prix courants consiste à calculer les charges financières en fonction de ce que coûterait le démantèlement si on devait le payer aujourd'hui. Dans ce cas, la valeur des charges est égale à la somme des différents éléments du coût du démantèlement et ne dépend pas du calendrier des opérations de démantèlement, ni donc du moment où interviennent les dépenses. Les coûts calculés par cette méthode sont souvent appelés coûts non actualisés ou hors intérêts intercalaires.

La méthode de la valeur actualisée nette consiste à calculer les charges à partir des coûts de démantèlement actualisés en fonction du calendrier de dépenses prévu. L'estimation suppose que l'on fasse l'hypothèse d'un taux d'actualisation et dépend du calendrier des opérations de démantèlement ainsi que de l'échéancier des dépenses associées. Plus une dépense interviendra tard, plus faible sera sa valeur actualisée nette. Les coûts calculés par cette méthode sont souvent appelés coûts actualisés.

Ces deux méthodes se distinguent essentiellement par le fait que la méthode de la valeur actualisée nette étale la constitution de fonds sur une période plus longue et est plus sensible aux hypothèses concernant l'échéancier de dépenses et le taux de rentabilité du capital provisionné. Avec la méthode de la valeur en prix courants, les provisions étant constituées plus rapidement, l'intérêt produit est supérieur, ce qui permet d'alléger la charge pour le propriétaire/exploitant si ces provisions sont déductibles des impôts.

Onze pays – l'Allemagne, la Bulgarie, la Finlande, la France, le Japon, la Fédération de Russie et la Slovénie – réunissent leurs fonds de démantèlement sur la base des coûts non actualisés ou hors intérêts intercalaires. Dans douze autres pays, par exemple le Brésil, le Canada, l'Espagne, la Hongrie, le Pakistan, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suisse, ces fonds sont calculés par la méthode de la valeur actualisée nette avec un taux d'actualisation variant en général de 2 à 4 %. Quelques rares pays n'ont pas de politique particulière en la matière.

Les coûts du démantèlement communiqués et présentés dans ce rapport sont non actualisés dans un souci de transparence. En effet, s'il est légitime de tenir compte de l'évolution de la valeur de l'argent avec le temps, l'actualisation soulève des problèmes particuliers lorsqu'elle s'applique à des activités, telles que le démantèlement, dont les coûts sont étalés sur plusieurs dizaines d'années, voire plus⁸.

Qui paie ?

Dans tous les pays ou presque, c'est l'exploitant (la compagnie d'électricité) qui a la charge des coûts du démantèlement. Cependant, si les centrales appartiennent à une entreprise publique, cette charge peut être répartie entre l'exploitant et l'État qui en est le propriétaire. En Arménie, par exemple, les charges de démantèlement incombent à l'État. En Hongrie, pays dont la centrale nucléaire appartient au secteur public, cette responsabilité se répartit entre l'État et l'organisation exploitante. On retrouve la même situation en Lituanie.

8. Voir par exemple la série de rapports de l'OCDE sur les prévisions des coûts de l'électricité (dernière édition : AIE et AEN, *Prévisions des coûts de production de l'électricité – Mise à jour 1998*, OCDE, Paris, 1998).

Au Royaume-Uni, au moment où cette étude a été faite, l'État n'était directement responsable que des charges de démantèlement des réacteurs non commerciaux que détenait l'UKAEA (United Kingdom Atomic Energy Authority), mais des changements importants étaient envisagés quant à la gestion des charges financières futures.

Les exploitants de centrales nucléaires suisses sont tenus de verser une contribution financière à un fonds commun de démantèlement placé sous la tutelle du gouvernement. Le conseil d'administration de ce fonds doit veiller à ce que les contributions couvrent les coûts de démantèlement le moment venu.

Quand les fonds de démantèlement doivent-ils être disponibles ?

Les prescriptions réglementaires et les solutions que peuvent choisir les propriétaires/ exploitants de centrales pour constituer le fonds de démantèlement varient d'un pays à l'autre. Dans la moitié environ des pays ayant répondu au questionnaire, ces fonds doivent couvrir la totalité des dépenses de démantèlement estimées au moment de la fermeture de la centrale. Dans certains pays, l'autorité de sûreté exige du propriétaire/exploitant qu'il produise des garanties de sa capacité de payer les dépenses de démantèlement au cas où une tranche devrait fermer avant la fin de sa période d'activité prévue ou si le fonds n'est pas suffisant au moment de sa fermeture. Dans certains pays, un propriétaire/ exploitant a le choix entre plusieurs solutions.

Les exemples qui suivent illustrent la diversité des réglementations et des options dans les différents pays. En Allemagne, en Belgique, au Brésil, en Finlande et en Suède, ces fonds doivent correspondre au montant total des coûts du démantèlement estimés 25 à 30 années après la mise en service de la centrale nucléaire. En Italie, où les quatre centrales nucléaires ont fermé avant que les exploitants aient pu constituer des fonds suffisants, il a fallu réunir des fonds supplémentaires pendant la période du démantèlement. Au Canada, l'autorité de sûreté (CCSN) exige des assurances financières correspondant à la valeur en prix courants des coûts de démantèlement totaux pour délivrer une autorisation d'exploitation. Au Royaume-Uni, les pouvoirs publics paient les coûts de démantèlement des réacteurs dont ils sont responsables au fur et à mesure des opérations. Le Pakistan prévoit d'avoir constitué la totalité du fonds de démantèlement de la centrale nucléaire de Karachi cinq ans avant sa fermeture définitive.

Quelles sont les exigences concernant la constitution, la tenue et la gestion des fonds de démantèlement ?

Dans près de 60 % des pays, un pourcentage du prix facturé de l'électricité est affecté au fonds de démantèlement. C'est également le cas de l'Arménie, de la Lituanie et de la République slovaque, mais ces pays bénéficient également des contributions d'organismes donateurs qui couvrent une partie des coûts du démantèlement. La Finlande, le Pakistan et la Suède prélèvent une redevance pour constituer ces fonds.

Dans près de 50 % des pays, c'est l'exploitant qui détient les fonds et, dans cinq pays, les pouvoirs publics. Huit pays ont recours à un organisme spécifique créé à cet effet. Au Royaume-Uni, c'est le cas pour l'entreprise privée qui exploite des centrales nucléaires, tandis que la compagnie d'électricité non privatisée détient ses propres fonds.

Que les pouvoirs publics, l'exploitant ou un autre organisme détiennent ces fonds, ces derniers sont presque toujours administrés en tant que fonds séparé des autres actifs de l'organisme public ou de l'entreprise. La République tchèque et l'Ukraine gèrent ces fonds dans un compte séparé.

Contrôle du fonds de démantèlement

De nombreux pays ont mis en place des systèmes d'audit et d'examen indépendants. Parfois, comme en Espagne, au Japon ou en Suède, les estimations de coûts réalisées par les exploitants sont revues et approuvées chaque année. En Suisse, les coûts du démantèlement sont revus tous les trois ans actuellement ; cette périodicité passera à cinq ans ultérieurement. Au Royaume-Uni, the « Health & Safety Executive », en consultation avec les « Environmental Agencies », revoit tous les cinq ans la stratégie de démantèlement de l'exploitant et procède à une analyse sommaire des provisions financières.

4. DONNÉES SUR LES COÛTS DU DÉMANTÈLEMENT

Les données sur lesquelles se fonde ce rapport sont récapitulées dans les sections ci-après. Au total, 26 pays ont répondu au questionnaire, dont neuf pays n'appartenant pas à l'OCDE qui ont participé à l'étude sous l'égide de l'AIEA (on trouvera à l'annexe 1 la liste complète des pays qui ont répondu ainsi que les noms des experts). Vingt-quatre pays ont communiqué des données sur les coûts du démantèlement (le Pakistan et la Roumanie n'ont pas fourni de données sur les coûts). Les 53 ensembles de données reçus couvrent différents types de réacteurs dont la puissance varie de moins de 10 MWe à plus de 1 000 MWe. Deux pays, l'Allemagne et l'Espagne, ont transmis des données correspondant à une centrale de référence, représentative des tranches en exploitation dans ces deux pays respectivement. La France a fourni un ensemble de données sur les coûts du démantèlement de tous les REP en exploitation dans le pays et un autre ensemble de données pour le parc des centrales déjà mises à l'arrêt. Le Royaume-Uni a communiqué des données relatives à une centrale représentative à deux tranches Magnox. Parfois, les données renvoient à une centrale spécifique sur un site donné, par exemple Bruce A au Canada ou Paks en Hongrie.

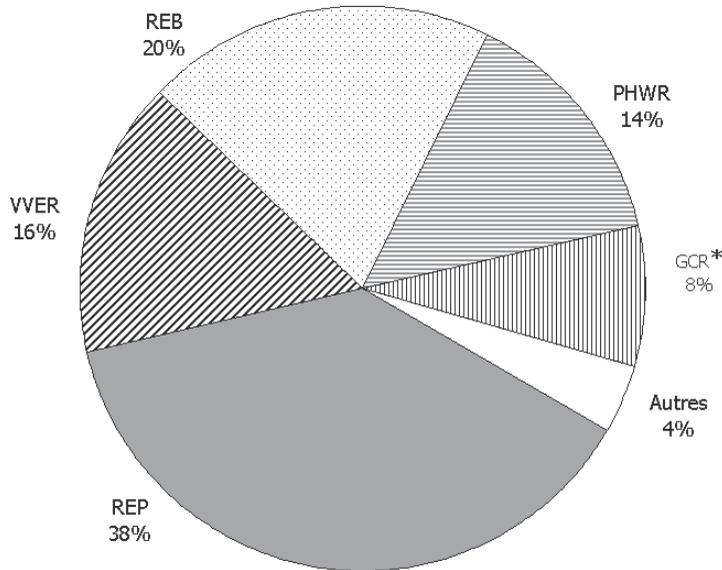
Le grand nombre de réponses reçues constitue une base solide pour analyser les données relatives aux coûts. Malgré quelques problèmes de confidentialité découlant de la libéralisation du marché, les pays ont été plus nombreux à communiquer des estimations des coûts que dans les études précédentes. L'analyse des coûts figurant dans l'étude de l'AEN de 1986 [AEN, *Déclassement des installations nucléaires : faisabilité, besoins et coûts*, OCDE, 1986] reposait sur les réponses de six pays. Dans l'étude de l'AEN de 1991 [AEN, *Déclassement des installations nucléaires – une analyse de la variabilité des estimations des coûts du déclassement*, OCDE, 1991], 16 réponses provenant de neuf pays avaient été reçues. Il convient cependant de noter que l'augmentation du nombre de réponses dans la présente étude s'explique en partie par la participation de pays non membres par l'intermédiaire du Secrétariat de l'AIEA.

Toutes les réponses reçues ont été rassemblées et analysées par le groupe d'experts et le Secrétariat, avant d'être utilisées dans les analyses proposées dans le présent rapport. Cependant, il a été décidé de ne pas présenter, ni prendre en compte dans l'analyse détaillée des coûts, les ensembles de données relatifs au réacteur SGHWR au Royaume-Uni, et aux centrales de Saxton et Big Rock aux États-Unis. En effet, le groupe d'experts a jugé que ces centrales ne donnaient pas une idée représentative des coûts du démantèlement des centrales nucléaires commerciales actuelles. Malgré sa très faible puissance – 58 MWe – le REB de Dodewaard, aux Pays-Bas a été conservé dans l'analyse en raison de son caractère commercial ; toutefois, les données sur les coûts de cette centrale ne sont pas consignées dans la figure 4.4 car ils sont trop élevés pour l'échelle adoptée.

Dans les graphiques et les tableaux de ce chapitre, comme dans le reste du rapport, les données communiquées par l'Allemagne et l'Espagne concernant les REP et REB représentatifs et par le Royaume-Uni concernant un Magnox typique, sont considérées comme constituant chacune un ensemble de données sur les coûts. De la même façon, les données fournies par la France au sujet des REP sont considérées comme un ensemble de données, au même titre que celles concernant les tranches à l'arrêt, à savoir 6 GCR, 1 REP, 1 HWGCR et 1 surgénérateur rapide.

On peut estimer que les ensembles de données relatifs aux coûts transmis par l'Allemagne et l'Espagne sont représentatifs de la totalité du parc nucléaire dans ces deux pays, de même, les données provenant du Royaume-Uni peuvent être considérées comme représentatives de l'ensemble des réacteurs Magnox dans le pays. Par conséquent, la puissance totale couverte par les données sur les coûts notifiées et analysées dans le présent rapport correspond à environ un tiers de la puissance nucléaire en exploitation à l'échelle mondiale.

Figure 4.1 Répartition par type de réacteur des ensembles de données relatives aux coûts communiqués et analysés



* Voir tableaux 4.1 et 4.2 pour les détails sur les réacteurs à gaz (GCR) considérés dans cette étude

Type et puissance des réacteurs

La figure 4.1 montre la répartition par type de réacteur des 50 ensembles de données relatives aux coûts qui ont été communiqués et pris en compte dans la présente étude. Il ressort de cette figure que plus d'un tiers des données relatives aux coûts communiqués et analysés concernent des REP (38 %), les REB représentent 20 % des données, les VVER (REP de conception soviétique) 16 %, les PHWR/CANDU 14 % et les GCR 8 %. La catégorie « Autres » comprend 1 RBMK (Ignalina, en Lituanie) et une tranche représentative de l'éventail des réacteurs français déjà mis à l'arrêt. Cette répartition correspond assez bien à la diversité des centrales nucléaires en exploitation aujourd'hui dans le monde.

Le tableau 4.1 montre la répartition des ensembles de données relatives aux coûts notifiées et analysées par pays, type de réacteur et puissance. Quatre plages de puissance ont été retenues à l'intérieur du champ couvert par les réponses : moins de 250 MWe ; de 250 à 500 MWe ; de 500 à 1 000 MWe ; et plus de 1 000 MWe. Seuls quatre ensembles de données portent sur des réacteurs appartenant au domaine inférieur à 250 MWe, 14 ensembles concernent des réacteurs dont la puissance est comprise entre 250 et 500 MWe, 21 ensembles des réacteurs d'une puissance comprise entre 500 MWe et 1 000 MWe et 11 ensembles des réacteurs d'une puissance supérieure à 1 000 MWe. Outre la puissance du réacteur, le nombre de tranches sur le site fait également l'objet d'une question, car c'est un élément qui peut avoir une incidence non négligeable sur les coûts du démantèlement, notamment dans le cas des centrales aux tranches groupées par paire (voir tableau 4.2).

Tableau 4.1 Répartition en fonction du type et de la puissance des réacteurs des ensembles de données relatives aux coûts communiqués et analysés

| Pays | Puissance brute | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | <250 MWe | 250-500 MWe | 500-1000 MWe | >1000 MWe |
| REP (19 ensembles de données) | | | | |
| Afrique du Sud | | | 1 | |
| Allemagne* | | | | 1 [Référence] |
| Belgique | | | 1 [Paire] | 1 |
| Brésil | | | 1 | 1 |
| Espagne | | | 1 [Référence] | |
| États-Unis | | | 2 | 2 |
| France | | | | 1 [58 tranches] |
| Italie | | 1 | | |
| Japon | | | | 1 |
| Pays-Bas | | 1 | | |
| Slovénie* | | | 1 | |
| Suède | | | | 1 |
| Suisse | | 1 [2 tranches] | | 1 |
| VVER (8 ensembles de données) | | | | |
| Arménie | | 1 | | |
| Bulgarie | | 1 | | |
| Finlande | | 1 [2 tranches] | | |
| Hongrie | | 1 | | |
| République tchèque | | 1 | | |
| Russie | | 1 | | |
| Slovaquie | | 1 | | |
| Ukraine | | | 1 | |
| REB (10 ensembles de données) | | | | |
| Allemagne* | | | 1 [Référence] | |
| Espagne | | 1 [Référence] | | |
| Finlande | | | 1 [2 tranches] | |
| Italie | 1 | | 1 | |
| Japon | | | | 1 |
| Pays-Bas | 1 | | | |
| Suède | | | 1 | |
| Suisse | | 1 | | 1 |
| CANDU (7 ensembles de données) | | | | |
| Canada | | | 7 | |
| GCR (4 ensembles de données) | | | | |
| Espagne | | 1 | | |
| Italie | 1 | | | |
| Japon | 1 | | | |
| Royaume-Uni | | 1 [Paire] | | |
| Autres (2 ensembles de données) | | | | |
| France [-] | | 1 [9 tranches] | | |
| Lituanie [RBMK] | | | | 1 |
| Total d'ensembles de données | 4 | 15 | 19 | 12 |

* Estimations de coûts fournies pour deux scénarios de démantèlement, immédiat et différé.

Tableau 4.2 Date de démarrage et de mise à l'arrêt des centrales prises en compte dans l'étude*

| Pays | Nom de la centrale | Exploitation commerciale | Mise à l'arrêt | Observations sur la date de mise à l'arrêt |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|----------------|--|
| Afrique du Sud | Koeberg [2 tranches] | 1984/1985 | 2021 | Postulée pour le calcul des coûts |
| Arménie | Metsamor 1-2 | 1977/1980 | 1989/- | Effective/non décidée |
| Belgique | Doel 1-2 [tranches jumelées] | 1975 | | Non décidée |
| | Tihange 1 | 1975 | | Non décidée |
| Brésil | Angra-1 | 1985 | 2014 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Angra-2 | 2001 | 2030 | Postulée pour le calcul des coûts |
| Bulgarie | Kozloduy 1-2 [2 tranches] | 1974/1975 | 2002 | Prévue |
| Canada | Bruce A [4 tranches] | 1977-1979 | 2017-2018 | Postulée pour la planification financière |
| | Bruce B [4 tranches] | 1985-1987 | 2024-2027 | Postulée pour la planification financière |
| | Darlington [4 tranches] | 1990-1993 | 2030-2033 | Postulée pour la planification financière |
| | Gentilly 2 | 1983 | 2010 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Pickering A [4 tranches] | 1971-1973 | 2011-2013 | Postulée pour la planification financière |
| | Pickering B [4 tranches] | 1983-1986 | 2023-2025 | Postulée pour la planification financière |
| | Point Lepreau | 1983 | 2008 | Postulée |
| Espagne | Vandellos 1 | 1972 | 1990 | Effective |
| États-Unis | Haddam Neck | 1968 | 1996 | Effective |
| | Maine Yankee | 1972 | 1997 | Effective |
| | Trojan | 1976 | 1992 | Effective |
| | Zion 1-2 [2 tranches] | 1973/1974 | 1998 | Effective |
| Finlande | Loviisa [2 tranches] | 1977/1981 | 2022/2026 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Olkiluoto [2 tranches] | 1978/1980 | 2018/2020 | Postulée pour le calcul des coûts |
| Hongrie | Paks [4 tranches] | 1983-1987 | 2013/2017 | Postulée pour le calcul des coûts |
| Italie | Caorso | 1981 | 1986 | Effective |
| | Garigliano | 1964 | 1978 | Effective |
| | Latina | 1963 | 1987 | Effective |
| | Trino | 1965 | 1987 | Effective |
| Japon | Tokai 1 | 1966 | 1998 | Effective |
| | Tokai 2 | 1978 | | Non décidée |
| | Tsuruga 2 | 1987 | | Non décidée |
| Lituanie | Ignalina 1-2 [2 tranches] | 1984/1987 | 2005/2010 | Prévue |
| Pays-Bas | Borssele | 1973 | 2007 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Dodewaard | 1969 | 1997 | Effective |
| République tchèque | Dukovany [4 tranches] | 1985-1987 | 2015-2017 | Postulée pour le calcul des coûts |
| Russie | Novovoronez 1-2 [2 tranches] | 1964/1970 | 1988/1990 | Effective |
| Slovaquie | Bohunice 1-2 [2 tranches] | 1980/1981 | 2006/2008 | Décision gouvernementale |
| Slovénie | Krsko | 1983 | 2023 | Prévue |
| Suède | Oskarsham 3 | 1985 | 2010 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Ringhals 2 | 1975 | 2000 | Postulée pour le calcul des coûts |
| Suisse | Beznau 1-2 [2 tranches] | 1969/1971 | 2009 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Goesgen | 1979 | 2019 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Leibstadt | 1984 | 2024 | Postulée pour le calcul des coûts |
| | Muehleberg | 1972 | 2012 | Postulée pour le calcul des coûts |

* Les centrales de référence ou les centrales moyennes ne sont pas répertoriées dans le tableau.

Antécédents des réacteurs et calendrier de démantèlement

Les informations relatives aux dates de démarrage de l'exploitation commerciale et de mise à l'arrêt des unités, à l'exception des centrales de référence, sont récapitulées dans le tableau 4.2 qui apporte également des précisions supplémentaires sur les centrales nucléaires pour lesquelles des ensembles de données sur les coûts ont été fournis. Les dates de démarrage de l'exploitation commerciale courent du début des années 1960 (GCR italiens) à 2001 (Angra-2 au Brésil). Quant aux tranches déjà mises à l'arrêt, les dates communiquées sont comprises entre 1972 et 1998. S'agissant des ensembles de données relatives aux tranches encore en exploitation, les dates de mise à l'arrêt fixées, anticipées ou postulées pour le calcul des coûts s'échelonnent entre 2002 (date anticipée pour Kozloduy en Bulgarie) et 2030 (anticipée dans le cas de Angra-2 au Brésil). Le tableau 4.2 ne prend pas en compte les ensembles de données relatives aux coûts notifiés pour les tranches de référence, les tranches moyennes ou celles citées à titre d'exemple.

Deux pays, l'Allemagne et la Slovaquie, proposent des estimations des coûts afférents à un démantèlement immédiat et à un démantèlement différé. Au total, 27 estimations des coûts de démantèlement ont été communiquées dans l'hypothèse d'un démantèlement immédiat et 30 dans celle d'un démantèlement différé. La durée des reports est comprise entre 5 et 80 ans, mais dans plus de 80 % des réponses cette durée se situe entre 25 et 50 ans.

Notification et conversion des données relatives aux coûts

Selon les informations communiquées en réponse au questionnaire, la plupart des estimations de coûts ont été calculées au moyen d'un modèle fondé sur des coûts de travaux d'ingénierie normalisés ou spécifiques et sur des données propres à la tranche considérée. Un petit nombre de réponses renvoie à une étude de faisabilité ou à des données correspondant à des coûts réels. Conformément à la demande formulée dans le questionnaire, les estimations de coûts ont été le plus souvent exprimées en unités de la monnaie nationale du 1er juillet 2001. Toutefois, quelques estimations ont été communiquées en monnaie nationale à une autre date ou en monnaie d'un autre pays (par exemple, les données relatives à la Slovaquie ont été fournies en DM). Dans ces cas, le Secrétariat a utilisé l'indice des prix du PIB du pays et les taux de change officiels pour ajuster les coûts. Les facteurs d'ajustement employés figurent dans l'annexe 3, *Taux de change et facteurs d'ajustement*.

Pour faciliter l'analyse, le Secrétariat a converti l'ensemble des coûts en dollars des États-Unis (USD) du 1er juillet 2001, en utilisant les taux de change officiels à cette date (voir annexe 3). Ces conversions visent à simplifier la présentation globale des résultats dans le rapport. Compte tenu des problèmes soulevés par l'ajustement et la conversion des estimations de coûts au moyen des indices de prix du PIB et des taux de change, les résultats ne visent pas à établir une base robuste de comparaison internationale des coûts.

D'autres publications de l'OCDE, en premier lieu le Rapport AIE/AEN de 1998 *Prévision des coûts de production de l'électricité – Mise à jour 1998*, met en évidence les difficultés méthodologiques et la pertinence limitée d'indices du PIB et de taux de change agrégés pour convertir les coûts de production d'électricité, y compris nucléaire. S'agissant du démantèlement, le poids de la main-d'œuvre, des produits d'origine nationale et des services dans le coût total complique la mise au point d'une base commune pour le calcul des coûts, sans les analyser élément par élément et groupe par groupe.

Dans le questionnaire, les coûts sont regroupés sur la base de la liste normalisée des éléments de coûts proposée dans la publication conjointe CE/AIEA/AEN de 1999 intitulée *Nuclear Decommissioning, A proposed Standardised List of Items for Costing Purposes*. Les répondants avaient été invités à fournir des estimations de coûts ventilées en onze éléments et quatre groupes de coûts (voir annexe 2, Questionnaire et tableau 4.3 ci-dessous) et, si possible, à aller encore plus loin dans le détail des coûts (voir annexe 2, tableau C2), en définissant des sous-éléments à l'intérieur de chacun des 11 éléments de coûts.

Tableau 4.3 Présentation des données relatives aux coûts demandés dans le questionnaire

| ELEMENT DE COÛT | GROUPE DE COÛTS [2] | | | | | TOTAL (UMN) |
|--|---------------------|-------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|
| | Main-d'œuvre | | Coûts d'investissement | Frais d'exploitation | Provisions pour aléas | |
| | (heures) | (UMN) | | | | |
| Mesures préalables au démantèlement | | | | | | |
| Mise à l'arrêt des installations | | | | | | |
| Achat d'équipements | | | | | | |
| Opérations de déconstruction | | | | | | |
| Traitement et élimination des déchets | | | | | | |
| Sécurité, surveillance et maintenance | | | | | | |
| Assainissement et réaménagement du site | | | | | | |
| Gestion de projet, ingénierie et assistance sur site | | | | | | |
| Recherche et développement | | | | | | |
| Combustible | | | | | | |
| Divers | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | |

Dans 37 des réponses, les coûts ont été décomposés par éléments conformément au tableau C1, mais plusieurs des répondants ont adapté les éléments de coûts aux réglementations, pratiques comptables et contextes propres à leur pays, (par exemple, fusion de deux éléments, voire davantage, dans un chiffre et/ou modifications de la définition de certains éléments). Quinze réponses émanant de six pays contenaient des données portant sur des groupes de coûts, à savoir main-d'œuvre, coûts d'investissement, frais d'exploitation et provisions pour aléas.

Dans 12 des 50 ensembles de données relatives coûts utilisés dans l'analyse, le tableau C2 a été complètement laissé de côté, alors que dans 14 réponses, communiquées par six pays, il a été intégralement rempli et que dans 24 réponses il est précisé, pour chaque sous-élément du tableau C2, si le sous-élément en question a été inclus ou non dans les estimations globales fournies du coût total du démantèlement.

Présentation synthétique des données relatives aux coûts

Les estimations du coût total non actualisé du démantèlement, converties par le Secrétariat en USD du 1er juillet 2001 et exprimées en USD et en USD/kWe, figurent dans les tableaux 4.4 à 4.7, groupées par type de réacteur et selon l'option retenue, à savoir démarrage immédiat ou différé des activités de démantèlement.

Bien que l'on admette que les estimations de coûts fournies et présentées ci-après ne sont pas parfaitement homogènes, l'échantillon d'ensembles de données recueillies a une taille suffisante pour se prêter à une analyse statistique. Cependant, cette analyse vise à dégager des tendances et il n'est pas question en l'occurrence de tirer des conclusions catégoriques sur la variabilité et la structure des coûts du démantèlement.

En préambule à l'analyse ci-après, il convient de noter que l'on sait de longue date que le coût du démantèlement d'une centrale nucléaire n'est pas directement proportionnel à sa puissance, en particulier dans le cas des centrales dont la puissance nominale est faible. Cela tient aux frais d'exploitation qui sont presque indépendants de la taille de la centrale, tels surveillance, gardiennage, sécurité, ingénierie, gestion du projet et équipement destiné à la caractérisation des déchets, et donc relativement plus élevées pour les petites centrales.

Tableau 4.4 Estimations du coût du démantèlement des REP

| Pays | Nom de la centrale | Puissance (MWe brut) | Coût total | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|------------|---------|
| | | | MUSD | USD/kWe |
| Démantèlement immédiat | | | | |
| Afrique du Sud | Koeberg | 944 x 2 | 317 | 168 |
| Allemagne | REP de référence | 1 200 | 315 | 262 |
| Belgique | Doel 1-2 (paire) | 412 x 2 | 280 | 340 |
| | Tihange 1 | 1 009 | 213 | 212 |
| Espagne | REP de référence | 1 000 | 166 | 166 |
| États-Unis | Haddam Neck | 587 | 452 | 769 |
| | Maine Yankee | 900 | 379 | 421 |
| | Trojan | 1 155 | 296 | 256 |
| | Zion | 1 085 x 2 | 904 | 417 |
| Italie | Trino | 270 | 245 | 909 |
| Slovénie | Krsko | 707 | 332 | 479 |
| Suède | Ringhals 2 | 917 | 85 | 93 |
| Suisse | Beznau [2 x 380] | 380 x 2 | 259 | 341 |
| | Gösgen | 1 020 | 238 | 234 |
| Démantèlement différé | | | | |
| Allemagne | REP | 1 200 | 331 | 276 |
| Brésil | Angra 1 | 657 | 198 | 301 |
| | Angra 2 | 1 350 | 240 | 178 |
| France | REP moyen | 1 070 x 58 | 13 973 | 225 |
| Japon | Tsuruga 2 | 1 160 | 470 | 405 |
| Pays-Bas | Borssele | 481 | 168 | 348 |
| Slovénie | Krsko* | 707 | 152 | 216 |

* Report du démantèlement de 80 ans.

Il ressort du tableau 4.4 que les coûts du démantèlement d'un REP varient à l'intérieur d'une fourchette relativement étroite, aux environs de 200 à 500 USD/kWe, à condition d'éliminer les valeurs extrêmes (trois ensembles de résultats sur les 2 notifiés). Les deux estimations de coûts les plus élevées, Trino en Italie et Haddam Neck aux États-Unis, correspondent à des réacteurs mis en service

dans les années 60. Quant au coût le plus faible, Ringhals 2 en Suède, il peut dans une certaine mesure s'expliquer par le faible niveau du coût de la gestion et de l'évacuation des déchets postulé/notifié dans ce pays.

L'analyse statistique n'a qu'une valeur limitée s'il n'est pas possible de vérifier la cohérence des données en raison des différences dans les définitions, le cadre comptable et les conditions économiques générales postulées par chaque personne interrogée. Toutefois, les valeurs moyennes et les écarts-types présentés ci-après revêtent un intérêt dans la perspective d'études comparatives ultérieures. Si l'on tient compte de la totalité des ensembles de données notifiées, le coût moyen du démantèlement d'un REP est d'environ 320 USD/kWe avec un écart-type approximativement égal à 195 USD/kWe.

S'agissant du calendrier du démantèlement, les données incitent à penser que le report du démantèlement n'a guère d'incidence sur le coût hors intérêts intercalaires du démantèlement. Toutefois, il aura un impact sur le coût actualisé. Cela pourrait être pour les compagnies d'électricité un facteur déterminant dans le choix d'une stratégie.

D'après les huit ensembles de données communiqués pour les VVER, les coûts de démantèlement de ce modèle de réacteur restent compris entre 200 et 500 USD/kWe. Les faibles coûts notifiés par la Finlande tiennent à la stratégie adoptée qui réduit les coûts de découpage, d'emballage et de transport des déchets ; les pièces métalliques internes radioactives du cœur du réacteur demeurent à l'intérieur de la cuve qui est évacuée dans un dépôt situé sur le site du réacteur.

Tableau 4.5 Estimations du coût du démantèlement des VVER

| Pays | Nom de la centrale | Puissance | Coût total | |
|------------------------|--------------------|-------------|------------|---------|
| | | (MWe brute) | MUSD | USD/kWe |
| Démantèlement immédiat | | | | |
| Finlande | Loviisa | 510 x 2 | 166 | 162 |
| Slovaquie | Bohunice | 430 x 2 | 273 | 317 |
| Démantèlement différé | | | | |
| Arménie | Metsamor | 408 x 2 | 225 | 276 |
| Bulgarie | Kozloduy | 440 x 2 | 377 | 429 |
| Hongrie | Paks | 467 x 4 | 740 | 396 |
| République tchèque | Dukovany | 440 x 4 | 383 | 218 |
| Russie | Novovoronezh | 288 x 2 | 291 | 506 |
| Ukraine | Ukraine_1 000 | 1 000 | 319 | 319 |

Le coût spécifique moyen du démantèlement d'un VVER est d'environ 330 USD/kWe avec un écart-type approximativement égal à 110 USD/kWe ; ces valeurs ne sont pas très éloignées de celles déterminées pour les REP. Il convient de noter que les coûts du démantèlement ne sont pas systématiquement plus élevés dans les pays de l'OCDE que dans les pays non membres, bien que les coûts unitaires de la main-d'œuvre soient généralement plus élevés dans les pays de l'OCDE. Cela pourrait tenir au fait que des coûts de main-d'œuvre élevés sont une incitation à remplacer les ressources humaines par des machines, de télémanipulation par exemple, de façon à réduire les coûts.

Comme dans le cas des REP, les deux options de démantèlement – immédiat et différé – conduisent à des coûts de démantèlement analogues.

De même que pour les REP, on observe dans les informations communiquées au sujet des REB quelques valeurs ponctuelles très éloignées des données moyennes notifiées. Les coûts indiqués pour les centrales Garigliano en Italie et Dodewaard aux Pays-Bas sont trois ou quatre fois plus élevés que la valeur immédiatement inférieure à savoir Caorso en Italie. Ces deux réacteurs sont petits par rapport aux autres REB commerciaux et leur mise en service commerciale remonte aux années 60. Les chiffres fournis pour les centrales Olkiluoto en Finlande et Oskarshamn 3 en Suède sont trois à quatre fois moins élevés que la valeur immédiatement supérieure, à savoir Leibstadt en Suisse.

Si l'on écarte ces quatre ensembles de données, les coûts du déclassement des REB s'échelonnent entre 300 et 500 USD/kWe. Ce domaine de variation n'est pas fondamentalement différent de ceux indiqués pour les REP et les VVER. La valeur moyenne des coûts du démantèlement des REB, exception faite des quatre ensembles de données relevés ci-dessus, se situe aux alentours de 420 USD/kWe avec un écart-type d'une centaine d'USD/kWe. Plus encore que dans le cas des REP, il convient d'attirer l'attention sur la pertinence limitée d'une analyse statistique fondée sur un échantillon de sept ensembles de données.

Tableau 4.6 Estimations du coût du démantèlement des REB

| Pays | Nom de la centrale | Puissance (MWe brute) | Coût total | |
|------------------------|--------------------|-----------------------|------------|---------|
| | | | MUSD | USD/kWe |
| Démantèlement immédiat | | | | |
| Allemagne | Allemagne_REB | 800 | 362 | 453 |
| Espagne | REB de référence | 500 | 147 | 294 |
| Italie | Caorso | 882 | 480 | 544 |
| | Garigliano | 160 | 263 | 1 644 |
| Suède | Oskarshamn 3 | 1 200 | 124 | 104 |
| Suisse | Leibstadt | 1 200 | 344 | 282 |
| | Mühleberg | 372 | 178 | 479 |
| Démantèlement différé | | | | |
| Allemagne | Allemagne_REB | 800 | 375 | 469 |
| Finlande | Olkiluoto | 870 x 2 | 132 | 76 |
| Japon | Tokai 2 | 1 100 | 436 | 396 |
| Pays-Bas | Dodewaard | 58 | 133 | 2 300 |

Le fait que le démantèlement soit immédiat ou différé ne modifie pas de façon significative les coûts du démantèlement des REB.

Tableau 4.7 Estimations du coût du démantèlement des PHWR/Candu démantèlement différé

| Pays | Nom de la centrale | Puissance (MWe brute) | Coût total | |
|--------|--------------------|-----------------------|------------|---------|
| | | | MUSD | USD/kWe |
| Canada | Bruce A* | 825 x 4 | 906 | 275 |
| | Bruce B* | 840 x 4 | 904 | 269 |
| | Darlington* | 935 X 4 | 1 289 | 345 |
| | Gentilly 2 | 680 | 294 | 432 |
| | Pickering A* | 542 x 4 | 830 | 383 |
| | Pickering B* | 540 x 4 | 858 | 397 |
| | Point Lepreau | 680 | 295 | 433 |

* Centrales à 4 tranches.

Les estimations de coûts fournies pour les réacteurs PHWR/Candu concernent uniquement des centrales nucléaires canadiennes, dans l'hypothèse d'un démantèlement différé et compte tenu de certaines hypothèses en matière de garantie financière. Il n'est donc pas surprenant que la fourchette de variation soit plus étroite que pour les autres modèles de réacteurs. Les estimations notifiées des coûts du démantèlement sont comprises entre 270 et 435 USD/kWe, avec une valeur moyenne d'environ 360 USD/kWe et un écart-type inférieur à 70 USD/kWe.

Tableau 4.8 Estimations du coût du démantèlement des GCR et autres modèles de réacteurs

| Pays | Nom de la centrale | Puissance (MWe brute) | Coût total | |
|---------------------------------|---------------------|-----------------------|------------|---------|
| | | | MUSD | USD/kWe |
| GCR : démantèlement immédiat | | | | |
| Italie | Latina | 160 | 520 | 3 248 |
| GCR : démantèlement différé | | | | |
| Espagne | Vandellos | 500 | 360 | 721 |
| Japon | Tokai 1 | 166 | 742 | 4 470 |
| Royaume-Uni | Magnox | 265 x 2 | 1 409 | 2 658 |
| Autres : démantèlement immédiat | | | | |
| France | Tous autres modèles | 411 x 9 | 2 534 | 685 |
| Lituanie | Ignalina | 1 300 x 2 | 701 | 270 |

S'agissant des réacteurs refroidis par gaz et des autres modèles de réacteurs, l'échantillon d'ensembles de données communiquées est trop petit pour se prêter à une analyse statistique. Le faible coût notifié pour Vandellos s'explique par le fait que le coût de la gestion des déchets n'est pas inclus dans le total.

Figure 4.2 Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – REP

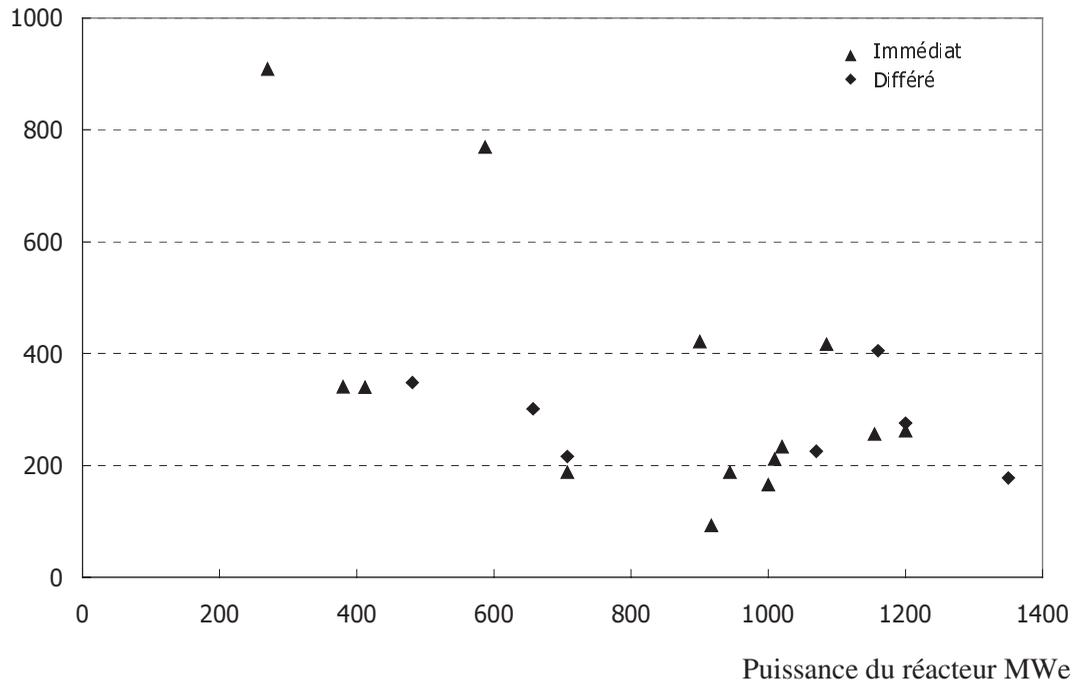
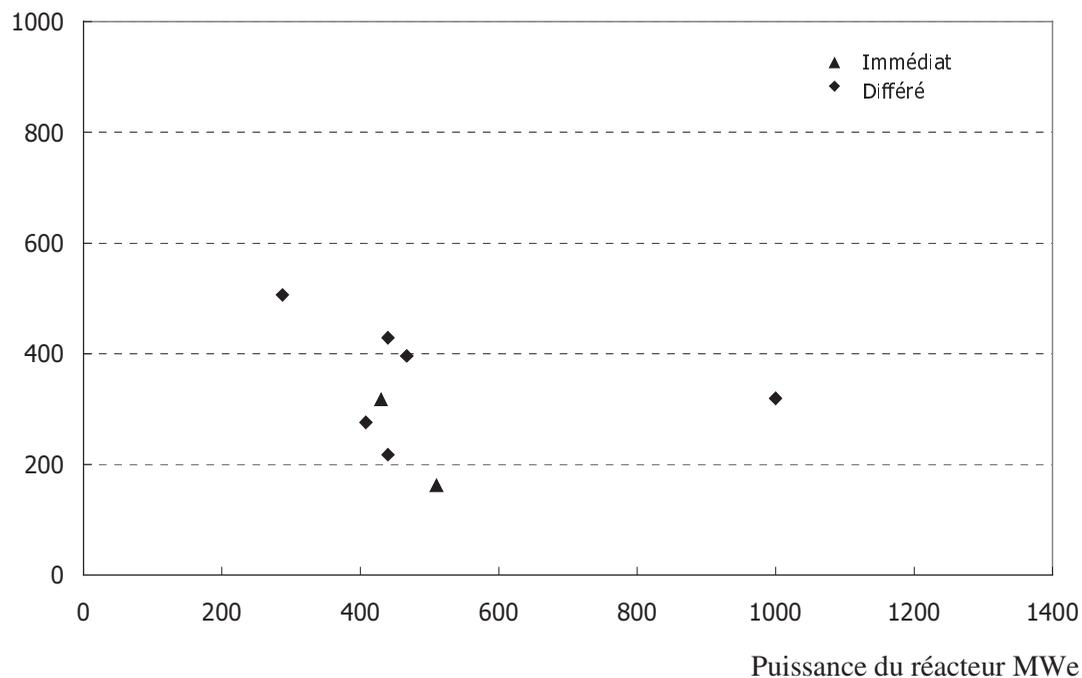


Figure 4.3 Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – VVER



Les figures 4.2 à 4.6 sont des représentations graphiques des coûts totaux du démantèlement, exprimés en USD du 1er juillet 2001 par kWe de puissance, en fonction de la puissance du réacteur ; un symbole différent a été adopté selon que le démantèlement est immédiat ou différé.

Figure 4.4 Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – REB

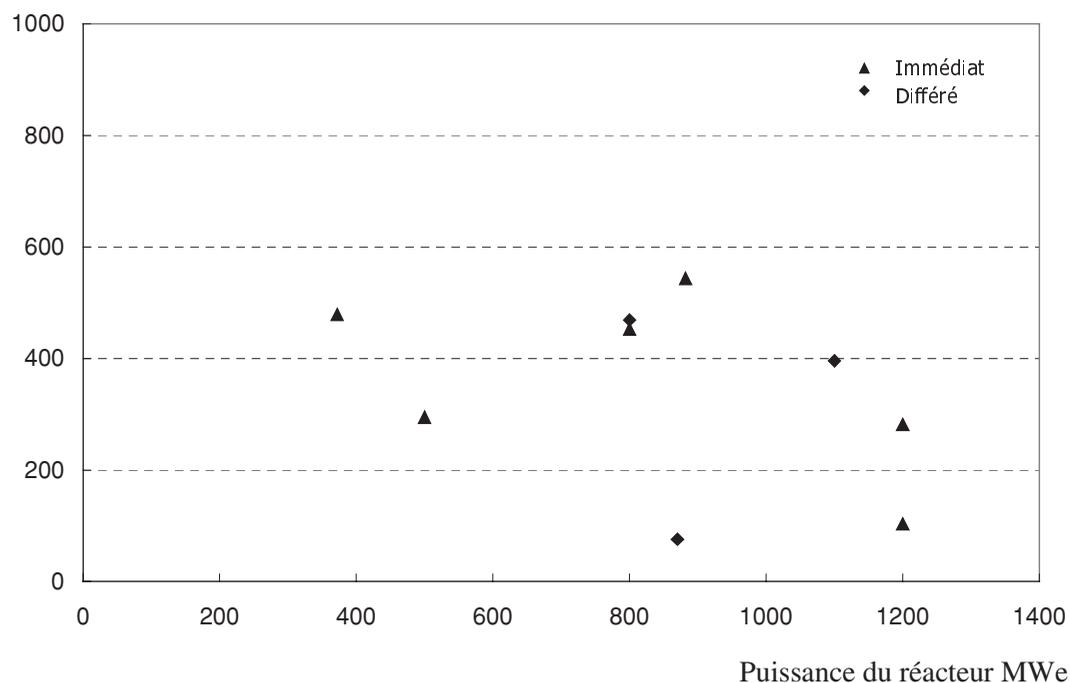


Figure 4.5 Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – PHWR

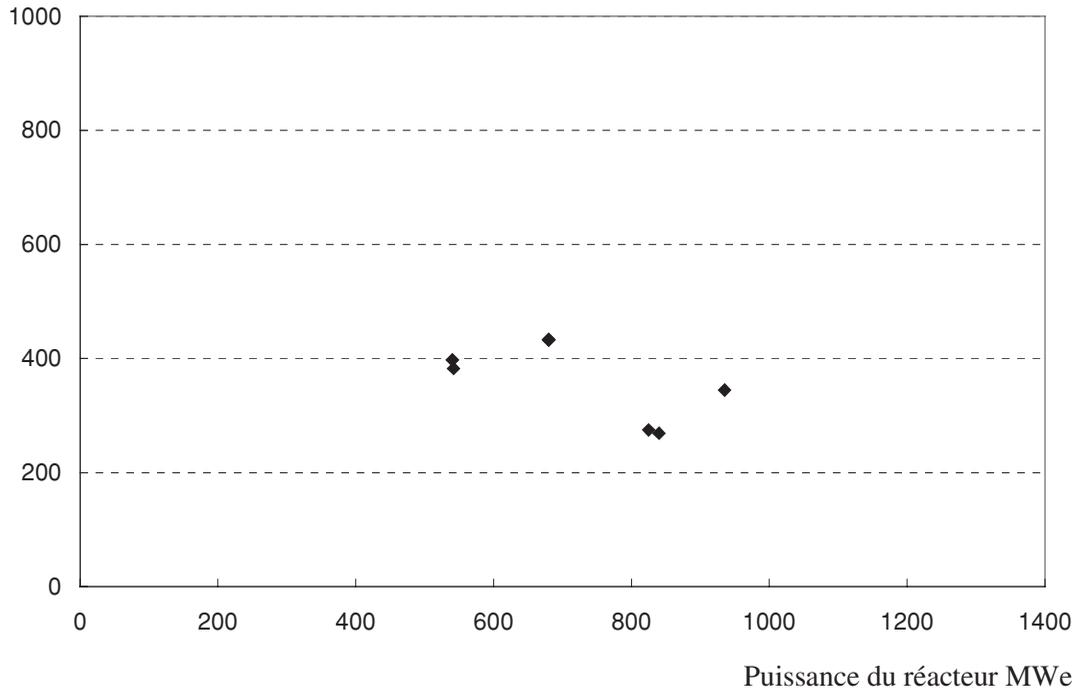
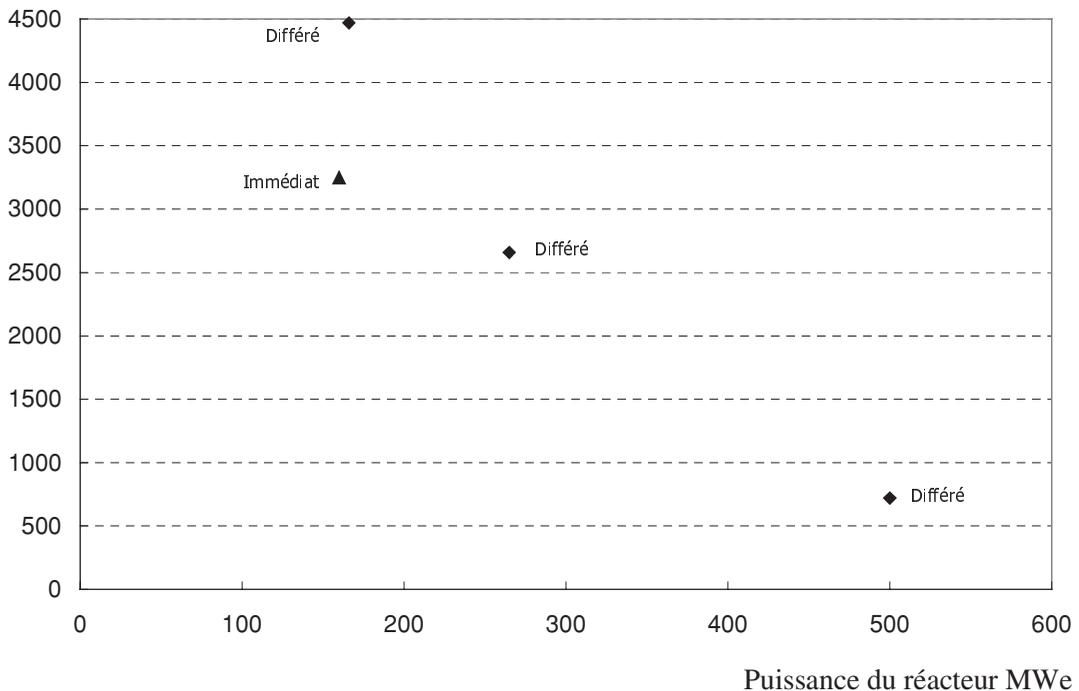


Figure 4.6 Coût total du démantèlement (USD 1er juillet 2001/kWe) – GCR



Si l'on prend en compte la gamme complète des types de réacteurs, les coûts spécifiques (exprimés en USD par kWe) ont tendance à baisser légèrement au fur et à mesure que la puissance augmente. Cependant, cette tendance doit beaucoup aux coûts spécifiques indiqués pour les petits réacteurs refroidis par gaz. Si l'on circonscrit l'analyse aux réacteurs refroidis par eau d'une puissance

supérieure à 200 MWe, la baisse tendancielle des coûts spécifiques en fonction inverse de la puissance des réacteurs est moins significative et la corrélation moins probante.

En général, les répondants qui ont inscrit des données chiffrées dans le tableau C2 ont le plus souvent notifié des coûts plus élevés (en USD/kWe) que ceux qui se sont contentés de répondre par oui ou par non dans le même tableau ; ceux qui n'ont pas rempli du tout le tableau C2, ont communiqué des estimations souvent plus basses. De façon générale, les estimations basées sur des projets de démantèlement en cours ou terminés, ou sur des modèles détaillés conduisent à des coûts plus élevés. Par exemple, les coûts élevés notifiés pour les REB de Garigliano (Italie) et de Dodewaard (Pays-Bas) sont le résultat d'une méthode de modélisation ascendante basée sur des activités concrètes.

Cela peut tenir au fait que les estimations détaillées ont davantage de chances d'être exhaustives et d'avoir pris en compte les complications potentiellement coûteuses et que lorsque les activités de démantèlement sont en cours, les tâches ont été plus rigoureusement définies et plus précisément programmées.

Parmi les 40 ensembles de données qui décomposent les coûts du démantèlement selon la ventilation suggérée dans le questionnaire, les deux éléments de coûts représentant une part importante (un quart à un tiers, chacun) du total sont le plus souvent la déconstruction et le traitement et l'évacuation des déchets. La déconstruction atteint jusqu'à 60 % du coût total du démantèlement dans certains cas, mais en moyenne, selon le type de réacteur, sa part s'établit entre 25 et 34 % (voir tableau 5.1). Le traitement et l'évacuation des déchets représentent en moyenne 17 à 43 % des dépenses, selon le type de réacteur, mais ce pourcentage peut dépasser 65 % dans certains cas.

Trois autres éléments de coûts comptent habituellement chacun pour environ 10 % du coût total : sécurité, surveillance et maintenance ; assainissement et réaménagement du site ; et gestion de projet, ingénierie et assistance sur site. En moyenne, selon le type de réacteur, la sécurité, la surveillance et la maintenance représentent de 8 à 13 % du total des coûts, l'assainissement et le réaménagement du site de 5 à 13 % et la gestion de projet, l'ingénierie et l'assistance sur site de 5 à 24 %. Les autres éléments de coût ne dépassent pas 5 % du coût total du démantèlement.

Tableau 4.9 Contribution moyenne des principaux éléments de coûts au total des coûts du démantèlement pour chaque type de réacteur

| Type de réacteur | Déconstruction (%) | Traitement et évacuation des déchets (%) |
|------------------|--------------------|--|
| REB | 33 | 23 |
| REP | 30 | 23 |
| VVER | 25 | 17 |
| PHWR | 34 | 43 |
| GCR | 25 | 43 |

Les conclusions provisoires présentées ci-dessus sont tirées des réponses au questionnaire mais ne couvrent pas tous les ensembles de données relatives aux coûts analysés dans l'étude, car certaines des réponses manquent de précisions quant à la structure des coûts. En outre, plusieurs réponses font apparaître des disparités dans entre la ventilation nationale des coûts (cadre comptable) et la liste des éléments de coûts définis dans le document AEN/CE/AIEA (AEN, 1999) utilisée comme référence dans le questionnaire.

5. ANALYSE DES DÉTERMINANTS DE COÛTS

Beaucoup d'aspects du démantèlement sont très différents d'un pays à l'autre, d'une compagnie d'électricité à l'autre, voire d'un site de centrale nucléaire à l'autre. Les informations fournies pour la présente étude dans les réponses au questionnaire et les données communiquées dans d'autres documents internationaux, dont ceux listés ci-dessous, témoignent de cette diversité.

Les liste des études internationales et nationales qui suit n'est bien sûr pas exhaustive mais donne une base de référence étendue sur le sujet :

- *Déclassement et démantèlement des installations nucléaires – État des lieux, démarche, défis*, OCDE/AEN, 2002.
- *The Decommissioning and Dismantling of Nuclear Facilities in OECD/NEA Member countries: A Compilation of National Fact Sheets*, OCDE/AEN, 2002.
- *Today's Measures for Future Decommissioning of Swiss Nuclear Power Plants*, H. Achermann, von Gunten A. et al., 2002.
- Review of selected cost drivers for decisions on continued operation of older nuclear reactors, IAEA-TECDOC-1084, 1999.
- *Déclassement des installations nucléaires : une analyse de la variabilité des estimations des coûts du déclassement*, OCDE/AEN, 1991

Bien que certaines des différences soient d'ordre matériel (par exemple, le type et la taille des réacteurs), d'autres portent sur les orientations (par exemple, les stratégies de démantèlement) et sur les prémisses (par exemple, ce qu'il convient d'inclure dans les estimations des coûts du démantèlement et ce qu'il convient d'imputer ailleurs) retenues par différents pays et compagnies d'électricité. Ces choix expliquent, au moins en partie, pourquoi l'on observe des divergences dans les estimations des coûts du démantèlement selon les compagnies d'électricité et les pays, même en cas d'installations analogues.

La conversion monétaire, nécessaire pour la présentation des résultats, peut être une source de distorsions qu'il importe de garder à l'esprit au moment de tirer des enseignements et des conclusions des informations recueillies sur les coûts. Bien qu'il ne s'agisse pas de déterminants de coûts à proprement parler, les taux de conversion monétaires retenus ne sont pas sans effet sur les coûts figurant dans le présent rapport et rendent les comparaisons entre pays plus difficiles. Ce facteur est particulièrement important lorsque l'on compare les coûts en Amérique du Nord avec les coûts en Europe, dans la mesure où le taux de change entre le dollar des États-Unis et l'euro a sensiblement fluctué au fil du temps.

En outre, il était demandé dans le questionnaire des estimations des coûts hors intérêts intercalaires, ou non actualisés, exprimés en monnaie nationale à une date donnée, or les taux

d'actualisation postulés pour aboutir à ces coûts ont également une incidence sur les données fournies et, par conséquent sur la variabilité des coûts figurant dans le présent document. La part des taxes et des primes d'assurance dans les coûts du démantèlement est un autre élément susceptible d'accroître la variabilité des coûts indiqués.

Type de réacteur

Un nombre relativement important de types de réacteurs différents est actuellement en exploitation (7 types sont pris en compte dans le présent rapport) et ils se distinguent les uns des autres par des différences physiques non négligeables. Par exemple, les réacteurs à eau ordinaire sont normalement compacts alors que les réacteurs refroidis par gaz sont généralement plus volumineux. Dans certains réacteurs, le rôle de modérateur est tenu par de l'eau et dans d'autres par du graphite ; dans d'autres encore, le refroidissement est assuré par du métal liquide. Certains modèles de réacteurs se retrouvent sur plusieurs sites alors que d'autres sont uniques, d'où la nécessité de plans de démantèlement individuels. Le volume des systèmes auxiliaires et de la partie classique de la centrale, ainsi que le degré de contamination de ces éléments par des substances radioactives varient selon le type de réacteur. Ainsi, les réacteurs à eau bouillante ont des turbines à vapeur qui sont contaminées par les substances radioactives, ce qui n'est pas le cas pour les autres types de réacteurs.

Les cuves des réacteurs à eau ordinaire, sont non seulement compactes, mais conçues de telle façon que le couvercle peut être totalement enlevé, d'où un accès direct au diamètre complet du réacteur et la possibilité de décharger rapidement la totalité du combustible. En conséquence, on tend à considérer le déchargement du combustible à la fin de la vie utile comme une ultime opération d'exploitation plutôt qu'une tâche relevant du démantèlement qu'il conviendrait d'inclure dans les coûts de cette activité. Les équipements internes placés à l'intérieur des réacteurs à eau ordinaire sont également conçus pour pouvoir être retirés. L'accès aisé à l'intérieur des cuves des réacteurs facilite les activités de démantèlement. En revanche, les réacteurs refroidis par gaz sont non seulement volumineux, mais leur partie supérieure n'est pas dissociable de la cuve du réacteur à laquelle on ne peut accéder pour le chargement et le déchargement que par le biais de traversées de petit diamètre. Autrement dit, le déchargement du combustible de ce type de réacteur à la fin de sa vie utile peut prendre plusieurs années, d'où la pertinence de le classer parfois dans les activités de démantèlement et d'en inclure les coûts dans cette opération. En outre, l'absence d'un couvercle aisément dissociable de la cuve du réacteur rend la déconstruction de ce dernier plus difficile, plus longue et plus coûteuse.

Taille du réacteur

La taille des réacteurs varie dans des proportions considérables, non seulement en termes de volume, mais également de puissance. Par exemple, un réacteur à eau pressurisée moderne d'une puissance de 1 200 MWe possède une cuve de réacteur d'un diamètre interne de 4.4 m, tandis qu'un réacteur refroidi par gaz d'un modèle plus ancien possède une cuve de réacteur d'un diamètre de 20 m. La quantité et la nature des déchets radioactifs qui résultent du démantèlement, ainsi que l'ampleur des travaux de déconstruction requis, dépendent de la combinaison de la taille, du type et des matériaux de construction du réacteur. Les niveaux de la radioactivité résiduelle dans les matériaux du réacteur à la fin de sa vie utile sont tributaires de la taille du réacteur, de sa puissance et de la composition des matériaux. Les réacteurs de conception moderne, de forte puissance mais compacts, tels que les réacteurs à eau ordinaire où prédominent les matériaux en acier inoxydable, auront des niveaux de radioactivité résiduelle beaucoup plus élevés que les réacteurs de plus faible puissance, plus volumineux, comme les réacteurs refroidis par gaz où l'emportent l'acier doux et le graphite. Ces particularités peuvent affecter la complexité des activités de déconstruction et les avantages que l'on

peut escompter de la décroissance radioactive naturelle pour réduire les niveaux de rayonnement. Par exemple, les niveaux de rayonnement à l'intérieur des réacteurs refroidis par gaz et modérés par graphite devraient diminuer au point de permettre un accès du personnel environ 70 à 80 ans après la mise à l'arrêt, mais dans les réacteurs à eau ordinaire plus compacts, la période de décroissance pour descendre aussi bas serait considérablement plus longue. Il y a donc moins d'avantages à attendre d'un report de la déconstruction dans le cas des réacteurs à eau ordinaire que dans celui des réacteurs refroidis par gaz.

Nombre de tranches sur le site

Comme cela est indiqué dans le présent rapport, un site individuel peut abriter d'une à huit tranches. Cela peut avoir un effet sur les coûts du démantèlement si l'on ramène ceux-ci au coût unitaire (par tranche). Plus il y a de tranches sur un site donné, plus les installations d'infrastructure mises en commun sont nombreuses, y compris celles utilisées pendant une période de démantèlement. En conséquence, exprimés par tranche, les coûts d'exploitation du site sont plus faibles.

Si certaines tranches restent en exploitation tandis que d'autres sont mises à l'arrêt et démantelées sur le site, les coûts du démantèlement peuvent s'en trouver diminués. Par exemple, si le démantèlement est différé tandis que d'autres tranches demeurent en exploitation sur le même site, les coûts de surveillance et de maintenance afférents à la tranche mise à l'arrêt pendant la période d'attente ne représenteront qu'un coût supplémentaire marginal venant s'ajouter aux frais d'exploitation des autres réacteurs. En cas de mise à l'arrêt complète d'un site, les coûts de maintenance seraient imputés dans leur intégralité au démantèlement et, par conséquent, seraient plus élevés.

Antécédents d'exploitation

Les antécédents d'exploitation d'un réacteur peuvent avoir un impact sur le démantèlement. Cela pourrait être le cas, par exemple, si un accident ou un incident sur le site avait entraîné des dommages ou une dissémination de la contamination nécessitant des travaux de démantèlement de nature différente ou de plus grande ampleur. Toutefois, il s'agit de situations exceptionnelles qui ne s'appliquent pas aux centrales envisagées dans le présent rapport.

Les autres circonstances liées à l'histoire de la centrale qui pourraient influencer sur les coûts de démantèlement sont notamment les événements mettant en jeu des fuites de combustible et des problèmes liés à la chimie de l'eau ou encore le facteur de charge du réacteur pendant sa vie utile. Des épisodes de fuite de combustible peuvent entraîner une dissémination de radionucléides à rayonnement alpha à l'intérieur du circuit primaire qui compliquera le processus de démantèlement et de déconstruction. Les problèmes de maîtrise de la chimie de l'eau peuvent se traduire par une dissémination excessive de divers radionucléides, en particulier de ^{60}Co , dans le tartre des tuyauteries et les points chauds. La maîtrise de la chimie de l'eau peut également jouer un rôle sur les fuites de combustible.

Certains réacteurs ont été exploités avec des facteurs de charge relativement faibles, d'autres avec des facteurs de charge élevés. Cela peut modifier les niveaux de la radioactivité résiduelle au moment de la mise à l'arrêt. En outre, certaines centrales peuvent avoir fait l'objet de programmes de remise à neuf ou de remplacement pendant leur durée de vie. Il a pu en résulter le stockage sur le site d'un surcroît de matériaux contaminés par des substances radioactives, par exemple échangeurs de chaleur redondants, qui doivent alors être inclus dans les plans de démantèlement, d'où une augmentation du total des coûts.

Champs des activités de démantèlement

Les limites retenues du démantèlement, notamment le point de départ et le terme du démantèlement, auront un effet marqué sur les coûts de cette opération. On constate que les points de départ et d'aboutissement de ce processus indiqués dans le présent rapport sont très loin d'être homogènes. Selon les compagnies d'électricité, les activités suivantes sont ou non prises en compte dans le processus de démantèlement, et donc dans les coûts de cette opération :

- déchargement du combustible ;
- stockage du combustible sur le site ;
- récupération et emballage des déchets d'exploitation accumulés ;
- stockage sur place des déchets radioactifs ;
- transport et évacuation des déchets radioactifs (totalité des coûts) ;
- enlèvement de la partie classique de la centrale ;
- enlèvement des structures non radioactives au-dessus du niveau du sol ;
- enlèvement des structures non radioactives sous le niveau du sol ;
- décontamination du sol ; et
- réaménagement et déclassement du site.

Bien que certaines compagnies d'électricité n'aient pas pris en compte ces activités dans le processus et les coûts du démantèlement, cela ne veut pas dire pour autant qu'elles s'en désintéressent. Ainsi, certaines compagnies d'électricité rangent le déchargement du combustible dans les activités d'exploitation et non pas de démantèlement.

Choix de la stratégie de démantèlement

Les informations fournies dans le cadre de la présente étude que les stratégies de déclassement retenues pour le calcul des coûts présentent des disparités. Certes, les stratégies retenues tendent à se ranger en deux catégories, « démantèlement immédiat » ou « démantèlement différé », mais on relève d'importantes nuances à l'intérieur même de ces deux catégories. Ainsi, certaines compagnies d'électricité proposent ce qu'on pourrait appeler le démantèlement immédiat « rapide » où l'ensemble des travaux est bouclé dans un délai de dix ans, alors que d'autres envisagent une période de déconstruction plus longue, de 20 à 40 ans, tout en continuant de considérer que leur option relève du concept de démantèlement immédiat.

Dans l'option d'une déconstruction différée, plusieurs périodes d'attente ou de quiescence sont envisagées qui conduisent à une déconstruction complète dans des délais compris entre 40 ans et une centaine d'années. Il y a également des différences concernant les parties de la centrale dont la déconstruction sera différée. Sur certains sites, c'est effectivement la déconstruction de l'ensemble des installations et des bâtiments qui est reportée. Dans d'autres, c'est uniquement la déconstruction des installations et des structures notablement contaminées par des substances radioactives, telles que les

réacteurs, qui est différée, alors que les autres installations et bâtiments sont déconstruits « immédiatement ». Par ailleurs, lorsque la stratégie du report a été choisie, les hypothèses retenues concernant l'ampleur des travaux et les effectifs à maintenir sur le site pendant la période d'attente, et partant les coûts, ne sont pas toujours les mêmes, d'aucuns jugeant, par exemple, indispensable la présence de personnel 24 heures sur 24 sur le site, tandis que pour d'autres, un certain degré de télésurveillance est acceptable. Certains exploitants estiment qu'à la suite d'une période d'attente, les niveaux de rayonnement auront suffisamment diminué pour permettre l'utilisation de technologies plus simples pour déconstruire les réacteurs, autrement dit, toutes les opérations ne devront pas nécessairement être effectuées à distance. Cela s'applique surtout aux réacteurs modérés par graphite et refroidis par gaz.

Réutilisation du site

Les choix retenus concernant la réutilisation du site à l'issue du démantèlement, peuvent varier et influencer sur l'ampleur du démantèlement requis, et par conséquent sur le total des coûts. Certains pays qui sont déterminés à continuer à utiliser l'énergie nucléaire entendent réutiliser leurs sites existants. Ils vont donc peut-être opter pour une stratégie de déconstruction immédiate, mais l'ampleur de la déconstruction sera moindre que pour un site qui ne sera pas réutilisé à des fins nucléaires. Par exemple, certaines installations et bâtiments pourraient être réutilisés et il n'y aura pas lieu de se lancer dans des travaux de contrôle et de réhabilitation de grande envergure du site pour permettre le déclassement du site nucléaire.

Lorsque les sites n'abriteront plus d'activités nucléaires, on pourra, par exemple, les utiliser à des fins industrielles non nucléaires ou les remettre dans leur état naturel. L'ampleur du démantèlement requis dépendra de l'option retenue. Par exemple, à Fort St. Vrain aux États-Unis, où le démantèlement est jugé achevé et où l'autorisation du site nucléaire a été résiliée, seules ont été retirées les matières radioactives. L'enveloppe non radioactive du bâtiment réacteur demeure sur le site et la partie classique de la centrale, notamment la salle des machines, a été réutilisée dans le cadre d'une reconversion du site en centrale à gaz.

À l'évidence, les options de réutilisation du site ont une influence sur la durée du calendrier et le point d'aboutissement du démantèlement et, par conséquent, sur ses coûts.

Seuil de libération et niveaux de classification

Les seuils de libération admissibles à partir desquels les matériaux peuvent être considérés comme non radioactifs varient selon les pays. Cela aura inévitablement une influence sur le volume des matériaux découlant du démantèlement qu'il faudra classer comme déchets radioactifs. Dans certains pays, les matériaux libérés des sites nucléaires peuvent être recyclés ou réutilisés sans plus de contrôle ; ils peuvent donc être une source de revenus et, surtout, ils peuvent faire baisser les coûts d'évacuation des déchets. D'autres pays imposent des restrictions plus sévères en ce qui concerne les déchets libérés conduisant à des volumes plus importants de déchets radioactifs à évacuer et par conséquent à des coûts plus élevés.

En outre, les matériaux considérés comme radioactifs, c'est-à-dire au-dessus du seuil de libération, sont eux-mêmes subdivisés en différentes catégories qui varient selon les pays et déterminent la destination de ces matériaux. Par exemple, certains pays autorisent le recyclage contrôlé des matériaux faiblement radioactifs à l'intérieur de l'industrie nucléaire, alors que d'autres en exigent l'évacuation. Par ailleurs, certains pays admettent l'évacuation d'une partie des déchets

radioactifs dans des installations d'entreposage à faible profondeur alors que d'autres exigent que le même type de déchet soit évacué, à un coût plus élevé, dans une installation en formation géologique profonde. Ces différences entraîneront des écarts dans les coûts du démantèlement.

Normes réglementaires

Comme cela a été mentionné plus haut, les seuils de libération sont un exemple de « normes réglementaires » applicables au démantèlement. Nul doute que l'assainissement, en tant que critère final de démantèlement soit un déterminant de coûts important. Il existe d'autres normes réglementaires, variables selon les pays, susceptibles d'influer sur les activités et les coûts du démantèlement, notamment les doses d'irradiation admissibles pour les travailleurs et le public, et les rejets chimiques et radioactifs admissibles à partir des sites. Les règlements peuvent également intégrer des critères environnementaux, tels que le bruit, la poussière et la circulation. Toutes ces réglementations demanderont la préparation, l'évaluation et l'approbation d'une documentation très fouillée, par exemple, dossiers de sûreté et déclarations d'impact sur l'environnement. Ces processus réglementaires peuvent également comprendre un certain degré de consultation du public. Tout cela aura une incidence sur les coûts.

Volume de déchets

Comme cela a été indiqué dans le chapitre 2, la quantité de déchets radioactifs résultant du déclassement peut varier dans des proportions considérables selon les sites. Elle dépend, notamment, du type et de la taille des réacteurs, de l'importance des installations annexes et des niveaux de libération admissibles. Le type de fûts utilisés pour immobiliser les déchets retient également sur le volume final à évacuer. Non seulement la quantité de déchets radioactifs est variable, mais les types de matières le sont également. Ainsi, certains réacteurs utilisent des matières qui pourraient réclamer un traitement, une manutention ou une évacuation spécifique, par exemple l'eau lourde, le réfrigérant en métal liquide et le graphite. Par ailleurs, on a accumulé sur certains sites de réacteurs des déchets d'exploitation qui devront être récupérés, traités et emballés pendant la période de démantèlement. Toutes ces opérations alourdiront la facture du démantèlement.

En plus des déchets radioactifs, il faudra prendre en compte la variabilité dans la quantité et les types de déchets non radioactifs qui résulteront du démantèlement. Un traitement spécial peut s'avérer indispensable pour certains d'entre eux. C'est le cas de l'amiante, qui a été largement employée comme matériau d'isolation sur les sites des réacteurs de conception ancienne, mais pas sur les sites plus récents. Le plomb, contaminé ou non, requerra également un traitement particulier s'il est classé comme déchet à évacuer. Tous ces facteurs affecteront la comparaison des coûts entre les différents sites.

Disponibilité de dépôts de déchets radioactifs

Le démantèlement est la source de quantités importantes et de types différents de déchets radioactifs qu'il faudra évacuer dans un dépôt approprié. La disponibilité de ces dépôts peut influencer notablement sur la stratégie de démantèlement retenue, notamment le calendrier de la déconstruction. La plupart des compagnies d'électricité partent du principe que des dépôts seront disponibles au moment où elles prévoient d'engager le démantèlement, même si tous les dépôts nécessaires ne sont pas encore disponibles ou prévus. Faute de dépôt en temps utile, il faudra différer la déconstruction

plus longtemps qu'on ne l'envisage actuellement ou aménager des installations d'entreposage provisoires.

Divers modèles et lieux d'implantation sont envisagés concernant les dépôts : à faible profondeur ou dans des formations géologiques profondes ; à proximité ou directement sur le site du réacteur ou encore à bonne distance de celui-ci. Le critère d'acceptation variera également en fonction du dépôt, par exemple en termes de niveau d'activité et de débits de dose admissibles et de taille des conteneurs de déchets. Quelques dépôts pourront recevoir des pièces de grande taille, par exemple des cuves de réacteurs entières, dans d'autres ne pourront être entreposés que des conteneurs de plus petite taille. L'ampleur des travaux de déconstruction et d'emballage variera en proportion. Tous ces facteurs auront une incidence sur les coûts.

Non seulement les types de dépôts ne sont pas tous identiques, mais la proportion des coûts d'évacuation postulés qui est comptabilisée dans les estimations notifiées des coûts du démantèlement varie elle aussi. Certains exploitants prennent en compte dans leurs estimations des coûts du démantèlement l'intégralité des coûts afférents à l'évacuation des déchets radioactifs, qu'il s'agisse des déchets d'exploitation accumulés ou des déchets résultant du démantèlement. D'autres exploitants ne prennent en compte qu'une partie des coûts d'évacuation dans leurs estimations alors que d'autres encore les excluent totalement. Lorsque les coûts d'évacuation ne sont pas inclus, ou seulement partiellement, dans les estimations des coûts du démantèlement, c'est le plus souvent parce qu'ils sont comptabilisés à part et affectés à un poste différent de celui directement associé au démantèlement.

Incertitudes et traitement des incertitudes

Il y a inévitablement des écarts dans les niveaux de confiance concernant les estimations des coûts du démantèlement. Ainsi, il serait normal que les compagnies d'électricité qui réalisent actuellement des travaux de démantèlement soient plus assurées dans les estimations de leurs coûts que celles qui prévoient de se lancer dans cette opération d'ici quelques années. Cette hypothèse est étayée par la tendance des estimations de coûts à augmenter au fur et à mesure que l'on s'approche de la date de démarrage, puis de l'achèvement des travaux, tendance qui n'est pas propre au déclasserment des centrales nucléaires, mais est commune à tous les projets de grande envergure.

L'industrie nucléaire est consciente des incertitudes associées aux coûts du démantèlement, dont certaines ne seront pas pleinement levées avant l'achèvement des travaux. Plusieurs approches sont mises en œuvre pour traiter ces incertitudes. Une méthode classique consiste à intégrer des provisions pour aléas dans l'estimation des coûts du démantèlement. Une autre technique, pour traiter les incertitudes relatives à la quantité de déchets produite, consiste à se donner une marge de sécurité dans l'évaluation des quantités.

De même qu'il y aura probablement des nuances dans la façon de traiter les incertitudes, il y aura aussi des écarts dans les provisions pour aléas retenues. Des marges différentes seront appliquées aux divers éléments de travail en fonction de l'expérience acquise dans le domaine concerné. En outre, des provisions pour risques peuvent être constituées pour faire face à l'éventualité d'un élargissement des activités consécutif à des changements dans la politique de démantèlement. Les différences d'approche dans le traitement des incertitudes auront automatiquement une incidence sur les estimations globales des coûts et entraîneront des écarts lorsqu'il s'agira de comparer les estimations de coûts d'une compagnie d'électricité et d'un pays à l'autre.

Coûts de la main-d'œuvre

Le démantèlement peut être une activité à forte intensité de main-d'œuvre et les coûts de la main-d'œuvre peuvent représenter un élément non négligeable du total des coûts du démantèlement. Aussi, le coût unitaire du travail qui sera retenu se répercutera sur les estimations des coûts du démantèlement. Les coûts de main-d'œuvre sont très variables selon les pays et dépendent du niveau de qualification exigé pour réaliser les activités de démantèlement, niveau qui peut lui-même varier en fonction des cadres réglementaires nationaux. Les différences dans la productivité de la main-d'œuvre selon les pays peuvent aussi avoir des conséquences pour les coûts du démantèlement imputables à ce facteur.

D'après les ensembles de données relatives aux coûts communiqués pour la présente étude, les coûts du démantèlement ne semblent pas notablement plus élevés dans les pays où la main-d'œuvre est chère. Étant donné qu'il s'agit d'un élément important des coûts du démantèlement, il se peut que dans les pays où les coûts de la main-d'œuvre sont élevés, les exploitants privilégient le recours à un équipement automatisé au détriment de l'intervention humaine, dans l'espoir que cela leur permettra de réduire le coût total du démantèlement. Dans la pratique cependant, les niveaux de qualification requis pour mettre au point, exploiter et maintenir un équipement automatisé peuvent aboutir à des coûts supérieurs à ceux d'une intervention manuelle.

Facteurs sociaux et politiques

Il faut tenir compte des facteurs sociaux et politiques qui peuvent avoir une incidence non négligeable sur la stratégie, les plans et donc les coûts de démantèlement. Par exemple, les sites nucléaires sont en général implantés dans des zones éloignées et sont souvent le principal employeur dans le voisinage. Les responsabilités sociales à l'égard des collectivités locales ont donc leur place dans l'établissement des projets de démantèlement. Ainsi, dans certains sites, il a été décidé de passer sans tarder au démantèlement pour maintenir les niveaux d'emploi à l'échelon local.

De même, les facteurs politiques sont des éléments pertinents et un paramètre incontournable qui peut avoir des incidences sur les plans et les coûts. Par exemple, certaines décisions politiques prises à l'échelon national peuvent avoir pour conséquence un démantèlement immédiat obligatoire alors qu'en l'absence de telles décisions les exploitants des installations nucléaires visées auraient opté pour une stratégie de démantèlement différé. Enfin, la politique générale d'un pays en matière d'énergie nucléaire, par exemple un moratoire sur la construction de nouvelles tranches nucléaires, l'abandon accéléré ou la poursuite du déploiement de la filière nucléaire, influe sur les stratégies et les coûts du démantèlement.

6. CONCLUSIONS

Le présent rapport repose sur les réponses à un questionnaire émanant de 26 pays (dont neuf qui ont contribué sous l'égide de l'AIEA) et sur les travaux d'un groupe d'experts dans le domaine du démantèlement. Les renseignements recueillis et analysés par les experts permettent de mieux comprendre les politiques nationales de démantèlement et les stratégies des compagnies d'électricité, ainsi que les coûts du démantèlement des centrales nucléaires commerciales. L'analyse apporte des éclaircissements sur l'influence des politiques et des stratégies sur ces coûts. Les chapitres précédents ont été consacrés à la présentation des données fournies en réponse au questionnaire par les représentants officiels des pays ainsi qu'aux enseignements tirés par le groupe d'experts. Le présent chapitre récapitule les conclusions qualitatives et quantitatives que l'on peut déduire des renseignements communiqués et des analyses des experts.

Bien que le groupe d'experts ait décidé d'élaborer un questionnaire exhaustif, il a été entendu d'emblée que l'étude ne comprendrait pas d'analyse détaillée de la structure des coûts du démantèlement, ni d'examen approfondi des disparités entre les diverses données relatives aux coûts soumises par les répondants. Le but de cette collecte de données détaillées était d'étayer par quelques exemples chiffrés l'analyse des incidences des choix politiques et stratégiques sur divers éléments de coûts et sur la structure des coûts.

Politique et stratégie de démantèlement

L'analyse des données communiquées en réponse au questionnaire fait apparaître d'importantes différences dans nombre d'aspects des politiques nationales de démantèlement. Par exemple, parmi les 26 pays qui ont répondu, seuls la moitié ont une définition nationale du démantèlement et un peu plus de la moitié ont déterminé un point final pour le processus de démantèlement. Sept pays seulement ont un calendrier contraignant pour l'achèvement du démantèlement des réacteurs et un tiers seulement ont défini un point de départ.

Beaucoup de pays ont un système bien au point de déclasser les sites nucléaires et 80 % des pays qui ont répondu exigent une autorisation visant spécifiquement le démantèlement pour cette phase du cycle de vie d'une centrale. Cependant, 60 % seulement des pays ont fixé des niveaux de libération pour les déchets radioactifs.

Selon les informations communiquées, la diversité est moindre en ce qui concerne la stratégie de démantèlement. Les limites du démantèlement, exception faite du stockage du combustible et de la gestion des déchets d'exploitation, sont dans l'ensemble homogènes, de même que les facteurs pris en compte pour déterminer la stratégie de démantèlement privilégiée. Seuls huit pays font l'hypothèse d'une déconstruction immédiate comme unique base pour le calcul des coûts. Lorsque des périodes d'attente sont retenues, elles s'échelonnent généralement jusqu'à un maximum de 50 ans, sauf pour les GCR. Il est probable que cela est essentiellement dû dans ce dernier cas à l'impossibilité de travailler sous l'eau et à la présence d'importantes quantités de graphite.

Ces différences dans les politiques et les stratégies des États et des compagnies d'électricité conduisent inévitablement à des écarts dans les estimations des coûts du démantèlement.

Variabilité des coûts

Les analyses des données communiquées effectuées dans le cadre de la présente étude ont confirmé que les comparaisons, tant internationales que nationales, entre les coûts sont utiles en support de bon nombre de décisions prises par les pouvoirs publics et l'industrie. Cependant, interpréter les écarts entre les coûts est une tâche complexe et la prudence est de mise dans les conclusions que l'on peut en tirer. À côté des divergences dans les réglementations et les politiques de démantèlement nationales, l'infrastructure nationale de gestion des déchets radioactifs, les spécificités dans les limites des activités de démantèlement et les méthodes de comptabilité peuvent également élargir l'éventail des coûts notifiés par divers pays pour différents types de réacteurs. Il est improbable que l'on puisse élucider complètement les différences de coûts selon les pays et les types de réacteur faute d'un degré de vérification et d'évaluation des données qui sortirait du cadre de la présente étude.

Dans la plupart des pays possédant un parc nucléaire en exploitation, les coûts de démantèlement sont estimés et analysés régulièrement. Les motifs des estimations des coûts de déclassement peuvent aller de la gestion du projet à la création et au suivi de provisions affectées au financement. Les diverses parties prenantes comprennent bien à quoi correspondent ces estimations des coûts et tant les pouvoirs publics que l'industrie les acceptent pour ce qu'elles sont.

Les estimations des coûts du démantèlement reposent sur une série d'hypothèses reflétant les choix ou les postulats stratégiques de l'industrie, les réglementations et les politiques nationales, et les conditions économiques et sociales propres à la centrale concernée. Les méthodologies et les instruments utilisés pour calculer les estimations de coûts sont robustes et fiables. Dans la plupart des pays, les estimations de coûts sont effectuées par les responsables des activités de démantèlement et de leur financement. Les travaux sont supervisés et contrôlés par des organes indépendants qui rendent compte généralement au gouvernement.

Il convient de noter que toutes les estimations de coûts présentées dans l'étude sont fondées sur une stratégie tablant sur l'évacuation finale de tous les déchets radioactifs et partant attribuent un coût à cette opération, bien qu'aucun pays n'ait indiqué posséder, pour le moment, de dépôts définitifs pour tous les types de déchets radioactifs. Cependant, compte tenu des marges pour aléas retenues et des données recueillies sur les dépôts et laboratoires existants, on est raisonnablement fondé à penser que les coûts estimés sont réalistes.

Le coût n'est qu'un des paramètres qui intervient dans le choix d'une stratégie de démantèlement. Comme cela a été indiqué dans le chapitre 2 (voir figure 2.10), de nombreux autres paramètres entrent en jeu au moment d'arrêter une stratégie donnée et de fixer un calendrier des activités de démantèlement. Cela illustre la complexité du processus de choix d'une stratégie de démantèlement. Certes, le coût demeure, surtout dans un marché libéralisé, un critère fondamental pour le choix d'une stratégie, mais d'autres critères pèsent tout autant, voire davantage. Les aspects fondamentaux affectant le choix d'une stratégie sont entre autres : protection radiologique ; sécurité industrielle ; gestion des déchets radioactifs et options d'évacuation disponibles ; complexité technique ; réglementations ; facteurs politiques ; et adhésion du public.

À l'exception des réacteurs refroidis par gaz, le type de réacteur ne semble pas avoir un impact notable sur les coûts de démantèlement ramenés à l'unité de puissance (kWe) installée. Quels que soient les types de réacteur à eau pour lesquels des données ont été communiquées et analysées

dans l'étude, notamment les REP, VVER, REB et le PHWR/CANDU, le coût de démantèlement par kWe installé semble relativement indépendant du type de réacteur. L'effet de la puissance, bien que perceptible, n'est pas significatif d'après les données recueillies. Les données font apparaître une faible corrélation entre la puissance et les coûts spécifiques du démantèlement se caractérisant par une baisse tendancielle relativement faible de ces coûts en fonction de la puissance des réacteurs. Le coût moyen par unité de puissance est généralement plus bas pour les centrales dans lesquelles plusieurs réacteurs partagent des services communs.

Il se peut que cette dernière observation tienne au fait que les techniques de déconstruction sont assez universelles et s'appliquent à tout type de réacteurs. En outre, la séquence des opérations nécessaires pour démanteler un réacteur à eau, à savoir découpage, démolition, broyage, conditionnement des déchets, caractérisation des déchets, etc., ne dépend pas d'un type de réacteur particulier, mais est la même pour toutes les installations nucléaires en métal ou en béton.

Dans ce contexte, les différences dans les coûts de main-d'œuvre, les antécédents d'exploitation de la centrale, les prescriptions en matière de conditionnement des déchets expliquent probablement pour l'essentiel, la dispersion des coûts notifiés. Ces variables sont largement indépendantes du type ou de la taille de la tranche considérée.

En général, le démantèlement des réacteurs refroidis par gaz revient plus cher que celui de n'importe quel réacteur refroidi par eau. Cela tient vraisemblablement à certains facteurs tels que le volume important des GCR et la nécessité d'évacuer de grosses quantités de graphite. En conséquence, la déconstruction d'un GCR demande davantage de travail que celle des réacteurs à eau et les volumes de déchets et de matières à gérer sont plus substantiels.

Bien que la fourchette dans laquelle s'inscrivent les estimations communiquées des coûts du démantèlement soit relativement large, ces estimations demeurent inférieures à 500 USD/kWe pour presque tous les réacteurs à eau examinés dans le cadre de l'étude. En revanche, en ce qui concerne les GCR pour lesquels des estimations du coût total du démantèlement ont été communiquées, on franchit la barre des 2 500 USD/kWe.

Le tableau 6.1 présente les valeurs moyennes et les écarts types concernant les données relatives au coût du démantèlement communiquées dans la présente étude pour chaque type de réacteur envisagé.

Tableau 6.1 Coûts moyens du démantèlement et écarts-types

| Type de réacteur | Coût du démantèlement (USD/kWe) | |
|------------------|---------------------------------|------------|
| | Moyenne | Écart-type |
| REP | 320 | 195 |
| VVER | 330 | 110 |
| REB | 420 | 100 |
| PHWR/Candu | 360 | 70 |
| GCR | >2 500 | – |

Les informations communiquées sur la structure des coûts peuvent être résumées comme suit en ce qui concerne les éléments de coûts qui contribuent le plus au total des coûts du démantèlement :

| | |
|--|-----------------|
| Déconstruction | 25-35% du total |
| Traitement et évacuation des déchets | 17-43% du total |
| Sécurité, surveillance et maintenance | 8-13% du total |
| Assainissement et réaménagement du site | 5-13% du total |
| Gestion de projet, ingénierie et assistance sur site | 5-24% du total |

Les fourchettes en pourcentage concernent la moyenne par type de réacteur ; d'un réacteur à l'autre les écarts peuvent être beaucoup plus marqués.

Dans les réponses contenant des estimations des coûts de main-d'œuvre, à savoir seize centrales dans huit pays, la main-d'œuvre représente entre 10 et 70 % du total des coûts du démantèlement, la plupart des réponses étant comprises entre 20 et 40 %. Les données communiquées sont insuffisantes pour affirmer que ce pourcentage est ou non affecté par le type de réacteur considéré, mais elles montrent clairement, comme on pouvait s'y attendre, qu'il diffère d'un pays à l'autre. Ainsi, il est d'environ 65 % en Suisse et de 20 % en Italie.

Effet de la stratégie de démantèlement sur le coût

S'agissant de la stratégie retenue pour le calcul du coût du démantèlement, les réponses font apparaître une répartition à peu près équilibrée entre démantèlement immédiat et démantèlement différé. Au demeurant, les calendriers détaillés des activités de démantèlement communiqués par les répondants montrent qu'il n'y a pas nécessairement une très grande différence entre « immédiat » et « différé ». En effet, dans certaines stratégies de démantèlement immédiat, les activités commenceraient plusieurs années après la mise à l'arrêt, alors que dans certaines stratégies de démantèlement différé, les opérations débuteraient dans les cinq ans suivant la mise à l'arrêt.

La décision de procéder immédiatement à la déconstruction ou de la différer peut être influencé par l'existence, ou l'absence, d'installations d'évacuation des déchets. Aux États-Unis, par exemple, certaines tranches ont été démantelées immédiatement parce que l'on disposait de suffisamment d'espace pour évacuer de gros éléments de réacteurs.

En moyenne, la durée totale du démantèlement retenue pour en estimer les coûts, soit la période d'attente plus la durée de la déconstruction, s'échelonne entre 25 et 40 ans pour tous les types de réacteurs à eau (REP, REB, VVER, CANDU) et est beaucoup plus longue, environ 100 ans, pour les GCR. Cela peut s'expliquer par la complexité des réacteurs refroidis par gaz, la présence de grandes quantités de graphite, les possibilités limitées de décontamination en l'absence de phase liquide et l'impossibilité de travailler sous l'eau. On a donc intérêt à différer le démantèlement, pour réduire la dose de rayonnement et simplifier les conditions de travail,

Les estimations des coûts hors intérêts intercalaires du déclassement qui ont été communiquées montrent que le calendrier (c'est-à-dire déclassement immédiat ou différé) influe peu sur le coût, quel que soit le type ou la puissance du réacteur. L'explication peut tenir au fait, qu'indépendamment du caractère immédiat ou différé de la déconstruction, la somme de travail à effectuer pour une centrale d'une puissance donnée ne change pas beaucoup si le point final est le même. En l'occurrence, la seule différence porte sur la période pendant laquelle les travaux sont exécutés, mais cela n'a guère d'effet sur les coûts hors intérêts intercalaires, même si l'allongement de la période d'attente fait augmenter les coûts de surveillance et de maintenance.

Dans le cas du démantèlement différé, la maintenance des installations pendant des périodes prolongées peut entraîner quelques écarts de coûts, selon la stratégie d'entreposage sécuritaire retenue. Les particularités et le régime juridique du site ont aussi une influence non négligeable sur les coûts de surveillance pendant l'entreposage sécuritaire. Si d'autres tranches nucléaires continuent d'être exploitées sur le site, la surveillance ne fera qu'augmenter marginalement les coûts d'exploitation et de maintenance des tranches en fonctionnement. En revanche, s'il n'y a pas d'autre activité en liaison avec l'énergie nucléaire sur le site, la surveillance de la tranche à l'arrêt peut peser lourd dans le coût total du démantèlement.

Le choix retenu, démantèlement immédiat ou différé, a un effet sur le coût actualisé du démantèlement en raison de la valeur temporelle de l'argent. Cela peut à son tour avoir une incidence sur le montant total du fonds à constituer pour le démantèlement. Le taux d'actualisation adopté joue un rôle crucial dans ce calcul. Dans la plupart des pays, le taux d'actualisation réel nominal retenu pour la constitution du fonds destiné au démantèlement est compris entre 2 et 4 %.

Volumes, gestion et évacuation des déchets

Aucun des 26 pays qui ont répondu au questionnaire ne possède d'installations pour évacuer la totalité des déchets radioactifs résultant du démantèlement des réacteurs. Cela pourrait avoir des conséquences non négligeables pour le déroulement proposé de la déconstruction des réacteurs et accroître l'incertitude liée à cet élément de coût.

D'après les réponses au questionnaire, la quantité de déchets résultant des activités de démantèlement varie considérablement en fonction du type et de la taille des réacteurs envisagés, ainsi que du pays interrogé. En général, le poids de déchets par unité de puissance installée est considérablement plus élevé pour les GCR que pour les autres types de réacteurs, alors que les REP et les REB se situent dans la partie basse de la fourchette.

Pour la plupart des REP, des REB et des CANDU examinés dans l'étude, le poids de déchets radioactifs résultant des activités de démantèlement est inférieur à 10 tonnes par MWe. S'agissant des VVER, on monte aux alentours de 17 tonnes par MWe. Quant aux GCR, la masse de déchets radioactifs est presque 10 fois supérieure à celle des réacteurs à eau, soit une centaine de tonnes par MWe. On trouvera ci-après un récapitulatif des données sur le poids des déchets radioactifs communiquées dans le cadre de la présente étude :

| Type de réacteur | Poids de déchets radioactifs (t/MWe) |
|-------------------------|---|
| REP | 10 |
| REB | 10 |
| PHWR/CANDU | 13 |
| VVER | 17 |
| GCR | 100 |

À l'évidence, la masse de matière résultant des activités de démantèlement est liée à la taille de la tranche concernée. Par conséquent, les résultats de l'étude concordent avec les effets de taille anticipés puisque les GCR sont plus volumineux que les CANDU qui sont eux-mêmes généralement plus imposants que la nouvelle génération de REO.

De nombreuses réponses contenaient quelques éléments de structure des coûts et, en particulier la valeur absolue ou relative de la gestion et de l'évacuation des déchets. D'après ces réponses, la gestion et l'évacuation des déchets représentent en moyenne, par type de réacteur, entre 17 et 43 % du total des coûts du démantèlement, mais cette proportion peut descendre jusqu'à 5 % ou grimper jusqu'à 65 % dans certains cas particuliers, la majorité des réponses demeurant dans une fourchette allant de 10 à 30 %.

Comme cela a été noté plus haut, les coûts afférents à l'évacuation des déchets sont peut-être parmi les données les plus hypothétiques figurant dans la présente étude car aucun pays n'a indiqué posséder d'installations de dépôts de déchets pour tous les types de déchets résultant du démantèlement. Toutefois, des recherches approfondies ont été menées sur les aspects économiques des dépôts et l'on peut donc penser que les incertitudes dans les estimations du coût de l'évacuation des déchets se situent maintenant dans une fourchette raisonnable.

Remarques finales

Une parfaite compréhension de la variabilité des coûts du démantèlement dépasse le cadre de la présente étude et était hors de portée avec la méthode de travail adoptée. Les disparités, selon les pays et les exploitants, dans la ventilation et la portée des activités ressortissant au démantèlement permettaient difficilement d'obtenir des réponses absolument cohérentes même si beaucoup d'efforts avaient été déployés dans la présente étude pour élaborer un questionnaire détaillé et explicite.

Toutefois, l'analyse des données figurant dans les réponses fait apparaître des tendances et des fourchettes de coûts et contribue à dégager les principaux aspects des politiques nationales et des stratégies industrielles qui influent sur les coûts du démantèlement. Les observations et les conclusions provisoires tirées des renseignements communiqués devraient contribuer à enrichir et à éclaircir les débats et les décisions concernant les politiques et les réglementations nationales, ainsi que les stratégies industrielles, en matière de démantèlement des centrales nucléaires.

Enfin, il est encourageant de noter l'intensification de la coopération internationale dans l'évaluation des politiques, stratégies et coûts du démantèlement. Au total, 26 pays ont apporté leur concours à la présente étude (dont 9 pays non membres de l'OCDE qui ont participé sous l'égide de l'AIEA). Seuls neuf pays avaient communiqué des données pour l'étude réalisée en 1991. La poursuite de la coopération internationale, conjuguée à l'échange des expériences et des enseignements tirés, contribueront à assurer que la génération actuelle de centrales nucléaires à l'échelle mondiale sera démantelée de façon sûre et économique.

Annexe 1

**MEMBRES DU GROUPE D'EXPERTS, CONTRIBUTEURS À LA PUBLICATION
ET RÉPONDANTS AU QUESTIONNAIRE**

AFRIQUE DU SUD

M. Stefaan Cronje
Eskom
Generation Finance Department L3S35
P.O. Box 1091
2000 Johannesburg

stefaan.cronje@eskom.co.za

ALLEMAGNE

M. Wolfgang Pfeifer
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Techn. / Adm. Leitung Stilllegung
P.O. Box 3640
76021 Karlsruhe

wolfgang.pfeifer@sta.fzk.de

Dr. Klaus-Jurgen Schiffer
E-ON Kernkraft GmbH
Department of Licensing and Radiation Protection
Tresckowstrasse 5
30457 Hanover

klaus.schiffer@eon-energie.com

M. Ernst Warnecke
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Nuclear Safety Department
P.O. Box 100149
38201 Salzgitter

ewarnecke@bfs.de

ARMÉNIE

M. Aram Gevorgyan
Ministry of Energy
Department of Atomic Energy
Government House
2, Republic Square
Yerevan

atomen@freenet.am

BELGIQUE

M. Paul Havard
Electrabel
Département de la gestion des actifs et des charges financières
Bastion Tower, Place du Champ de Mars 5
1050 Bruxelles

paul.havard@electrabel.com

M. Marnix Braeckveldt
ONDRAF/NIRAS
Avenue des Arts 14
1210 Bruxelles

m.braeckveldt@nirond.be

M. Manfred Schrauben
Ne travaille plus à Ondraf/Niras

m.braeckveldt@nirond.be

M. Vincent J. Massaut
SCK•CEN
Boeretang 200
2400 Mol

vmassaut@sckcen.be

M. Lucien Teunckens
Belgoprocess
Démantèlement et décontamination
Belgoprocess n.v Gravenstraat 73
2480 Dessel

lucien.teunckens@belgoprocess.be

BRÉSIL

M. Florentino M. Palacio
ELETRONUCLEAR
Eletrobrás Termonuclear SA / GCN.T
Rua da Candelária 65 Centro
CEP 20091-020 Rio de Janeiro

fmpalac@electronuclear.gov.br

BULGARIE

M. Milko Kovachev
Mme Tzvetelcheva
Ministère de l'Energie et des Ressources énergétiques
Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires
Triaditza str. 8
1040 Sofia

Tzdelcheva@doe.bg

CANADA

Mme Hilary Johnson
Bruce Power
P.O. Box 3000 B05 U8
Tiverton, ON N0G 2T0

hilary.johnson@brucepower.com

M. Ken E. Nash
M. Harland Wake
Ontario Power Generation (OPG)
Division de la gestion des déchets nucléaires
700 University Avenue
Toronto, ON M5G 1X6

ken.nash@opg.com
harland.wake@opg.com

M. Mario Lupien
Hydro-Quebec
Département de remise en état
4900 Bl. Bécancour
Bécancour, QC G9H 3X3

lupien.mario@hydro.qc.ca

M. Peter Stevens-Guille
Employé à la retraite de Ontario Power Generation

M. A. Lee DeLong
New Brunswick Power
P.O. Box 600 Lepreau
NB E5J 256

ldelong@nbpower.com

CORÉE

M. Ki-Jung Jung
Dr. Won-Zin Oh
Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)
P.O. Box 105 – Yusong-gu
305-600 Daejon

kjjung@nanum.kaeri.re.kr
wonzin@kaeri.re.kr

ESPAGNE

M. Sergio Vidaechea Montes
M. Juan Luis Santiago
ENRESA
C/Emilio Vargas 7
28043 Madrid

svim@enresa.es
jsaa@enresa.es

ÉTATS-UNIS

M. Paul Genoa
Nuclear Energy Institute (NEI)
1776 I Street, NW, Suite 400
20006-3708 Washington, DC

phg@nei.org

M. Charles A. Negin
Project Enhancement Corporation
20300 Goldenrod Lane, Suite 200
Germantown, 20876 MD

cnegin@pec1.net

M. William R. Sugnet
Polestar Applied Technology
9175 Oak Leaf Way
Granite Bay, 95746 CA

bsugnet@polestar.com

M. Andrew Szilagy
Department of Energy (DOE)
1000 Independence Ave., SW
20585 Washington, DC

andrew.szilagy@em.doe.gov

FINLANDE

M. Jussi Palmu
Posiva Oy
27160 Olkiluoto

jussi.palmu@posiva.fi

FRANCE

M. B. Dupraz
M. Gilles Zask
M. Michel Campani
M. Jean-Jacques Grenouillet
EDF – Division ingénierie et services
1, Place Pleyel
93282 Saint-Denis Cedex

gilles.zask@edf.fr
michel.campani@edf.fr
jean-jacques.grenouillet@edf.fr

M. Jean-Guy Nokhamzon
CEA Saclay, Bât. 121
91191 Gif-sur-Yvette Cedex

jean-guy.nokhamzon@cea.fr

HONGRIE

M. Gábor Bacskó
Public Agency for Radioactive Waste Management (RHK KhT)
P.O. Box 12
7031 Paks

gabor.bacsko@rhk.hu

ITALIE

M. Domenico Campolo
Sogin Spa
Via Torino 6
00184 Roma

campolo@sogin.it

JAPON

M. Satoshi Yanagihara
Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)
Tokai-mura, Naka-gun
319-1195 Ibaraki-ken

yanagi@cosm01.tokai.jaeri.go.jp

M. Takeshi Ishikura
Nuclear Power Engineering Corporation (NUPEC)
Plant Engineering Department
Shuwa-Kamiyacho building 2F
3-13, 4-Chome
Toranomom Minato-Ku
105-0001 Tokyo

ishikura@nupec.or.jp

M. Tadamichi Sato
Japan Atomic Power Co. Inc. (JAPC)
Decommissioning Project Department
Mitoshiro building 1-1
Kanda-Mitoshiro-cho
101-0053 Chiyodaku Tokyo

tadamichi-sato@japc.co.jp

LITUANIE (RÉPUBLIQUE DE)

Mme Ona Beinoraviciute
Ministry of Economy
Department of Nuclear Energy and Radioactive Waste Management
Gedimino 38/2
LT-2600 Vilnius

iaepro2@po.ekm.lt

PAKISTAN

M. Khawaja Munir Samad
Pakistan Atomic Energy Commission
P.O. Box 1114 Islamabad

Dr. Ansar Parvez
Karachi Nuclear Power Plant
Paradise Point
P.O. Box 3183 Karachi

Kinpoe@khi.paknet.com.pk

PAYS-BAS

M. P.J. van der Hulst
Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland (GKN)
Waalbandijk 112a
P.O. Box 40
6669 ZG Dodewaard

p.van.der.hulst@kcd.nl

M. Henk Selling
Ministry of Environment & Spatial Planning
Directorate for Chemicals, Waste and Radiation Protection
P.O. Box 30945
2500GX Den Haag

henk.selling@minvrom.nl

M. W.J. Börger
N.V. EPZ
P.O. Box 130
4380 AC Vlissingen

w.borger@epz.nl

RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

Mme Ivana Davidová
ČEZ a.s.
Duhova 2/1444
14053 Praha 1

davidil.hsp@mail.ce2.cz

M. Štefan Palágyi
State Office for Nuclear Safety
Senovazne nam. 9
110 00 Praha 1

stefan.palagyi@sujb.cz

ROUMANIE

Mme Veronica Andrei
Nuclearlelectrica National Company
Nuclear Safety and Radiation Protection
33 Magheru blvd
Sector 1 Bucuresti

vandrei@snn.rdsnet.ro

ROYAUME-UNI

M. Geoff Holt
BNFL
Department of Decommissioning and Liabilities Unit
Berkeley Centre – Berkeley
GL13 9PB Gloucestershire

geoff.holt@bnfl.com

M. Peter Barlow
BNFL
Spent Fuel Management Group
Building 524
Seascale Sellafield
CA20 1PG Cumbria

peter.barlow@bnfl.com

M. Greg Owen
British Energy
Department of Nuclear Technology
Barnett Way – Barnwood
GL4 3RS Gloucester

greg.owen@british-energy.com

Mme V.A. Drake
M. Kevin Langley
United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA)
Planning Performance and Engineering Division
B521 Harwell – Didcot
OX11 0RA Oxfordshire

valerie.drake@ukaea.org.uk
kevin.langley@ukaea.org.uk

Dr. Paul B. Woollam (co-Chair)
Magnox
Berkeley Centre C23 – Berkeley
GL13 9PB Gloucestershire

paul.woollam@magnox.co.uk

RUSSIE (FÉDÉRATION DE)

M. Vladimir Zimin
VNIIAES
Decommissioning Department
Fergansraya 25
109507 Moscow

zimin@rea.x-atom.ru

SLOVAQUIE

M. Juraj Dosek
M. Imrich Szitas
State Fund for Decommissioning of the Nuclear Power Installations
Spent Nuclear Fuel Handling and Radioactive Waste Treatment
Mierova 19
82715 Bratislava

dosek.sfljez@nextra.sk
szitas.sfljez@nextra.sk

SLOVÉNIE (RÉPUBLIQUE DE)

M. Joze Špiler
Nuklearna Elektrarna Krško (NEK)
Department of Analyses and Licensing
Vrbina 12
8270 Krško

joze.spiler@nek.si

SUÈDE

M. Jan Carlsson
The Swedish Nuclear Fuel and Waste Management (SKB)
P.O. Box 5864
102 40 Stockholm

jan.carlsson@skb.se

M. Staffan Lindskog
The Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI)
10658 Stockholm

Staffan.lindskog@ski.se

Dr. Ingemar Lund (co-président)
The Swedish Radiation Protection Authority (SSI)
17116 Stockholm

ingemar.lund@ssi.se

SUISSE

Dr. Anton von Gunten
BKW FMB Energy Ltd
3203 Mühleberg

anton.vongunten@bkw-fmb.ch

TURQUIE

M. Sedat Severcan
Turkish Atomic Energy Authority (TAEK)
Ankara

sedat.severcan@taek.gov.tr

UKRAINE

M. L.L. Litvinsky
M. Yu. N. Lobach
State Scientific Engineering Center of Control System
and Emergency Response (SSEC CSER)
pr. Geroev Stalingrada 64/56
04213 Kiev

dnic@optima.com.ua

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

M. Marius Condu
AIEA
Division of Nuclear Power
Wagramerstrasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna

m.a.condu@iaea.org

COMMISSION EUROPÉENNE

M. Jose A. Hoyos Perez
CE – DGTREN/H2
Office DM 2807/95
Rue de la Loi, 200
B-1049 Bruxelles

joseantonio.Hoyosperez@cec.eu.int

Dr. Derek M. Taylor
CE – DGTREN
Nuclear Safety, Regulation and Radioactive Waste Management
Rue de la Loi, 200
B-1049 Bruxelles

Derek.Taylor@cec.eu.int

AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Mme Evelyne Bertel
M. Edward Lazo
NEA
12, boulevard des Iles
Bât. B
F-92130 Issy-les-Moulineaux

bertel@nea.fr
lazo@nea.fr

QUESTIONNAIRE

Informations générales

Le présent questionnaire s'inspire largement de travaux réalisés antérieurement, notamment dans le cadre du Programme de coopération pour l'échange d'informations scientifiques et techniques sur les projets de déclassement des installations nucléaires (CPD). Cependant, le groupe d'experts a adapté et simplifié le questionnaire CPD compte tenu des objectifs spécifiques et du champ de l'étude intitulée « *Démantèlement : Coûts et stratégies* » entreprise sous la direction du NDC dans les conditions évoquées plus haut.

Afin d'éviter les redondances avec les efforts déployés à l'échelon national et pour profiter de la somme d'informations déjà disponibles au sein de la communauté internationale, et en particulier à l'AEN, une copie des réponses adressées par les représentants de votre pays aux questionnaires précédents est jointe au présent document pour information. Vous trouverez les réponses au questionnaire CPD (dans leur totalité ou limitées aux parties non confidentielles, le cas échéant) et les réponses au questionnaire sur les coûts du démantèlement des VVR-440 qui ont été adressées à l'AIEA.

Instructions pratiques

Ce questionnaire a été expédié en format pdf. et en version papier. Il est recommandé de répondre **sur papier**, cependant, un fichier électronique (MicrosoftWord97) peut être communiqué sur demande. Veuillez noter que chaque question est numérotée, aussi n'oubliez pas d'indiquer le numéro à chaque fois que vous aurez besoin d'ajouter du texte à l'extérieur du champ prévu dans le questionnaire. Quand une même question appelle plusieurs réponses (par exemple, plusieurs dépôts de déchets), veuillez faire autant de copies de la question que nécessaire. De nombreuses questions appellent une réponse par oui ou par non, veuillez entourer votre réponse, par exemple **Oui.**

PARTIE I

Pays :

Renseignements relatifs au coordonnateur :

[Veuillez préciser ci-dessous les renseignements utiles concernant la personne responsable de la coordination des réponses à l'intérieur du pays et du renvoi du questionnaire au Secrétariat. Les coordonnées des experts/responsables de projets qui ont répondu au questionnaire pour différentes centrales/installations, seront communiquées dans la Partie II du questionnaire].

Coordonnateur :

Nom :

Établissement d'origine (par exemple entreprise, organisation) :

Département :

Adresse postale :

Téléphone :

Télécopie :

Courriel :

Politique de démantèlement

Dans le contexte du présent projet, on entend par politique de démantèlement l'ensemble des prescriptions gouvernementales (à l'échelon national ou régional), telles qu'elles figurent dans les lois, réglementations, normes et autres règles contraignantes qui influenceront le cadre dans lequel doivent s'inscrire les activités de démantèlement. Pour balayer les principaux thèmes, veuillez répondre aux questions QP1 à QP21 ci-dessous.

Si votre pays a répondu au questionnaire utilisé dans la préparation des fiches descriptives de l'AEN sur le démantèlement, cette réponse est jointe au présent questionnaire et vous pouvez vous y référer le cas échéant et/ou le modifier ou le compléter en soulignant les questions pertinentes pour la présente étude.

Si vous souhaitez ajouter un texte descriptif concernant des éléments fondamentaux supplémentaires de la politique de démantèlement en vigueur dans votre pays en liaison avec les stratégies et les coûts de démantèlement et/ou des renvois à des documents contenant des déclarations de politique générale et des cadres juridiques, veuillez insérer le texte correspondant à la fin de votre réponse, sous la rubrique « Politiques de démantèlement ».

| | | | |
|-----|---|-----|-----|
| QP1 | Existe-t-il une définition nationale du démantèlement ? Si oui, donner la définition. | Oui | Non |
| QP2 | Y a-t-il un point de départ impératif au démantèlement ? Si oui, veuillez décrire le point de départ. | Oui | Non |
| QP3 | Y a-t-il un point final au démantèlement ? Si oui, veuillez décrire le point final (par exemple « retour à la pelouse », élimination des matières radioactives uniquement, site disponible pour une utilisation sans restriction, site disponible pour une utilisation nucléaire ou d'autres utilisations industrielles). | Oui | Non |
| QP4 | Quelles sont les conditions qui doivent être respectées pour autoriser le déclassement d'un site, c'est-à-dire pour permettre la levée de l'ensemble des restrictions et contrôles réglementaires nucléaires ? [Veuillez indiquer si ces conditions conduisent à une libération inconditionnelle du site et si les exploitants sont responsables de la gestion de toute radioactivité qui serait découverte après l'achèvement du processus de déclassement]. | | |
| QP5 | Y a-t-il un échéancier impératif à l'issue duquel le point final du démantèlement décrit dans QP2 doit être atteint ? Si oui, veuillez indiquer l'échéancier (nombre d'années après la mise à l'arrêt). | Oui | Non |

| | | | |
|-----|--|-----|-----|
| QP6 | Les compagnies d'électricité/exploitants sont-ils tenus de procéder à un large exercice d'optimisation avant de choisir une stratégie de démantèlement ? | Oui | Non |
| | Si oui, des orientations sont-elles fournies concernant les modalités d'exécution de cette optimisation ? | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez décrire les orientations fournies. | | |
| QP7 | Différentes stratégies/solutions de remplacement doivent-elles être prises en compte dans le processus de choix mentionné ci-dessus ? | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez les décrire. | | |
| QP8 | Des dépôts définitifs sont-ils disponibles pour l'ensemble des types de déchets radioactifs provenant du démantèlement (autres que le combustible irradié) ? | Oui | Non |
| | Si non, veuillez indiquer quelle est l'approche nationale adoptée pour gérer les types de déchets pour lesquels il n'y a pas aujourd'hui de dépôts disponibles. | | |
| QP9 | Veuillez fournir les renseignements suivants concernant chaque dépôt de déchets radioactifs disponible pour les déchets résultant du démantèlement (y compris l'évacuation sur le site, s'il y a lieu) : | | |
| | [Veuillez copier et remplir la présente fiche pour chaque dépôt disponible] | | |
| | Localisation : | | |
| | Date d'ouverture : | | |
| | Date de fermeture anticipée : | | |
| | Critères limitant l'acceptabilité des déchets : | | |
| | Niveau maximum d'activité [veuillez préciser] : | | |
| | Débit de dose maximum au contact [veuillez préciser] : | | |
| | Taille maximum des conteneurs [veuillez préciser] : | | |
| | Poids maximum des conteneurs [veuillez préciser] : | | |
| | La situation géographique (par exemple, distance du site de démantèlement) est-elle une contrainte à l'utilisation de ce dépôt ? | Oui | Non |
| | Y a-t-il des matières particulières, par exemple graphite, qui ne peuvent pas être entreposées dans ce dépôt ? | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez préciser. | | |

| | | | |
|------|---|-----|-----|
| QP10 | Des dépôts supplémentaires sont-ils prévus pour les déchets radioactifs résultant du démantèlement ? | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez fournir les informations suivantes pour chacun des dépôts prévus [Veuillez copier et remplir la présente fiche pour chaque dépôt disponible] | | |
| | Localisation : | | |
| | Date d'ouverture : | | |
| | Date de fermeture anticipée : | | |
| | Critères limitant l'acceptabilité des déchets : | | |
| | Niveau maximum d'activité [veuillez préciser] : | | |
| | Débit de dose maximum au contact [veuillez préciser] : | | |
| | Taille maximum des conteneurs [veuillez préciser] : | | |
| | Poids maximum des conteneurs [veuillez préciser] : | | |
| | La situation géographique (par exemple, distance du site de démantèlement) est-elle une contrainte à l'utilisation de ce dépôt ? | Oui | Non |
| | Y a-t-il des matières particulières, par exemple graphite, qui ne peuvent pas être entreposées dans ce dépôt ? | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez préciser. | | |
| QP11 | Quelle est la politique nationale concernant : Les déchets dangereux non radioactifs provenant du démantèlement ? Les mélanges de déchets (c'est-à-dire déchets radioactifs évacués simultanément avec des matières non radioactives dangereuses) ? | | |
| QP12 | Existe-t-il des niveaux de libération spécifiques et/ou des procédures pour classer des déchets issus du démantèlement comme non radioactifs ou pour exempter ces matières des réglementations ? Si oui, veuillez les décrire. | Oui | Non |
| QP13 | Faut-il une autorisation spécifique, distincte de l'autorisation d'exploitation, pour mettre une installation nucléaire à l'arrêt ? | Oui | Non |
| QP14 | Faut-il une autorisation spécifique, distincte de l'autorisation d'exploitation, pour démanteler une installation nucléaire ? | Oui | Non |
| QP15 | Quels documents doivent être soumis pour obtenir l'autorisation de procéder au démantèlement [par exemple, dossiers de sûreté, évaluation environnementale] ? | | |
| QP16 | À quelle entité incombent les coûts du démantèlement ? | | |
| | Le gouvernement. | Oui | Non |
| | La compagnie d'électricité/exploitant. | Oui | Non |
| | Autres [veuillez préciser]. | | |

| | | | |
|------|--|-----|-----|
| QP17 | Quand doit être mise à disposition la totalité des fonds destinés au démantèlement ? | | |
| | Au moment de la mise à l'arrêt de la centrale. | Oui | Non |
| | Dans les années qui suivent la mise en service de la centrale. | Oui | Non |
| | Dans les années qui suivent la mise à l'arrêt de la centrale. | Oui | Non |
| | Autres [veuillez préciser]. | | |
| QP18 | Les fonds requis pour le démantèlement doivent être calculés à partir des : | | |
| | Coûts de démantèlement hors intérêts intercalaires/non actualisés. | Oui | Non |
| | Coûts de démantèlement actualisés/valeur actuelle nette. | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez préciser le taux d'actualisation et la date de référence de l'actualisation. | | |
| | Autres [veuillez préciser]. | | |
| QP19 | Par quels moyens les pouvoirs publics s'assurent-ils que les niveaux de financement du démantèlement sont suffisants ? | | |
| QP20 | Par quels moyens doivent être constitués les fonds destinés au démantèlement? | | |
| | Par un pourcentage du prix de l'électricité. | Oui | Non |
| | Par un impôt. | Oui | Non |
| | Par des redevances gouvernementales/obligatoires. | Oui | Non |
| | Par d'autres moyens [veuillez préciser]. | | |
| | Pas d'obligation spécifique. | Oui | Non |
| QP21 | Comment doivent être gérés les fonds destinés au démantèlement ? | | |
| | Le gouvernement. | Oui | Non |
| | La compagnie d'électricité/exploitant. | Oui | Non |
| | Un autre organisme [veuillez préciser]. | | |
| | Pas d'obligation particulière. | Oui | Non |
| QP22 | Comment doivent être gérés les fonds affectés au démantèlement ? | | |
| | Comme un fonds séparé. | Oui | Non |
| | Par la compagnie d'électricité exploitant avec ses avoirs propres. | Oui | Non |
| | Par la compagnie d'électricité exploitant dans le cadre d'un compte séparé. | Oui | Non |
| | Par la compagnie d'électricité/exploitant comme un fonds séparé. | Oui | Non |
| | Autres [veuillez préciser]. | Oui | Non |
| | Pas d'obligation spécifique. | Oui | Non |

PARTIE II

[Veuillez répondre à cette partie du questionnaire pour chaque centrale/installation pour laquelle des données relatives aux coûts ont été communiquées].

Répondant :

Nom :

Établissement d'origine (par exemple entreprise, organisation) :

Département :

Adresse postale :

Téléphone :

Télécopie :

Courriel :

Stratégie et coûts du démantèlement

Dans le contexte du présent projet, on entend par stratégie de démantèlement l'ensemble des arguments techniques, logistiques et chronologiques soumises par les exploitants à leurs autorités réglementaires nationales lorsqu'ils sollicitent l'autorisation de mettre en œuvre des projets de démantèlement. Les thèmes qui seront abordés sont les suivants : réutilisation permise ou anticipée du site ; contexte socio-économique du site/région ; problèmes liés à l'acceptation par le public ; facteurs spécifiques influant sur la stratégie de l'entreprise concernant le démantèlement ; possibilité de recyclage des matériaux ; volume maximum démontable d'un seul tenant ; facteurs déterminants et priorités, par exemple, réduction au minimum des doses aux travailleurs, des coûts et du volume et/ou de l'activité des déchets.

Pour balayer les principaux thèmes, veuillez répondre aux questions QS1 à QS18 ci-dessous. Si vous souhaitez fournir des informations supplémentaires, veuillez insérer le texte correspondant à la fin de votre réponse, sous la rubrique « Stratégie de démantèlement ».

| | |
|------------|--|
| QS1 | Renseignements concernant la centrale Nom. Situation géographique. Catégorie [<i>par ex. commercial, prototype, réacteur de recherche</i>]. Type [<i>par ex. REP, REB, LMR</i>]. Type de cuve sous pression du réacteur [<i>par ex. acier, béton, tube de force</i>]. Nombre de tranches sur le site. Puissance sur le site [MWe net ; le cas échéant, indiquer la puissance thermique]. Nombre de tranches/puissance pour lesquelles des données relatives au coût du démantèlement sont fournies. Date de mise en service. Date de mise à l'arrêt [veuillez préciser si la date est : effective, anticipée, postulée pour le calcul des coûts]. |
|------------|--|

| | | | |
|--------|---|--------------------------|-------------------------------------|
| QS2 | Poids de matières résiduelles et des déchets radioactifs résultant du démantèlement | Matières (tonnes) | Déchets radioactifs (tonnes) |
| | Bouclier de protection du réacteur et bouclier biologique. | | |
| | Métaux. | | |
| | Béton. | | |
| | Graphite. | | |
| | Autres matériaux. | | |
| | Autres composants du circuit primaire [<i>par ex. générateur de vapeur, tuyauterie</i>]. | | |
| | Autres composants/matériaux contaminés [<i>par ex. traitement du combustible, traitement des effluents</i>]. | | |
| | Bâtiments classiques compris dans le champ du démantèlement. | | |
| Total. | | | |
| QS3 | Veillez fournir des informations sur les antécédents de la centrale pertinents pour le calcul des coûts du démantèlement, par exemple mise à l'arrêt prolongée, incidents, accidents, travaux de rénovation importants ? | | |
| QS4 | Quel était/est le débit de dose anticipé à l'intérieur de la cuve du réacteur au moment de la mise à l'arrêt ? | | |
| QS5 | La responsabilité du démantèlement est-elle transférée de la compagnie d'électricité/exploitant à un autre organisme ? | Oui | Non |
| | Si oui, [<i>veuillez préciser</i>]. | | |
| QS6 | Quelles étaient les opérations qui devaient entrer dans le champ du démantèlement au moment de l'élaboration de la stratégie ? | | |
| | Stockage du combustible sur le site. | Oui | Non |
| | Emballage des déchets d'exploitation accumulés, par exemple, boues, résines échangeuses d'ions. | Oui | Non |
| | Déconstruction du bâtiment réacteur. | Oui | Non |
| | Déconstruction des installations/bâtiments classiques, par ex. salle des machines. | Oui | Non |
| | Enlèvement du sol contaminé. | Oui | Non |
| | Évacuation des déchets radioactifs. | Oui | Non |
| | Évacuation ou recyclage des déchets non radioactifs. | Oui | Non |
| | Derniers bilans du site. | Oui | Non |
| | Déclassement du site. | Oui | Non |

| | | | |
|-------------|--|-----|-----|
| QS7 | Quelles stratégies de démantèlement ont été envisagées ? | | |
| | 1. Déconstruction immédiate. | Oui | Non |
| | 2. Déconstruction différée. | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez préciser la durée du report en années. | | |
| | 3. Autres [Si oui, <i>veuillez préciser</i>]. | Oui | Non |
| QS8 | Quelle stratégie de démantèlement a été retenue pour le calcul des coûts fournis ? [Veuillez vous référer aux numéros des stratégies données dans QS7 et indiquer les étapes clés de la stratégies retenue, les principales activités menées à chaque étape et la durée (années) de chaque étape]. | | |
| QS9 | Quelle démarche a été suivie pour déterminer et choisir la stratégie de démantèlement ? [<i>par ex.. analyse de la décision selon le modèle multi-attributs</i>]. | | |
| QS10 | Quelles parties prenantes ont été consultées durant le processus ? [<i>par ex. gouvernement, autorités de sûreté, public</i>]. | | |
| QS11 | Quels ont été les principaux facteurs pris en compte dans l'adoption de la stratégie ? | | |
| | Protection radiologique et sécurité industrielle. | Oui | Non |
| | Faisabilité technique. | Oui | Non |
| | Évacuation des déchets radioactifs. | Oui | Non |
| | Réglementations. | Oui | Non |
| | Coûts. | Oui | Non |
| | Financement. | Oui | Non |
| | Incertitudes (sur les réglementations futures et/ou autres facteurs). | Oui | Non |
| | Facteurs sociaux et politiques. | Oui | Non |
| | Réutilisation du site. | Oui | Non |
| | Autres [si oui, <i>veuillez préciser</i>]. | Oui | Non |
| QS12 | Qui a choisi la stratégie de démantèlement ? | | |
| | Compagnie d'électricité/exploitant. | Oui | Non |
| | Autorités de sûreté. | Oui | Non |
| | Gouvernement national. | Oui | Non |
| | Gouvernement régional. | Oui | Non |
| | Décision conjointe. | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez préciser les parties concernées. | | |
| | Autres [si oui, <i>veuillez préciser</i>]. | Oui | Non |

| | | | |
|-------------|---|-----|-----|
| QS13 | Comment sera réalisée la déconstruction du réacteur ? | | |
| | Intégralement à distance. (sans accès ni contact direct des travailleurs avec les éléments du réacteur). | Oui | Non |
| | Partiellement à distance. (avec un accès ou un contact réglementé des travailleurs avec les éléments du réacteur). | Oui | Non |
| | Au contact. (Pas de restriction significative concernant les conditions d'accès ou de contact des travailleurs). Autres [<i>veuillez préciser</i>]. | Oui | Non |
| QS14 | Comment sera effectuée la déconstruction des composants du circuit primaire? | | |
| | Intégralement à distance. | Oui | Non |
| | Partiellement à distance. Au contact. | Oui | Non |
| QS15 | Comment seront évacués la cuve du réacteur et les composants du circuit primaire ? | | |
| | Enlèvement et évacuation d'un seul tenant. | Oui | Non |
| | Enlèvement et évacuation par pièces de grande dimension. Si oui, veuillez indiquer la dimension des pièces. | Oui | Non |
| | Enlèvement, emballage et évacuation par pièces de petite dimension. | Oui | Non |
| QS16 | Suppose-t-on pour le calcul des coûts que le vide restant à l'intérieur des emballages de déchets doit être comblé avec du lait de ciment ou une matière analogue ? | Oui | Non |
| QS17 | Quelles sont les dispositions prévues pour les déchets radioactifs résultant du démantèlement ? | | |
| | Évacuation directe dans un dépôt de déchets. | Oui | Non |
| | Entreposage sur le site en attendant qu'un dépôt de déchets soit disponible. | Oui | Non |
| | Entreposage à l'extérieur du site en attendant qu'un dépôt de déchets soit disponible. Autres [<i>Si oui, veuillez préciser</i>]. | Oui | Non |
| QS18 | Le démantèlement sera, ou a-t-il été expérimenté dans le cadre d'un projet de recherche ou de développement, c'est-à-dire pas dans le cadre d'une activité pleinement commerciale ? | Oui | Non |
| QS19 | Si le démantèlement est précédé par une période de quiescence ou d'attente, quelles seront les conditions et les opérations menées pendant cette période ? <i>[par ex. présence de personnel 24 heures sur 24 sur le site, refroidissement/ventilation actif]</i> | | |

Données relatives aux coûts

Il serait souhaitable que les données relatives aux coûts soient exprimées en coûts hors intérêts intercalaires/non actualisés dans l'unité monétaire nationale constante (UMN) du 1er juillet 2001. A chaque fois qu'une autre approche est adoptée (par exemple coûts actualisés, UMN d'une autre date ou d'un autre pays), veuillez l'indiquer et apporter des précisions (au titre de QC1 ou dans un texte distinct sous la rubrique « Détermination des données relatives aux coûts »).

Les répondants sont invités à se reporter au rapport technique intérimaire intitulé « A Proposed Standardised List of Items for Costing Purposes » (OCDE/AEN, AIEA, CE, 1999) pour les définitions des éléments et catégories de coûts. Tous les membres du groupe d'experts devraient avoir reçu une copie du compte rendu de la première réunion de groupe et des copies supplémentaires sont disponibles sur demande auprès du Secrétariat de l'AEN.

Si des estimations détaillées des coûts du démantèlement sont fournies, il conviendrait de les présenter selon la structure/ventilation recommandée dans le document technique intérimaire. Si les estimations ne portent que sur le total des coûts du démantèlement, il conviendrait de préciser dans la réponse si chacun des éléments de coûts normalisés répertoriés dans le questionnaire sont ou non inclus dans ce total.

De même, les catégories détaillées de coûts, si elles sont communiquées, devraient être cataloguées selon les quatre groupes de coûts normalisés définis dans le document technique intérimaire (OCDE/AEN, AIEA, CE, 1999), c'est-à-dire main-d'œuvre, investissements, frais d'exploitation et provisions pour aléas. Si les estimations ne portent que sur le total des coûts du démantèlement, il faudrait préciser dans la réponse si chacun des quatre groupes de coûts normalisés sont pris en compte ou non dans ce total.

| | | | |
|------------|---|-----|-----|
| QC1 | Quand ont été déterminées les données relatives aux coûts du démantèlement ? Si ce n'est pas en 2001, veuillez préciser comment les coûts ont été ajustés en UMN du 1er juillet 2001. | | |
| QC2 | Comment ont été déterminées les données relatives aux coûts du démantèlement ? | | |
| | Coûts réels (par exemple, projets achevés ou presque achevés) | Oui | Non |
| | Extrapolation fondée sur un autre projet achevé | Oui | Non |
| | Si oui, veuillez préciser le type et la puissance de la centrale | | |
| | Modèle de coûts normalisés | Oui | Non |
| | Estimations de coûts détaillées correspondant à un site/une centrale donnée | Oui | Non |
| | Autres [<i>veuillez préciser</i>] | Oui | Non |
| | Réutilisation du site | Oui | Non |
| QC3 | Veuillez compléter le tableau C1 [et C2 si les données sont disponibles] Voir page suivante | | |

Tableau C1. Démantèlement : données agrégées [1]

| ÉLÉMENT DE COÛT | GROUPE DE COÛT [2] | | | | | [3] | TOTAL |
|--|--------------------|-------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----|-------|
| | Main-d'œuvre | | Coûts d'investissement | Frais d'exploitation | Provisions pour aléas | | |
| | (heures) | (UMN) | (UMN) | | | | |
| Opérations préalables au démantèlement | | | | | | | |
| Mise à l'arrêt de l'installation | | | | | | | |
| Achats | | | | | | | |
| Déconstruction | | | | | | | |
| Traitement et évacuation des déchets | | | | | | | |
| Sécurité, surveillance et maintenance | | | | | | | |
| Assainissement et réaménagement du site | | | | | | | |
| Gestion de projet, ingénierie et assistance sur site | | | | | | | |
| R-D | | | | | | | |
| Combustible | | | | | | | |
| Autres | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | |

[1] Si vous souhaitez fournir des données ventilées, prière de remplir les tableaux C1 et C2.

[2] Si vous ne fournissez pas de données pour chaque groupe de coûts, veuillez indiquer, dans les cases respectives dans chaque ligne, si le groupe est pris en compte (O) ou non (N), dans les données sur le total des coûts du démantèlement figurant dans la dernière colonne de cette ligne.

[3] Si vous ne fournissez pas de données relatives aux coûts pour chacun des éléments de coûts, veuillez indiquer dans cette colonne, si l'élément est pris en compte (O) ou non (N), dans le coût total du démantèlement.

Tableau C2. Coûts du démantèlement : données ventilées

| ÉLÉMENT DE COÛT | [4] | Coût (UMN) |
|---|-----|------------|
| Mesures préalables au démantèlement | | |
| Planification du démantèlement | | |
| Autorisation | | |
| Bilans radiologiques pour la planification et l'octroi des autorisations | | |
| Bilans et analyses des matières dangereuses | | |
| Choix préliminaire des sous-traitants | | |
| Activités liées à la mise à l'arrêt des installations | | |
| Mise à l'arrêt et inspection de la centrale | | |
| Enlèvement du combustible et/ou des matières combustibles nucléaires | | |
| Drainage et séchage ou purge de tous les circuits qui ne sont pas en exploitation | | |
| Échantillonnage pour la caractérisation du stock de matières radioactives après la mise à l'arrêt de la centrale, déchargement du combustible et drainage ou purge des circuits | | |
| Élimination des fluides présents dans les circuits (eau, huiles, etc.) | | |
| Élimination des fluides spéciaux présents dans les circuits (D ₂ O, sodium, etc.) | | |
| Décontamination des circuits pour réduire les doses | | |
| Décontamination des déchets | | |
| Enlèvement des matières combustibles | | |
| Enlèvement des résines usées | | |
| Enlèvement des autres déchets provenant de l'exploitation de l'installation | | |
| Isolation du matériel électrique | | |
| Récupération des actifs : revente/transfert de l'équipement et des éléments de l'installation ainsi que du stock excédentaire à d'autres installations titulaires d'une autorisation (matières contaminées) et non titulaires d'une autorisation (matières non contaminées) | | |
| Achat d'équipement général et de matériel | | |
| Équipement général pour la déconstruction du site | | |
| Équipement général pour la décontamination du personnel et de l'outillage | | |
| Équipement général de radioprotection et de protection sanitaire | | |
| Équipement général de sécurité et de maintenance pour le stockage à long terme | | |

| | | |
|---|--|--|
| Activités de déconstruction | | |
| Décontamination des zones et des équipements dans les bâtiments en vue de faciliter la déconstruction | | |
| Vidange de la piscine de combustible irradié et décontamination des revêtements | | |
| Préparation en vue de la période d'attente | | |
| Déconstruction et transfert de l'équipement et des matières contaminés dans des structures de confinement pour stockage à long terme | | |
| Prélèvement d'échantillons pour la caractérisation du stock de matières radioactives dans l'installation à l'issue du zonage et dans la perspective de la période d'attente | | |
| Reconfiguration du site, isolation et structures de sécurisation | | |
| Consolidation des installations (zones réglementées), isolation ou mise sous sarcophage | | |
| Caractérisation des stocks radiologiques pour le démantèlement et la décontamination | | |
| Préparation d'une zone de stockage temporaire des déchets | | |
| Enlèvement de l'équipement de manutention du combustible | | |
| Conception, achat et expérimentation de l'outillage/équipement spécial pour la déconstruction à distance | | |
| Activités de déconstruction (suite) | | |
| Opérations de déconstruction sur la cuve et les internes du réacteur | | |
| Enlèvement des circuits primaires et auxiliaires | | |
| Enlèvement du bouclier biologique/thermique | | |
| Enlèvement d'autres matériaux/équipements de la structure de confinement et de toutes les autres installations, ou démolition de la totalité des installations contaminées | | |
| Enlèvement et évacuation de l'amiante | | |
| Enlèvement des revêtements de la piscine | | |
| Décontamination des bâtiments | | |
| Assainissement de l'environnement | | |
| Bilan radiologique final | | |
| Caractérisation des matières radioactives | | |
| Décontamination aux fins de recyclage et de réutilisation | | |
| Formation de personnel | | |
| Récupération des actifs : vente/transfert de métaux ou de matériaux et d'équipement ou composants récupérés en vue de leur recyclage ou de leur utilisation | | |

| | | |
|---|--|--|
| Traitement, stockage et évacuation des déchets | | |
| Analyse de la sûreté du traitement, du stockage et de l'évacuation des déchets | | |
| Études de faisabilité du transport des déchets | | |
| Autorisations spéciales, emballage et prescriptions en matière de transport | | |
| Traitement des fluides présents dans les circuits (eau, huiles, etc.) liés à l'exploitation des installations | | |
| Traitement des fluides spéciaux présents dans les circuits (D ₂ O, sodium, etc.) liés à l'exploitation des installations | | |
| Traitement des déchets résultant d'opérations de décontamination menées en cours d'exploitation | | |
| Traitement des matières combustibles résultant de l'exploitation des installations | | |
| Traitement des résines usées résultant de l'exploitation des installations | | |
| Traitement d'autres matières nucléaires et dangereuses résultant de l'exploitation des installations | | |
| Stockage des déchets résultant de l'exploitation des installations | | |
| Évacuation des déchets résultant de l'exploitation des installations | | |
| Traitement des déchets résultant du démantèlement | | |
| Transport des déchets résultant du démantèlement | | |
| Stockage des déchets résultant du démantèlement | | |
| Évacuation des déchets résultant du démantèlement | | |
| Sécurité, surveillance et maintenance du site | | |
| Sécurité, exploitation et surveillance du site | | |
| Inspection et maintenance des bâtiments et des systèmes en exploitation | | |
| Entretien du site | | |
| Énergie et eau | | |
| Surveillance périodique de la radioactivité et de l'environnement | | |
| Restauration, assainissement et réaménagement du site | | |
| Démolition ou restauration des bâtiments | | |
| Assainissement et réaménagement finals du site | | |
| Vérification indépendante du respect des normes d'assainissement et/ou de réutilisation du site | | |
| Financement/surveillance perpétuels en vue d'une libération limitée ou réglementée de la propriété | | |

| | | |
|--|--|--|
| Gestion du projet, ingénierie et assistance sur site | | |
| Constitution des équipes et travaux préparatoires | | |
| Gestion du projet et services techniques | | |
| Relations publiques | | |
| Services d'assistance | | |
| Hygiène et sécurité | | |
| Dissolution des équipes | | |
| Recherche et développement | | |
| Recherche et développement concernant la décontamination, la mesure des rayonnements et les procédés, l'outillage et l'équipement pour la déconstruction | | |
| Simulation de tâches complexes sur modèle | | |
| Combustible et matières nucléaires | | |
| Transfert du combustible ou de matières nucléaires depuis l'installation ou le site de stockage temporaire au site de stockage intermédiaire. | | |
| Stockage intermédiaire | | |
| Déconstruction/évacuation de l'installation de stockage temporaire | | |
| Préparation du transfert du combustible ou des matières nucléaires de l'installation de stockage intermédiaire à l'installation d'évacuation finale | | |
| Déconstruction/évacuation de l'installation de stockage intermédiaire | | |
| Autres coûts | | |
| Frais à la charge du propriétaire | | |
| Total des honoraires (non spécifiques) d'expertise | | |
| Total des frais (non spécifiques) liés aux inspections, homologations, examens et autres obligations réglementaires | | |
| Taxes | | |
| Assurances | | |
| Frais généraux et administration générale | | |
| Provisions pour aléas | | |
| Intérêts sur les sommes empruntées | | |
| Récupération des actifs : revente/transfert de l'équipement et du matériel | | |

[4] Veuillez préciser si l'élément est pris en compte (O) ou non (N) dans le total des coûts du démantèlement présenté dans le tableau C1.

=====

Veuillez insérer ci-dessous tout texte supplémentaire qui vous souhaitez inclure dans votre réponse.

Annexe 3

TAUX DE CHANGE ET FACTEURS D'AJUSTEMENT [1]

Taux de change monétaires (USD par unité monétaire nationale au 1er juillet 2001)

| | |
|---------------------|--------|
| Allemagne | 0.4319 |
| Belgique | 0.0209 |
| Canada | 0.6573 |
| Hongrie | 0.0035 |
| Japon | 0.0080 |
| République Slovaque | 0.0201 |
| République Tchèque | 0.0251 |
| Royaume-Uni | 1.4085 |
| Suède | 0.0919 |
| Suisse | 0.5556 |
| Union Européenne | 0.8447 |

Déflateurs du PIB (Indice)

| | | |
|--------------------|--------|--------------------------------------|
| Allemagne | 1.038 | [1995 au 1er juillet 2001]* |
| | 1.0078 | [décembre 2000 au 1er juillet 2001] |
| Canada | 1.0056 | [2000 au 1er juillet 2001] |
| États-Unis | 1.082 | [1997 au 1er juillet 2001]** |
| | 1.05 | [janvier 1999 au 1er juillet 2001]** |
| | 1.03 | [janvier 2000 au 1er juillet 2001] |
| République Tchèque | 1.2187 | [1997 au 1er juillet 2001] |
| Union Européenne | 1.039 | [1999 au 1er juillet 2001] |
| | 1.0009 | [mars 2001 au 1er juillet 2001] |

* Utilisé pour les données communiquées par la Slovénie en DM.

** Utilisé pour les données communiquées en USD par d'autres pays que les États-Unis.

[1] Source : Principaux indicateurs économiques de l'OCDE.

Démantèlement des centrales nucléaires

Politiques, stratégies et coûts

© OCDE 2003

AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(66 2003 22 2 P 1) ISBN 92-64-10432-1 – n° 53176 2003