

Gestion des déchets radioactifs

La réversibilité et la récupérabilité dans la gestion des déchets radioactifs

Une réflexion à l'échelle internationale

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

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 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 2002

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

Le Comité AEN sur la gestion des déchets radioactifs (RWMC) réunit des représentants à haut niveau des agences de gestion de déchets, des autorités de sûreté, des organes de décision et des établissements de R-D travaillant dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. Ce Comité propose aux pays Membres des orientations et des recommandations destinées à favoriser la résolution de problèmes liés aux déchets radioactifs et s'attache à promouvoir la sûreté de la gestion de ces déchets à court et à long terme.

Le RWMC a défini ses axes de travail stratégiques en fonction des possibilités de faire avancer les programmes de gestion des déchets radioactifs et de stockage définitif en formation géologique et, pour chacun de ces axes, a sélectionné des thèmes fondamentaux (AEN, 1999a). Dans le domaine des approches globales de la gestion des déchets, l'un de ces thèmes est la réversibilité des décisions dans les programmes de stockage définitif des déchets et la possibilité de récupérer (récupérabilité) des déchets stockés dans un dépôt en formation géologique. Un groupe a donc été constitué pour étudier ce sujet. Il réunissait des membres d'organismes de gestion, des autorités de sûreté et des structures de décision de onze pays ainsi que des représentants de la Commission européenne. En premier lieu, un questionnaire a été diffusé. Le groupe s'est ensuite réuni pour analyser les différents aspects du problème et rédiger le rapport, enrichi des contributions d'autres membres du RWMC, que l'on trouvera ci-joint.

La réversibilité et la récupérabilité sont aujourd'hui l'objet de discussions et de définitions dans le cadre des programmes nationaux de plusieurs pays, et les opinions varient quant à l'intérêt, quant aux méthodes et quant à leur niveau d'intégration dans les programmes. Il s'agit donc ici de proposer une réflexion sur ces problèmes fondée sur les connaissances et les points de vues actuels de spécialistes de la gestion de déchets des pays Membres de l'AEN. Une meilleure compréhension et une plus large communication des questions examinées contribueront aussi à clarifier l'intérêt d'un processus de décision flexible et par étapes dans les programmes de développement d'un stockage définitif ; elles peuvent contribuer à instaurer un climat propice au progrès de ces programmes.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-Propos	3
1. Introduction	7
2. Concepts et terminologie	11
3. Place de la réversibilité et de la récupérabilité dans les programmes de stockage	13
3.1 De la nécessité de garantir une certaine souplesse du processus de décision dans le développement d'un programme de stockage	13
3.2 La réversibilité dans une approche flexible du processus de décision	15
3.3 La récupérabilité des déchets dans le contexte de la réversibilité des décisions	16
4. Arguments pour et contre l'introduction de dispositions favorisant la récupérabilité	17
4.1 Introduction.....	17
4.2 Facteurs qui militent en faveur de l'introduction de mesures de récupérabilité	17
4.2.1 Problèmes de sûreté ou modification des normes de sûreté .	18
4.2.2 Ressources	19
4.2.3 Apparition de nouvelles technologies de traitement ou de stockage des déchets	19
4.2.4 Acceptation sociale et perception du risque	20
4.3 Facteurs qui militent contre l'introduction de mesures de récupérabilité des déchets	20
4.3.1 Incertitude quant aux effets négatifs sur la sûreté opérationnelle et à long terme	21
4.3.2 Incertitude quant à la fermeture définitive et au scellement du dépôt	22

4.3.3	Opportunités accrues d'intrusion inconsiderée ou d'ingérence	22
4.3.4	Nécessité d'un système de garanties plus strict.....	22
4.4	Conclusions.....	23
5.	Exigences pratiques de la récupérabilité.....	25
5.1	Introduction.....	25
5.2	Faisabilité technique de la reprise des déchets à chaque étape de l'aménagement du dépôt	25
5.2.1	Pendant la mise en place des déchets	26
5.2.2	Après la mise en place des déchets et avant le remblayage des galeries ou alvéoles	26
5.2.3	Après le remblayage des galeries ou alvéoles et avant la fermeture du dépôt.....	27
5.2.4	Après la fermeture du dépôt	27
5.3	Besoin en R-D pour assurer la faisabilité de la reprise des déchets	28
5.4	Dispositions institutionnelles et planning de la reprise des déchets	29
5.5	Surveillance du site et du stockage	29
5.6	Conclusions.....	31
6.	Répercussions de la réversibilité et de la récupérabilité sur les politiques nationales	33
6.1	Introduction.....	33
6.2	Dispositions financières.....	33
6.3	Dispositions organisationnelles	34
6.4	Dispositions réglementaires.....	34
7.	Conclusions et recommandations	37
	Références	43
 <i>Annexe 1</i>		
	Principes éthiques à la base de la planification et de l'aménagement d'un dépôt	45
 <i>Annexe 2</i>		
	Participants au groupe ad hoc sur la réversibilité et la récupérabilité.....	51

1. INTRODUCTION

La sûreté du public, la protection de l'environnement et la prévention d'interférences non autorisées exigent qu'on gère les déchets radioactifs de façon responsable, aujourd'hui et demain. La gestion des déchets à vie longue, qu'il faut isoler de l'homme pendant des milliers, voire des centaines de milliers d'années, constitue l'un des défis majeurs.

Il existe un consensus, dans les milieux techniques concernés, pour dire que le stockage définitif en formation géologique est une méthode de gestion à long terme des déchets qui satisfait à la fois aux critères de sûreté et d'éthique (AEN, 1995). Cette solution est également évoquée, dans les politiques de plusieurs pays, comme une méthode appropriée ou prometteuse pour résoudre la question de la gestion des déchets radioactifs à vie longue.

Par stockage définitif en formation géologique, on entend la mise en place de colis de déchets dans des ouvrages (dépôts) construits en profondeurs dans des milieux géologiques adéquats où le confinement et ainsi la sûreté des déchets est garantie par des barrières passives assurant de multiples fonctions de sûreté, de telle façon qu'aucune intervention des générations futures ne soit nécessaire. Selon les principes de base qui président à la conception d'un stockage géologique définitif, les déchets ne doivent être mis en place dans le dépôt que lorsque l'on a acquis une grande confiance dans la sûreté à long terme, et cette sûreté à long terme ne doit pas nécessiter d'intervention après le remblayage et la fermeture du dépôt. Cela ne signifie pourtant pas que l'on ne puisse pas intervenir. La plupart des programmes d'études prévoient cette possibilité après la fermeture à des fins de sécurité et de surveillance.

De nombreux organismes de gestion des déchets radioactifs ont décidé d'étudier les possibilités d'introduire les concepts de réversibilité et de récupérabilité dans leurs programmes. Cette décision résulte d'une volonté d'augmenter le niveau de flexibilité de leurs programmes et aussi d'être en mesure de répondre à des changements de nature technique ou politique intervenant dans ces programmes. On reconnaît aussi l'importance des questions éthiques qui peuvent contribuer à gagner la confiance de la société dans la solution du stockage géologique définitif.

Déclarations de principe concernant la flexibilité, la réversibilité et la récupérabilité tirées de documents antérieurs de l'AEN

Dans l'Opinion collective de 1995 consacrée aux fondements environnementaux et éthiques dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs (AEN, 1995), on note :

« la mise en œuvre graduelle des projets d'évacuation des déchets en formations géologiques laisse place à des adaptations permettant de prendre en compte les progrès de la science ainsi que l'évolution de l'attitude de la société ... et n'exclut pas la possibilité d'autres solutions qui pourraient voir le jour ultérieurement. »

et :

« La réversibilité est un argument éthique de poids, puisque l'évacuation dans des formations géologiques profondes ne doit pas nécessairement être considérée comme un processus totalement irréversible, interdisant tout changement ultérieur de politique. »

Le travail d'évaluation internationale intitulée « Où en est l'évacuation des déchets radioactifs en formations géologiques ? » (AEN, 1999c) contient le texte suivant :

« Le message important que les gestionnaires de déchets ont du mal à faire passer est que les déchets ne seront jamais installés dans des dépôts souterrains si leur sûreté n'est pas garantie et, de plus, que le stockage géologique est réversible, ce qui revient à dire que les déchets peuvent être retirés du dépôt s'il le faut, au besoin par des techniques minières. La difficulté et le coût de la récupération des déchets en toute sécurité dépendent des spécificités du concept de dépôt et des matériaux utilisés. Cette récupération est cependant considérée comme extrêmement improbable, et exigerait en tout cas qu'on en mesure les conséquences par rapport aux avantages au moment en question. »

et :

« Le processus par étapes qui doit conduire à la réalisation de dépôts géologiques est un moyen de se donner le temps et les occasions nécessaires pour recueillir un plus large soutien ou trouver des solutions de rechange. »

La réversibilité et la récupérabilité ne sont pas des thèmes nouveaux. Dès l'origine, elles ont été envisagées par certains programmes nationaux. Des documents antérieurs de l'AEN ont évoqué les questions de la souplesse du processus décisionnel, de la réversibilité et de la récupérabilité (voir l'encadré). Si l'accent est mis aujourd'hui sur la possibilité de revenir sur des décisions et de retirer les déchets c'est en raison de ses implications directes sur les processus de décision que plusieurs pays mettent au point ou ont déjà adoptés pour l'aménagement de dépôts. Comme ces concepts recouvrent des problèmes techniques, politiques et éthiques, il importe que leur intérêt et leurs répercussions stratégiques fassent l'objet d'une compréhension largement partagée.

Ce document examine les notions de réversibilité et de récupérabilité dans la mesure où elles concernent la planification et le développement de stockages définitifs pour combustibles usés et déchets radioactifs de haute activité vitrifiés issus du retraitement du combustible usé, ainsi que pour d'autres déchets radioactifs à vie longue¹. Cette analyse s'appuie sur les points de vue de la vaste communauté des gestionnaires de déchets, des autorités de sûreté, des décideurs publics et des responsables des établissements de recherche et de développement représentés au RWMC. Elle vient donc compléter l'action concertée de la Commission européenne sur la récupérabilité (CE, 2000), qui a réuni les organismes gestionnaires de déchets de plusieurs pays européens, ainsi que les actes d'un récent séminaire international (AIEA, 2000).

La structure suivante a été adoptée dans le présent document :

- Le chapitre 2 présente les notions pertinentes et définit la terminologie qui sera utilisée dans la suite du document.
- Le chapitre 3 analyse la place de la réversibilité et la récupérabilité dans le processus de décisions du développement d'un stockage. Ce chapitre s'adosse à l'annexe 1 où l'on trouvera résumés les principes éthiques à la base de la planification et de l'aménagement d'un dépôt.

1. Ce document concerne des concepts de stockage pour des profondeurs de 200 à 1 000 mètres, destinés à un stockage définitif (et non pas à un entreposage). Ne sont pas considérés ici d'autres types de concepts de stockage des déchets, tels que le stockage dans des puits très profonds ou longs, réalisés à partir de la surface et peu propices à la réversibilité.

- Le chapitre 4 recense et analyse les arguments pour ou contre la prise en compte de la récupérabilité dans les programmes de stockage des déchets.
- Le chapitre 5 analyse les contraintes pratiques de la récupérabilité, ce qui inclut la faisabilité technique de la reprise des déchets à chaque étape du développement du stockage, les besoins de R-D, les dispositions institutionnelles à prendre et les questions liées à la surveillance.
- Le chapitre 6 examine les conséquences de l'introduction de la réversibilité et de la récupérabilité dans les politiques nationales et notamment les dispositions financières organisationnelles et réglementaires.
- Le chapitre 7 contient des conclusions générales et des recommandations.

2. CONCEPTS ET TERMINOLOGIE

La planification et la réalisation d'un stockage géologique définitif s'inscrivent en général dans une **approche par étapes**, incrémentale (AEN, 1995 ; AEN, 1999b). À chaque étape, la décision de poursuivre ou, au contraire, d'interrompre le processus dépend de facteurs techniques, mais aussi de l'acceptation sociale et politique du projet. Ces étapes sont autant d'occasions possibles de réexamens par la société et les décideurs politiques et, de plus, elles permettent d'augmenter progressivement la confiance dans la faisabilité et la sûreté de l'installation à mesure que s'accumulent les données d'informations et le retour d'expérience.

Stockage définitif signifie mise en place de déchets radioactifs dans un dépôt sans intention de les récupérer, tandis qu'entreposage (notion qui n'est pas examinée dans ce document) désigne la détention de déchets radioactifs dans une installation qui en assure le confinement avec l'intention de les en retirer. Le stockage définitif repose sur le concept d'une sûreté passive alors que l'entreposage nécessite une surveillance active pour assurer la sûreté. Bien que l'on n'en ait pas l'intention, il est possible de retirer les déchets d'un stockage géologique définitif. En effet, la récupération des colis pourra être facilitée par la mise en place de dispositions dès la conception du stockage ou du conditionnement des colis et/ou par le report des opérations limitant l'accès aux colis telles que le remplissage et la fermeture des galeries ou le scellement des puits (fermeture du stockage). Cependant, les dispositions de récupération ne doivent, en aucun cas, compromettre la sûreté passive à long terme.

Les termes « réversibilité » et « récupérabilité » sont utilisés de manière variable suivant les organisations. Pour les besoins du présent rapport, les définitions suivantes ont été adoptées.

Réversibilité signifie la possibilité de revenir sur une ou plusieurs étapes de la planification ou de l'aménagement d'un stockage géologique définitif, à quelque stade que ce soit. Cette possibilité suppose la révision et, le cas échéant, la réévaluation des décisions antérieures et des moyens nécessaires (techniques et financiers, etc.) pour revenir en arrière. La réversibilité signifie que l'on a prévu des positions de repli, tant d'un point de vue politique que technique. Un

programme peut être conçu pour faciliter la réversibilité, par exemple s'il est divisé en petites étapes avec de fréquentes revues et s'il comporte des dispositions techniques à cet effet. Aux tous premiers stades d'un programme, il est possible de revenir sur une décision concernant la sélection d'un site ou l'adoption d'une option particulière de conception. Ultérieurement, lors de la construction et de l'exploitation du stockage, ou après la mise en place des déchets, la réversibilité peut exiger la modification d'un ou de plusieurs composants de l'installation, voire la récupération de colis de déchets stockés dans certaines parties du dépôt.

La notion de « **récupérabilité** » renvoie à la possibilité d'inverser l'action de mise en place des déchets proprement dite. C'est ainsi un cas particulier de réversibilité. Par **récupération**, on entend l'action de récupérer des déchets ou colis de déchets. La récupérabilité, ou possibilité de reprendre les déchets, devrait pouvoir être envisagée à diverses étapes après l'installation des déchets, y compris après le scellement final et la fermeture du dépôt. Lorsque l'on parle de récupération des déchets et de récupérabilité, il importe de spécifier ce qui est à reprendre, étant donné que la mise en œuvre et la faisabilité technique de l'opération en dépendent. La récupérabilité peut recouvrir, par exemple, la récupération de certains colis de déchets qui s'avèreraient défectueux ou endommagés, alors même que l'on continuerait de mettre en place d'autres colis. Elle pourrait aussi concerner la totalité ou une partie seulement des colis de déchets quelque temps après leur mise en place ou encore les déchets eux-mêmes si les colis sont abîmés. La récupérabilité peut être facilitée par la conception du stockage et par des stratégies d'exploitation, par exemple le fait de ne pas fermer les voies d'accès souterraines, de laisser en place, jusqu'à une étape tardive, les systèmes de manutention destinés à l'installation et au retrait des colis ainsi que par la mise au point et l'utilisation de conteneurs à longue durée de vie et de matériaux de remblayage faciles à retirer.

3. PLACE DE LA RÉVERSIBILITÉ ET DE LA RÉCUPÉRABILITÉ DANS LES PROGRAMMES DE STOCKAGE

3.1 De la nécessité de garantir une certaine souplesse du processus de décision dans le développement d'un programme de stockage

Tout projet de stockage définitif en formation géologique sera réalisé par étapes avec des phases bien définies et des jalons décisionnels qui seront autant d'occasions de revoir les choix techniques, réglementaires et stratégiques et, dans certains cas, d'organiser une consultation publique. Les étapes que l'on peut identifier dans la plupart des programmes sont les suivantes : élaboration du concept, choix du site, construction du dépôt, mise en place des déchets, remblayage et scellement du stockage. On peut également définir plusieurs étapes intermédiaires particulières à chaque programme.

Au fur et à mesure de l'avancée des travaux de planification et de la réalisation du stockage, les informations techniques disponibles vont s'accumuler, ce qui conduira à des changements dans le niveau de confiance dans la faisabilité du projet. Le dossier de sûreté d'un stockage, par exemple, évoluera au fur et à mesure que le site sera caractérisé, que la conception sera affinée et que la connaissance des caractéristiques, événements et processus déterminant les performances du dépôt sera améliorée. Des facteurs non techniques mais aussi des contraintes et possibilités externes au projet peuvent changer. Par conséquent, le programme de stockage devrait pouvoir offrir de la flexibilité pour tenir compte :

- de l'acquisition de nouvelles informations techniques concernant le site et la conception ;
- des progrès technologiques intéressant la gestion des déchets nucléaires ;
- des évolutions de la situation et de l'acceptabilité sociale et politique ;
- des modifications des exigences réglementaires et de leur interprétation, voire éventuellement des normes fondamentales de sûreté.

Ces informations et situations changeantes peuvent non seulement se répercuter sur les décisions à prendre mais aussi entraîner une réévaluation de décisions antérieures. Par exemple, on réexaminera à intervalles spécifiés l'autorisation de construction et d'exploitation (mise en place des colis de déchets radioactifs) d'un dépôt afin de s'assurer que la sûreté à long terme du stockage est préservée.

La flexibilité d'un processus de décision signifie qu'à chaque étape, on dispose de solutions alternatives pour les phases ultérieures de réalisation du stockage et de la gestion des déchets. Cela recouvre, par exemple, la caractérisation de plusieurs roches hôtes (dans les pays où cette possibilité existe) ou encore de plusieurs sites de stockage potentiels, et l'élaboration de plusieurs concepts de stockage et de différentes variantes, notamment l'étude de plusieurs types de colis de déchets et/ou de matériaux de remblayage.

Le calendrier des principales étapes du stockage constitue également un élément de liberté. La construction d'installations d'entreposage introduit de la souplesse dans le calendrier de la réalisation des stockages géologiques définitifs. De même, des concepts garantissant sur de longues périodes de bonnes conditions de stockage en souterrain peuvent permettre de différer le remblayage et le scellement du dépôt et/ou de prévoir une période d'entreposage souterrain avec surveillance des déchets.

On aura peut-être intérêt à conserver longtemps ouvertes plusieurs options pour le choix du site, la conception et la réalisation du dépôt, y compris l'option de récupérer des déchets. Ces différentes options sont pourtant susceptibles d'avoir des répercussions techniques et financières et éventuellement des implications stratégiques. Quoi qu'il en soit, la flexibilité ne peut rester entière sur toute la durée du processus de stockage étant donné qu'il faudra prendre des décisions progressivement plus définitives pour passer d'une étape à l'autre si l'on veut atteindre l'objectif final qui est de garantir la sûreté passive à long terme du stockage (AEN, 1999b).

La flexibilité n'est pas un objectif en soi mais fait partie des bonnes pratiques. Elle peut contribuer à la fois à acquérir la confiance des techniciens dans la façon de gérer de manière sûre les déchets, mais aussi celle d'un public plus large dans le fait que l'on ne prend pas une décision irréversible. Cette recherche de flexibilité ne doit pas, par contre, être perçue comme un manque de confiance dans la sûreté ultime du stockage mais plutôt comme le souci de faire le meilleur usage possible des diverses solutions disponibles en terme de gestion des déchets.

3.2 La réversibilité dans une approche flexible du processus de décision

Par définition, une approche flexible du processus de décision comporte des éléments facilitant la *réversibilité* des décisions relatives à la conception et à la réalisation de stockages géologiques. Par conséquent, il est bon d'analyser le degré de réversibilité des décisions prises ou à prendre lorsque l'on conçoit ou réalise un stockage géologique.

La mise en œuvre d'un concept de stockage en formation géologique intégrant la possibilité de revenir sur la décision satisfait à l'impératif éthique qui veut que la génération qui a bénéficié de l'énergie nucléaire prévoie les moyens de garantir le stockage définitif des déchets correspondants dans des conditions sûres, tout en laissant aux générations futures la possibilité d'en modifier la mise en œuvre ou d'inverser le processus, si elles le souhaitent. Si la réversibilité répond à la nécessité morale de respecter les besoins et aspirations des générations futures, y compris leur liberté de prendre leurs décisions eux-mêmes, il faut néanmoins trouver un juste équilibre entre cet impératif et le principe complémentaire imposant de ne pas transmettre aux générations futures une charge trop lourde. Cette charge recouvre notamment la nécessité de surveiller le stockage géologique et de conserver les compétences techniques nécessaires, les moyens administratifs et la capacité de décision.

Plus généralement, un processus de décision responsable s'efforcera d'arbitrer entre plusieurs principes éthiques (voir par exemple les principes de la NAPA dans l'encadré 1 de l'Annexe 1) dans les limites d'une pratique sûre de gestion des déchets. L'Annexe 1 traite plus en détail des principes éthiques qui président à la conception et à la réalisation d'un stockage.

Quoi qu'il en soit, la décision de revenir sur une étape ou une série d'étapes de conception et à la réalisation d'un stockage doit s'appuyer sur une réflexion approfondie. Par exemple, avant d'abandonner un programme technique pour une option que l'on connaît moins bien, il faudra examiner si la nouvelle solution peut poser des problèmes aussi difficiles, voire plus graves, et que l'on ignorerait encore. Il faudra également évaluer les moyens déjà investis ainsi que la confiance dont on dispose dans cette nouvelle option, ce qui peut impliquer une estimation des répercussions politiques et sociales, de la confiance politique, sociale et technique dans la nouvelle option et des coûts financiers.

3.3 La récupérabilité des déchets dans le contexte de la réversibilité des décisions

Confiner les déchets de telle manière qu'ils puissent être récupérés permet de multiplier les possibilités de revenir sur les décisions prises lors de la réalisation du stockage et confère donc un degré de flexibilité supplémentaire. Cette flexibilité permettra :

- d'adapter le processus de réalisation du stockage en fonction des nouvelles données techniques ou de nouvelles orientations de la politique ;
- d'organiser des contrôles techniques dans de meilleures conditions ;
- de remédier à une situation qui laisse à désirer ;
- à long terme, d'offrir aux générations futures de plus grandes possibilités de revoir les décisions ou solutions techniques de la présente génération, ce qui répond à la préoccupation éthique évoquée ci-dessus.

La possibilité de récupérer les déchets à chaque étape faisant suite à leur mise en place, si elle a été annoncée et démontrée, peut également avoir des effets positifs sur la confiance publique et politique dans la mesure où elle apaise les craintes de ceux qui redoutent de prendre une décision irréversible. Sur les plans de la technique, de la politique et de la sécurité, elle peut néanmoins présenter des inconvénients qui méritent d'être examinés, en particulier :

- les modalités d'application des garanties nucléaires à un stockage géologique comportant des déchets récupérables n'ont pas encore été définies et le sujet mérite d'être approfondi ;
- la réversibilité est considérée par certains comme allant à l'encontre de l'objectif premier du stockage géologique définitif qui est de garantir une sûreté permanente et non pas de faciliter des tentatives inconsidérées de récupérer des déchets ou des matériaux stockés.

Le consensus qui prévaut aujourd'hui dans la communauté technique intervenant sur ces questions est que la récupérabilité peut être intégrée aux programmes de stockage en formations géologiques, mais qu'elle n'est pas un élément essentiel à la sûreté. Dans la mesure où elle est intégrée dans les programmes de conception et de réalisation du stockage, on peut considérer qu'elle est conforme à l'objectif premier qui est de garantir la sûreté et la sécurité à long terme, à condition que sa mise en œuvre ne nuise pas à la sûreté passive à long terme du stockage, qu'elle préserve un niveau de sécurité suffisant et qu'elle n'impose pas aux générations futures des responsabilités trop lourdes.

4. ARGUMENTS POUR ET CONTRE L'INTRODUCTION DE DISPOSITIONS FAVORISANT LA RÉCUPÉRABILITÉ

4.1 Introduction

Bien qu'en principe la mise en place de déchets de façon à rendre plus facile leur récupération dans le futur apporte une souplesse supplémentaire utile au processus de décision, il paraît intéressant d'explorer les arguments pour et contre l'introduction de mesures favorisant la récupérabilité. Cette analyse peut, en effet, nous éclairer sur les avantages et désavantages qui peuvent en résulter.

4.2 Facteurs qui militent en faveur de l'introduction de mesures de récupérabilité

On trouvera ci-dessous une liste de facteurs généraux qui pourraient être invoqués pour justifier une décision de reprendre les déchets et plaident en faveur de la mise en place de dispositions permettant leur récupération :

- problèmes de sûreté n'apparaissant qu'après la mise en place des déchets et/ou modification des normes de sûreté ;
- volonté de récupérer les ressources du dépôt, par exemple des composants des déchets eux-mêmes, ou d'exploiter une ressource nouvelle ou récemment découverte ou un agrément du site ;
- volonté d'utiliser de nouvelles techniques de traitement et de stockage des déchets qui pourraient voir le jour ultérieurement ;
- adaptation à une évolution de l'acceptabilité sociale et de la perception du risque ou à de nouveaux impératifs de politique publique.

4.2.1 Problèmes de sûreté ou modification des normes de sûreté

La possibilité de récupérer les déchets en cas d'éventuels problèmes techniques liés à la sûreté constitue probablement le principal argument susceptible de gagner la confiance d'un public élargi. Cela pourrait justifier l'introduction de mesures favorisant la récupérabilité, même s'il est très peu probable de devoir y recourir.

Le dossier de sûreté d'un dépôt doit être suffisamment robuste pour ne pas être compromis par la découverte, après la mise en place des déchets, d'informations techniques nouvelles concernant le site et la réalisation du dépôt. Les déchets ne seront installés qu'après la constitution d'un dossier de sûreté solide fondé sur des travaux complets d'exploration du site assortis d'une mise à l'épreuve des principaux arguments de sûreté, et dans ce cas, le fait de prévoir la reprise des déchets ne justifie en rien que l'on accepte une moindre garantie de la sûreté à long terme.

Il est possible, cependant, que des observations, par exemple les résultats de la surveillance du site ou du dépôt ou les progrès de la connaissance scientifique, révèlent des propriétés ou phénomènes inattendus qui risquent de compromettre la sûreté à long terme du dépôt. Si ces observations ou progrès scientifiques infirment, ne serait-ce qu'en partie, les arguments en faveur de la sûreté à long terme qui ont été employés pour justifier les étapes antérieures du processus d'autorisation, alors se pose un problème réglementaire. Cette découverte peut entraîner ou non le retrait des déchets. Dans ce cas, on estime extrêmement improbable que le danger ou le risque de perte du confinement nécessite la récupération des déchets de toute urgence ou même la récupération d'une partie significative des déchets ou des conteneurs des déchets. Il est plus vraisemblable que l'on puisse améliorer les barrières ouvragées du dépôt déjà construit ou que l'on attende pour enlever les déchets d'avoir trouvé un autre mode de stockage.

À l'avenir, les normes de sûreté peuvent évoluer et imposer des contraintes plus ou moins sévères. Il se pourrait, par conséquent, qu'un dépôt ne soit pas conforme aux nouvelles normes. Dans ce cas, il faudra se prononcer sur la nécessité, la possibilité et l'intérêt d'assurer rétroactivement cette conformité. Comme nous l'avons vu plus haut, la reprise des déchets ne devrait être entreprise que s'il existe une autre option de gestion qui soit plus acceptable.

4.2.2 Ressources

La possibilité d'utiliser le combustible usé comme ressource dans l'hypothèse d'un changement de stratégie énergétique, en d'autres termes le fait qu'il ne soit plus considéré comme un déchet, est souvent invoquée parmi les arguments en faveur de sa récupérabilité. Quant aux déchets de haute activité vitrifiés ou à tout autre déchet à vie longue, il est plus improbable qu'ils deviennent un jour des ressources énergétiques. Parmi les autres possibilités envisagées, citons la récupération d'éléments rares ou qui n'existent pas à l'état naturel dont les technologies futures pourraient avoir besoin. En principe, ces substances pourraient être extraites du combustible usé et des déchets de haute activité vitrifiés, bien que l'intérêt économique de cette solution reste à démontrer.

Récupérer les conteneurs de déchets pour les métaux dont ils sont composés est également une possibilité, mais celle-ci doit être considérée comme peu rentable et inconsiderée selon les critères actuels. En général, la décision d'aménager un dépôt doit passer par une analyse des possibilités de valoriser les déchets ou d'autres matériaux du dépôt.

La présence de ressources naturelles et la valeur d'agrément du site sont des facteurs déterminants pour l'implantation géographique d'un dépôt de déchets nucléaires. La reprise des déchets pourrait être envisagée si l'on découvre sur le site du dépôt une ressource qui n'était pas considérée comme telle auparavant ou si le site acquiert une nouvelle valeur d'agrément, par exemple à la suite d'aménagements effectués en surface. Dans ce cas, il pourrait être justifié de reprendre les déchets soit parce qu'ils posent de véritables problèmes de sûreté ou parce que leur présence est perçue comme incompatible avec l'utilisation de la ressource ou de l'aménagement en question.

4.2.3 Apparition de nouvelles technologies de traitement ou de stockage des déchets

Les recherches sur la séparation et la transmutation se poursuivent. Il est admis que ces techniques n'offrent pas d'alternative réaliste au stockage définitif en formation géologique, mais qu'elles pourraient être intégrées à des stratégies de gestion des déchets, afin de réduire les volumes à isoler et de modifier les propriétés des déchets. Cela ne signifie pas pour autant qu'il serait acceptable du point de vue de la sûreté de récupérer des déchets déjà stockés à moins que le dépôt n'ait été spécifiquement conçu en fonction de cette option. Auquel cas, la récupération des déchets pourrait découler d'un choix politique.

D'autres techniques originales de stockage ou de gestion de déchets pourraient voir le jour même s'il est probable que le succès du stockage définitif en formation géologique entraînerait un désintérêt pour la recherche dans ce domaine. Les arguments pour ou contre la récupération des déchets mis en dépôt devraient dans ce cas être identiques à ceux évoqués pour la séparation et la transmutation.

4.2.4 Acceptation sociale et perception du risque

Dans plusieurs pays, l'inclusion de la récupérabilité dans les programmes de stockage des déchets est aujourd'hui un choix politique qui trouve sa justification dans l'éthique et dans la volonté de gagner la confiance du public. On considère qu'une technologie est plus sûre lorsque l'on connaît les dispositions prises en cas d'accident, ceci peu importe de savoir si l'accident est improbable. La reprise des déchets peut alors être perçue comme un ultime recours en cas d'événement imprévu.

On estime, en effet, qu'une fois le concept de stockage géologique définitif démontré, l'acceptation par le public augmentera vraisemblablement. Cependant, l'acceptation du public et sa perception du risque, de même que le niveau de sûreté qui sera considéré comme acceptable, sont autant de facteurs qui peuvent évoluer à l'avenir et justifier la reprise des déchets.

4.3 Facteurs qui militent contre l'introduction de mesures de récupérabilité des déchets

Les raisons de ne pas inclure de possibilités de récupération dans un projet de stockage de déchets pourraient être liées à des facteurs comme la complexité et le coût des mesures de récupérabilité, ainsi qu'à des soucis de sécurité à long terme. On peut citer :

- l'incertitude quant aux effets négatifs d'une mesure, sur la sûreté au sens classique du terme et sur l'exposition radiologique des travailleurs due à la durée plus longue des opérations et/ou de la surveillance, et le caractère marginal des gains apportés ;
- le risque de ne pas sceller convenablement le dépôt en raison de la prolongation ou de la plus grande complexité des dispositions opérationnelles destinées à favoriser la récupérabilité ;

- l'augmentation des possibilités de récupération inconsidérée de déchets en cas de troubles politiques ou sociaux alors que les systèmes de garanties ou de surveillance ne seront plus en place ;
- les exigences d'un système de garanties plus strict.

4.3.1 Incertitude quant aux effets négatifs sur la sûreté opérationnelle et à long terme

Certaines des mesures prises pour étendre la période d'ouverture d'un dépôt pourraient induire des effets potentiellement négatifs pour la sûreté. Il en est de même des opérations de maintenance et de surveillance associées à ces mesures. On pensera par exemple à la dégradation des matériaux de structure du dépôt ou des roches du champ proche qui pourraient résulter de l'ouverture prolongée des voies d'accès souterraines. Il conviendra donc d'évaluer chacun de ces effets et de s'assurer qu'ils ne peuvent altérer de manière significative la sûreté à long terme. Une période de pré-fermeture plus longue permettrait de récolter plus de données techniques donc de diminuer les incertitudes concernant les performances du système. Cet avantage risque toutefois de n'être que marginal.

L'aménagement du dépôt en fonction de la réversibilité ne doit pas compromettre la sûreté à long terme. Par exemple, il ne devrait pas être acceptable d'installer un dépôt à une profondeur inférieure à la profondeur optimale du point de vue de la sûreté à long terme pour faciliter la reprise des déchets (même si cette installation est acceptable en tant qu'installation d'entreposage).

Si l'on prévoit de prolonger la période intermédiaire entre la mise en dépôt des déchets et la fermeture de l'installation afin de permettre la récupération des colis, la conception et l'exploitation doivent néanmoins garantir une sûreté d'exploitation suffisante. La maintenance et la surveillance nécessaires pour que la récupérabilité reste possible peuvent augmenter la dose aux travailleurs et les risques d'accidents conventionnels et miniers. Toutefois, il devrait être possible de gérer ces expositions et les risques non radiologiques de façon à les maintenir dans des limites acceptables. L'ouverture des accès aux zones de stockage sur de très longues périodes nécessitera parfois d'importants travaux de réaménagement souterrains voire, pour certains types de déchets et de concepts de récupérabilité, le reconditionnement des déchets. Dans ces cas, il faudra se demander si les doses supplémentaires reçues par les travailleurs se justifient par une réduction des doses potentielles futures ou par un gain de confiance quant à la sûreté à long terme.

4.3.2 Incertitude quant à la fermeture définitive et au scellement du dépôt

En prolongeant la phase d'exploitation, par exemple de 100 ans ou plus, on risque de ne pas pouvoir fermer et sceller le dépôt comme il convient si les dispositions organisationnelles ou financières adoptées s'avèrent inadéquates ou si l'on en a perdu la capacité technique. Les voies d'accès au dépôt pourraient donc rester ouvertes sans entretien ou être mal scellées. Des voies ouvertes, voire effondrées ou mal remblayées, peuvent laisser passer les eaux souterraines, les gaz ou les contaminants et peuvent faciliter les intrusions involontaires ou inconsidérées.

4.3.3 Opportunités accrues d'intrusion inconsidérée ou d'ingérence

À long terme, il ne faut pas compter sur un contrôle des pouvoirs publics ou des autorités de sûreté. C'est là l'une des principales justifications du concept même de stockage définitif en formation géologique : décharger les générations futures de la responsabilité d'entretenir et de contrôler les sites de dépôts. Dans toute société, le respect des lois et réglementations peut se relâcher, même en l'espace de quelques dizaines d'années, en particulier si la conjoncture économique change. Dans ce cas, un dépôt aménagé en fonction de la récupérabilité des déchets offrira, plus qu'un dépôt sans mesures de récupérabilité, une cible plus facile pour des actes de vandalisme ou pour des tentatives de récupération inconsidérée de déchets ou de matériaux des barrières ouvragées.

4.3.4 Nécessité d'un système de garanties plus strict

S'agissant principalement des dépôts de stockage de combustible usé, toute mesure favorisant la récupérabilité des déchets va à l'encontre de l'objectif qui consiste à rendre le plus difficile possible le détournement de matières nucléaires à des fins militaires. Aux termes du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires, la gestion des matières brutes et des produits fissiles spéciaux doit être soumise au régime des garanties négociées avec l'AIEA afin d'empêcher l'utilisation de ces matières pour fabriquer des armes. Les accords obtenus entre les signataires et l'AIEA conformément au traité, stipulent que le contrôle des matières nucléaires ne peut être suspendu que lorsque ces matières sont jugées irrécupérables par l'AIEA (AIEA, 1972). À titre d'exemple, le niveau de contrôle requis pendant la période prolongée d'ouverture du stockage sera supérieur à celui nécessaire après la fermeture. De même, un stockage conçu pour faciliter la récupération des déchets, ceci même après sa fermeture, devrait vraisemblablement faire l'objet d'une surveillance plus active qu'un

stockage non prévu à cet effet, d'où une charge indésirable pour les générations futures.

4.4 Conclusions

La décision de prévoir ou non des dispositions pour la récupérabilité des déchets placés dans un ouvrage de stockage définitif doit évaluer les avantages et inconvénients potentiels de ces dispositions. Cette décision ne peut être prise que dans le contexte d'un programme spécifique et non pas de façon générale.

Les dispositions favorisant la récupérabilité apportent une certaine flexibilité vis-à-vis de conditions futures non anticipées, mais possibles, telles que : des problèmes techniques affectant la sécurité, détectés après la mise en place des déchets ou suite à une évolution des normes ; l'intention de récupérer certaines ressources se trouvant dans le dépôt ou le développement de nouvelles ressources liées au site ou à son aménagement ; l'intention d'utiliser pour le traitement et l'évacuation des déchets des nouvelles méthodes qui pourraient être développées dans le futur ; l'évolution de l'acceptation sociale et de la perception du risque ou de nouvelles exigences politiques.

Les raisons de ne pas prévoir de dispositions favorisant la récupérabilité sont : les incertitudes concernant les effets négatifs, en particulier sur la sûreté conventionnelle et l'exposition radiologique des travailleurs lors de l'exploitation prolongée et de la surveillance associée ; les incertitudes liées à des avantages marginaux ; la possibilité de ne pas pouvoir sceller correctement le stockage compte tenu de la prolongation de l'exploitation et de sa plus grande complexité ; le risque croissant d'intrusion et de tentatives inconsidérées de retirer des déchets lors de périodes de trouble politique ou social ; et la nécessité éventuelle d'un système plus strict de garanties nucléaires.

Nul ne doit oublier que l'objectif ultime d'un dépôt est de garantir un confinement sûr et passif des déchets à long terme et que la récupérabilité n'est qu'un objectif secondaire ou une préférence. Toute disposition prise pour garantir la récupérabilité des déchets doit être mise en œuvre de façon à maintenir un niveau de sûreté et de sécurité satisfaisant tant pendant la phase d'exploitation du dépôt qu'à long terme. Nous n'avons identifié aucune circonstance de nature à justifier une reprise urgente des déchets. Même si la reprise des déchets était un jour privilégiée, on aurait toujours le temps de la mettre en œuvre de façon judicieuse, c'est-à-dire de construire une autre installation d'entreposage ou de stockage capable de recevoir les déchets ainsi récupérés. Par conséquent, il ne devrait pas être impératif de prévoir des systèmes redondants de secours pour l'entreposage des déchets, ni d'autres solutions de stockage définitif.

5. EXIGENCES PRATIQUES DE LA RÉCUPÉRABILITÉ

5.1 Introduction

La récupérabilité, à quelque degré que ce soit, doit être démontrée si elle est revendiquée. La démonstration de la faisabilité de la reprise des déchets exige :

- de posséder le savoir technique nécessaire et d'apporter la démonstration de cette faisabilité à chaque étape de l'aménagement du dépôt consécutive à la mise en place des déchets ;
- d'identifier les travaux de R-D à réaliser pour remédier aux insuffisances éventuelles de nos moyens techniques actuels et de notre capacité à récupérer les déchets ;
- d'adopter les dispositions institutionnelles appropriées et un calendrier adapté de façon à conserver à long terme les moyens techniques et la capacité de décision indispensables ;
- de surveiller le site et le dépôt afin d'être en mesure, le cas échéant, de mettre en œuvre les méthodes de récupération appropriées.

5.2 Faisabilité technique de la reprise des déchets à chaque étape de l'aménagement du dépôt

Le rapport *Action concertée de la Commission européenne sur la récupérabilité* (CE, 2000) analyse les possibilités techniques de reprise des déchets en subdivisant le calendrier en 13 périodes. Dans le présent rapport, nous avons distingué quatre grandes étapes de l'aménagement d'un dépôt en fonction essentiellement de la facilité avec laquelle les opérations de reprise pourraient être réalisées.

Dans le cas des dépôts destinés au stockage définitif des combustibles usés et des déchets de haute activité, il faudra tenir compte de la production de chaleur et de la température des déchets. Les solutions consistent soit à ventiler

le dépôt pour abaisser la température à un niveau adapté à l'entreposage à long terme et à la reprise des déchets soit à concevoir des méthodes de récupération télécommandées pour les déchets à haute température. Ces dernières pourraient aussi se révéler nécessaires en raison de la radioactivité élevée. Dans certains concepts d'évacuation, une température et une radioactivité élevées pourraient même interdire pendant une longue période la reprise des déchets en toute sécurité.

5.2.1 Pendant la mise en place des déchets

Dans la plupart des concepts de dépôt, les colis de déchets de haute intégrité sont installés dans des chambres, des galeries ou des puits². L'installation des déchets sera télécommandée. Les zones où sont stockés les déchets et l'environnement doivent être surveillés, par des contrôles de la pénétration d'eau souterraine et une ventilation notamment. Dans la majorité des systèmes, le matériel télécommandé utilisé pour la mise en place des colis peut servir également à récupérer des conteneurs défailants ou qui seraient tombés et pourrait donc être utilisé pour une opération de reprise à grande échelle des déchets. Si le remblayage des vides entre conteneurs est réalisé immédiatement, il faut prévoir des moyens de retirer les matériaux de remblayage, ce qui est généralement exigé dans une conception normale, par exemple pour corriger un défaut de positionnement. Par conséquent, pendant la phase de mise en place des déchets, ces derniers doivent également pouvoir être retirés avec les moyens utilisés pour les installer.

5.2.2 Après la mise en place des déchets et avant le remblayage des galeries ou alvéoles

La conception de certains dépôts ne comporte pas de remblayage ou prévoit un remblayage qui pourrait être différé quelque temps, mais cela n'est pas valable dans la pratique pour tous les sites ou tous les concepts. Néanmoins, il existe des formules qui permettent de remblayer les puits de stockage tout en laissant ouvertes les chambres ou les galeries d'accès aux puits, cela pourrait permettre de retirer les déchets avec les mêmes matériels que pour la mise en place. Il pourrait toutefois être nécessaire de prévoir des mesures spéciales pour récupérer les conteneurs dans les puits remblayés, notamment si l'on utilise des

2. Nous avons dans ce document, employé le terme « puits » pour désigner des puits de petite à moyenne taille que l'on peut forer à partir de voies d'accès ou d'alvéoles afin d'y stocker un ou plusieurs conteneurs de déchets. Certains pays emploient également le terme de « fosse ».

matériaux sujets au gonflement ou si la roche a tendance à s'affaisser. D'autres dispositions devront éventuellement être prises au moment de la conception afin d'assurer la stabilité des ouvertures souterraines et de conserver des conditions environnementales favorables pendant toute la période d'attente.

5.2.3 Après le remblayage des galeries ou alvéoles et avant la fermeture du dépôt

Une fois les chambres, puits et galeries de stockage remblayés, il est possible de laisser ouvertes les zones centrales de réception des déchets, les aires de services et les voies d'accès, ce qui facilitera, dans ces zones, les inspections et les travaux de maintenance nécessaires. Le scellement des points d'accès aux chambres de stockage peut être définitif ou provisoire. Dans la plupart des concepts, le remblayage de la zone de stockage crée un environnement physique et chimique stable autour des conteneurs de déchets. Cela permet de préserver la géométrie du stockage et de ralentir la dégradation des conteneurs et de conserver longtemps de bonnes chances de localiser et de récupérer des conteneurs intacts.

La reprise des déchets suppose que l'on détruise les scellements souterrains que l'on aura installés, que l'on enlève progressivement le remblayage, en veillant, le cas échéant, à rétablir la stabilité de la roche et que l'on creuse avec soin autour des conteneurs de déchets. Un équipement particulier peut être nécessaire pour retirer à distance le remblayage autour des conteneurs et pour déplacer ces derniers. En principe, ce matériel pourrait être très proche de celui utilisé aujourd'hui dans les travaux miniers et pour le démantèlement des centrales nucléaires.

5.2.4 Après la fermeture du dépôt

Fermer un stockage consiste à remblayer la plupart, voire la totalité, des espaces souterrains et remblayer et sceller les puits et les galeries d'accès. La majorité des installations de surface doivent être également démontées, bien que l'on puisse conserver certaines structures nécessaires à la sécurité du site et à l'information.

La fermeture est une étape importante de l'aménagement d'un stockage définitif, tant du point de vue technique que sur les plans administratif et social. C'est elle qui fait qu'une installation souterraine d'où les déchets peuvent toujours être repris devient un dépôt définitif. Cette étape ne sera franchie que si l'on a acquis une très forte conviction technique de la sûreté à long terme du

stockage sur le site, si l'on ne prévoit aucune autre raison de reprendre les déchets et si l'acceptabilité sociale du dépôt est parfaitement établie. Par conséquent, après cette étape, la reprise des déchets est très peu probable. Pourtant, tant que l'on conservera des informations sur le site et les déchets, la récupération des colis restera réalisable par des techniques minières.

La procédure de récupération des déchets devrait varier avec la période écoulée depuis la fermeture du dépôt. Peu de temps après cette fermeture, après quelques années ou quelques dizaines d'années, il sera encore possible de rouvrir les galeries d'accès. Après une période plus longue, en particulier si les roches sont affaissées ou moins compétentes, les ouvertures souterraines ne seront plus stables, et il faudra creuser de nouvelles voies d'accès.

5.3 Besoin en R-D pour assurer la faisabilité de la reprise des déchets

Pendant la phase de mise en place des déchets et avant que le dépôt n'ait été beaucoup remblayé, on devrait normalement pouvoir retirer les déchets avec les moyens utilisés pour les installer. Une fois le remblayage effectué, on aura besoin de techniques spéciales bien que, en principe, l'équipement puisse s'apparenter fortement à celui que l'on utilise aujourd'hui pour les projets miniers ou de démantèlement d'installations nucléaires. Des dispositions particulières devront être prises pour entreprendre les opérations de creusement et de récupération aux températures élevées qui persisteront à proximité des conteneurs de combustible usé et des déchets de haute activité. Dans certains environnements géologiques, il sera peut-être préférable de reporter les opérations de reprise des déchets le temps que la température diminue.

Les techniques et matériels nécessaires pour la récupération des déchets s'apparentent à ceux qui sont aujourd'hui employés dans les installations d'entreposage en surface des déchets, pour les travaux miniers et souterrains et le démantèlement d'installations nucléaires. Par conséquent, il ne sera pas nécessaire de recourir à des technologies nouvelles ou inhabituelles. La démonstration de plusieurs aspects des technologies nécessaires pour certaines conceptions particulières de dépôt a été réalisée ou l'est actuellement, par exemple chez Nirex, l'extraction des conteneurs de déchets d'un remblayage en ciment et, chez SKB, le retrait des conteneurs de combustible usé installés selon le concept KBS-3. Dans les programmes nationaux et internationaux de recherche, ces démonstrations devraient être encouragées, car elles contribuent à rassurer sur la faisabilité technique de la reprise des déchets et en général à rassurer sur la faisabilité du concept de récupérabilité et sur le sérieux des agences de gestion des déchets. Bien que les déchets puissent être récupérés avec les technologies d'aujourd'hui, il faudra suivre de près l'évolution de

technologies potentiellement intéressantes qui pourraient déboucher sur l'amélioration des méthodes de contrôle et de surveillance de l'environnement souterrain sur de longues périodes et l'amélioration des techniques de récupération des déchets.

5.4 Dispositions institutionnelles et planning de la reprise des déchets

Pour que la récupérabilité reste une option crédible, il faudra prévoir des dispositions institutionnelles afin de s'assurer :

- du maintien d'une capacité technique à récupérer adéquate à chaque étape consécutive à la mise en place des déchets ;
- que des méthodes pour récupérer les déchets existent, y compris dans les cas de conditions dégradées et de situations accidentelles prévisibles ;
- que l'on évaluera périodiquement l'état du dépôt, en particulier la sûreté opérationnelle et la sûreté potentielle à long terme ainsi que l'intérêt et la nécessité de :
 - passer à l'étape suivante du calendrier de fermeture du dépôt ;
 - rester à l'étape présente, et définir les spécifications de travaux de réparation et de maintenance ;
 - revenir à l'étape précédente, et éventuellement récupérer les déchets.

5.5 Surveillance du site et du stockage

Avant même la construction et jusqu'à la fermeture, la surveillance des divers paramètres du site et du stockage fournira les informations nécessaires aux évaluations de sûreté. Il peut s'agir d'informations destinées à confirmer les conditions naturelles sur le site, à mieux comprendre le comportement du système naturel en présence du dépôt et à suivre les premiers stades d'évolution des éléments ouvragés. Dans de nombreuses conceptions, les mesures destinées à améliorer la récupérabilité des déchets, comme l'extension de la phase d'ouverture du dépôt, modifieront les conditions sur le site et retarderont, quand elles ne l'empêcheront pas, l'instauration des conditions destinées à assurer la sûreté à long terme. Le plan de surveillance des performances devra être minutieusement établi et s'appuyer sur des arguments logiques faisant apparaître la relation entre les paramètres mesurés et la sûreté à long terme.

Au cours de la phase d'exploitation et de toute phase d'ouverture prolongée ultérieure, il sera nécessaire de surveiller la stabilité de la roche, l'environnement souterrain et l'état des colis de déchets. Cette surveillance est indispensable à la sûreté en exploitation, elle permet de détecter toute amorce de défaillance, par exemple des systèmes de soutènement de la roche, et de s'assurer que sont toujours remplies les conditions de reprise des déchets avec les méthodes envisagées. Les résultats de cette surveillance serviront à planifier les travaux de maintenance et de rénovation des divers systèmes et éléments souterrains. Ils peuvent également intervenir dans les décisions concernant le moment où passer à la prochaine étape du calendrier de fermeture du dépôt car ils permettent d'affiner les estimations du temps pendant lequel il est possible de prolonger une étape sans alourdir de façon significative les dépenses de maintenance et de rénovation. Ces résultats peuvent inciter à remblayer certaines ouvertures souterraines si l'on s'aperçoit que la prolongation de la période d'ouverture du dépôt peut produire des effets qui risquent de compromettre la sûreté à long terme ou la sûreté en exploitation.

Ultérieurement, une surveillance, incluant éventuellement l'état du remblayage, pourra être organisée pour suivre les premiers stades d'évolution des barrières ouvragées et s'assurer que la stabilisation attendue des conditions physiques et chimiques a bien lieu. Cette surveillance pourra aussi servir à vérifier si les conditions de reprise des déchets par les méthodes disponibles sont remplies, pour le cas où l'on déciderait de récupérer les déchets.

S'agissant du combustible usé et des autres déchets riches en matières fissiles, deux types de contrôles seront mis en place : une surveillance de la sûreté et l'application du système des garanties destiné à vérifier que personne ne tente de s'emparer illégalement des substances contenues dans le dépôt. Pendant la phase d'exploitation et les phases où le dépôt restera ouvert, des mesures administratives et des contrôles seront mises en œuvre sur place à cet effet comme sur tous les autres sites d'installations nucléaires. Cette surveillance pourra se poursuivre dans la phase de post-fermeture avec les moyens disponibles sur place et des systèmes de télésurveillance. Les techniques acoustiques, la photographie aérienne et l'imagerie satellite, par exemple, peuvent servir à détecter des opérations de forage ou des activités minières destinées à récupérer le contenu du dépôt. Pour apaiser les craintes du public, les pouvoirs publics pourront prolonger la surveillance du dépôt au-delà des périodes proposées par les autorités de réglementation pour garantir la sûreté du dépôt et protéger les matières nucléaires.

5.6 Conclusions

Si la récupérabilité est revendiquée à des degrés divers, il faut démontrer qu'elle est réalisable, ce qui a des implications techniques et institutionnelles et peut nécessiter des travaux de recherche et développement.

La plupart des concepts de dépôt sont, par nature, plus ou moins réversibles. En d'autres termes, les déchets peuvent être récupérés même en l'absence de dispositions particulières à cet effet. Il est également possible de prendre des mesures spécifiques pour faciliter la reprise des déchets et/ou prolonger la période pendant laquelle cette récupération pourra s'effectuer dans de bonnes conditions. Les dispositions adoptées pour ce faire dépendront du système de dépôt particulier, sachant que la récupérabilité sera plus difficile à préserver dans certaines roches hôtes ou concepts de dépôt. Dans tous les concepts de dépôt aménagés actuellement envisagés, il sera techniquement possible de récupérer les déchets, moyennant quelques restrictions d'accès aux déchets dans certaines roches hôtes, notamment les formations salifères.

La complexité technique et le coût de la récupération des déchets devraient augmenter à mesure que l'on avance vers la fermeture. Il faudra éventuellement définir d'autres méthodes de récupération, voire des variantes, pour tenir compte de l'évolution avec le temps de l'état des conteneurs de déchets, du remblai (s'il a été installé) et du dépôt. Des plans d'urgence devront aussi être envisagés pour faire face aux situations accidentelles prévisibles, par exemple, des éboulements plus ou moins graves et la perte des systèmes initiaux de mise en place/récupération des déchets.

Pendant la phase de mise en place des déchets et avant le remplissage des alvéoles, il est possible de récupérer les déchets à travers l'utilisation de systèmes de mise en place réversibles. Une fois le remblai mis en place, des techniques particulières sont nécessaires pour retirer les déchets. De même, des mesures spéciales sont nécessaires pour entreprendre des opérations de récupération aux niveaux élevés de température et de radiation qui persistent autour des combustibles usés et des conteneurs de déchets de haute activité. La recherche sur les techniques de reprise des déchets doit se poursuivre et en particulier les essais de démonstration des technologies de reprise doivent être renforcés dans les différents programmes de recherche nationaux et internationaux.

Pour que la reprise des déchets soit faisable, il faut prévoir des dispositions institutionnelles garantissant : le maintien des capacités techniques de reprise des déchets à chaque étape consécutive à l'installation des déchets ; la définition des méthodes de reprise des déchets, y compris en cas de défaillance

de certains composants et de situations accidentelles prévisibles ; et la réalisation d'évaluations périodiques de l'état du dépôt. Ces dernières seront axées sur la sûreté opérationnelle et la sûreté potentielle à long terme du dépôt, ainsi que sur l'intérêt et la nécessité de passer à l'étape suivante du calendrier de fermeture du dépôt, ou de rester à l'étape présente, ou au contraire de revenir à l'étape précédente, y compris de récupérer les déchets.

La récupérabilité suppose une surveillance destinée à vérifier la faisabilité de l'option sur toute la période où cette récupérabilité est revendiquée. Cette surveillance portera sur les conditions dans l'environnement souterrain, l'état de marche du matériel et les conditions de travail dans le dépôt. Prolonger la période d'ouverture pour garantir la récupérabilité des déchets permet également de surveiller plus longtemps les paramètres déterminant les performances à long terme du dépôt et la confiance que l'on peut avoir dans sa sûreté à long terme.

6. RÉPERCUSSIONS DE LA RÉVERSIBILITÉ ET DE LA RÉCUPÉRABILITÉ SUR LES POLITIQUES NATIONALES

6.1 Introduction

Aménager un dépôt en formation géologique profonde est un projet national majeur prévu pour durer plusieurs dizaines d'années. Au cours de cette période, le projet bénéficiera de l'expérience accumulée tant au niveau national qu'international. Une politique nationale stable et détaillée définit le cadre de décision et une « feuille de route » dont on pourra déduire les dispositions organisationnelles et financières à prendre. Le processus de décision par étapes, où chaque étape est l'occasion de faire un bilan et d'intégrer les nouvelles données, est bien établi dans la pratique et permet de surcroît de revenir sur une décision.

Toute politique décrivant les principes de la gestion des déchets radioactifs dans des conditions sûres, écologiques et rentables, doit indiquer le degré de réversibilité à envisager en fonction du type de déchets, compte tenu des possibilités de valorisation des ressources et d'autres facteurs. Les pouvoirs publics doivent également prendre toutes les dispositions organisationnelles, financières et réglementaires nécessaires à la mise en œuvre de cette politique.

6.2 Dispositions financières

L'introduction de la réversibilité et de la récupérabilité peut avoir des répercussions financières. Premièrement par le coût des modifications de la conception générale du stockage et, plus important, par les coûts de la surveillance, de la protection et de la maintenance du dépôt pendant des dizaines d'années, voire des siècles, si la période pendant laquelle le dépôt reste ouvert se prolonge.

Le principe « pollueur-payeur », dont la finalité est de limiter le plus possible, voire d'éliminer, les externalités économiques, s'applique aussi aux coûts de la gestion des déchets. En tant que producteur des déchets nucléaires,

l'industrie nucléaire se doit d'estimer, pour ensuite en intégrer les résultats à la structure tarifaire de son produit (l'électricité), ce que coûte le fait de se réserver un certain temps la possibilité de récupérer les déchets et ce que coûterait la reprise des déchets à divers degrés de récupérabilité. Cependant, si l'option de la récupérabilité devait être indéfiniment maintenue, au gré des orientations politiques et de la perception du public, l'industrie nucléaire serait alors bien incapable d'en prévoir les coûts et donc de définir le prix de son produit. Aussi, étant donné les avantages sociaux qu'apporte un approvisionnement énergétique satisfaisant, il paraît judicieux que le gouvernement assume entièrement la responsabilité du maintien de la réversibilité et de la récupérabilité après une certaine période. La décision des pouvoirs publics (qui peut prendre la forme d'une série de décisions sur plusieurs années) de maintenir un niveau élevé de récupérabilité ou de procéder à la fermeture du dépôt pourra alors être prise dans le cadre de l'allocation globale des ressources nationales.

6.3 Dispositions organisationnelles

Les dispositions organisationnelles servent à mettre en place les dispositifs institutionnels, et notamment un programme de surveillance, évoqués au chapitre 5. Elles doivent également permettre de s'assurer qu'il existe dans le pays les compétences techniques nécessaires pour récupérer les déchets, y compris pour traiter des problèmes radiologiques. Ces compétences sont actuellement concentrées dans l'industrie nucléaire et au sein des autorités de sûreté et des établissements de recherche associés. Dans de nombreux pays toutefois, la survie de l'industrie nucléaire n'est pas assurée si bien que le maintien des compétences indispensables pourrait reposer sur une intervention de l'état.

6.4 Dispositions réglementaires

Les textes internationaux et les réglementations nationales traitent essentiellement de la sûreté en exploitation et des objectifs de conception destinés à garantir la sûreté à long terme (après la fermeture) du dépôt. La réversibilité/récupérabilité et ses répercussions y sont peu abordées. Ces dernières peuvent recouvrir la prolongation de la période de contrôle ou de surveillance, l'abandon des contrôles de manière plus progressive et le système de décision correspondant.

Dans plusieurs pays, la récupérabilité est inscrite dans la législation ou dans la réglementation. C'est le cas des États-Unis où le Nuclear Waste Policy Act précise trois situations susceptibles de nécessiter la reprise des déchets. En

Finlande, la législation stipule que : « la mise en dépôt sera planifiée de façon à pouvoir récupérer les colis de déchets au cas où l'évolution de la technologie plaideraient en faveur de cette récupération. » Pourtant, on ne trouve pas, en général, de consignes concernant la mise en œuvre de la récupérabilité. Les références à la récupérabilité sont normalement assorties d'une réserve stipulant que les mesures destinées à la favoriser ne doivent en aucun cas compromettre la sûreté à long terme.

Une politique nationale de gestion des déchets prévoyant la récupérabilité impose de revoir les exigences réglementaires tant pendant que le dépôt reste ouvert, avec les prolongations éventuelles, qu'à long terme, après la fermeture. Il s'agit de s'assurer que la réglementation intègre bien tous les aspects du maintien de la sécurité et de la sûreté, à savoir la radioprotection et la protection des matières nucléaires. Dans la majorité des pays, les diverses étapes du projet de dépôt, à savoir la construction, le stockage des déchets, le remblayage et la fermeture de l'installation, exigeront le dépôt de différentes demandes d'autorisations dans lesquelles l'exploitant devra préciser les dispositions qu'il prévoit pour la mise en œuvre de chacune de ces étapes. À cette occasion, l'exploitant peut proposer une solution de repli, qui serait la réversibilité du stockage, suivant le même format que pour les procédures de fermeture des réacteurs nucléaires.

7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La confiance de la société dans la solution du stockage définitif en formation géologique des déchets radioactifs à vie longue passe par la démonstration que l'on avancera sur cette voie par étapes successives, avec la prudence et la souplesse nécessaires, et qu'il existera des possibilités de révisions en fonction de considérations techniques et de l'intérêt du public. La souplesse du processus de décision n'est pas un objectif en soi, mais fait partie des bonnes pratiques. Elle peut rassurer sur notre capacité technique de gérer de manière sûre les déchets, mais aussi convaincre un public plus large que l'on ne prend pas une décision irréversible. En définitive, si le stockage définitif en formation géologique devrait se révéler être une solution inadaptée à un site particulier ou en général, il doit être possible de revenir en arrière. La communauté des gestionnaires de déchets doit montrer qu'elle est prête à le faire.

Même si on laisse aux générations futures le choix entre plusieurs options de gestion, le problème des déchets radioactifs demeure la responsabilité première de la génération actuelle. C'est cette génération qui doit décider de l'arbitrage à faire entre ses capacités à surveiller et entretenir le dépôt et la facilité avec laquelle les déchets pourraient être repris. Cette décision aura des répercussions sur les options et les charges laissées aux générations futures. Nous ne pouvons pas préjuger des conditions que poseront les générations à venir ni des jugements moraux et pratiques qu'elles porteront. Les décisions à prendre aujourd'hui doivent se fonder sur les valeurs, la perception des enjeux éthiques et les préoccupations nationales d'aujourd'hui. Quoi qu'il en soit, les mesures favorisant la souplesse du processus de décision concordent avec le principe éthique qui consiste à respecter les besoins et aspirations des générations futures, y compris leur liberté de faire leur propres choix.

L'introduction de la réversibilité dans un processus graduel d'aménagement d'un dépôt, et notamment de mesures destinées à favoriser la récupérabilité des déchets, permet de tirer parti des progrès de la connaissance scientifique et de la technologie, de s'adapter aux évolutions des politiques nationales, de la réglementation et des positions de la société. La réversibilité des décisions et la récupérabilité des déchets ne sont pas en soi des solutions,

puisque la réversibilité suppose un retour en arrière pour suivre une autre voie et que l'on ne devrait pas récupérer des déchets tant que l'on ne dispose pas d'une solution de gestion plus acceptable. En particulier, la récupérabilité n'est pas destinée à améliorer la sûreté passive à long terme d'un dépôt ; elle n'est pas non plus un objectif premier des concepts de stockage définitif des déchets, mais seulement le choix d'une plus grande souplesse. L'adoption de dispositions destinées à faciliter la récupérabilité des déchets ne dispense pas de procéder à des évaluations approfondies de la sûreté et de la sécurité en exploitation et à long terme d'un dépôt.

Dans toutes les formations géologiques où l'on envisage aujourd'hui de stocker des déchets radioactifs, il est possible de reprendre les déchets. Toutefois, certains concepts de dépôts se prêtent mieux à une récupération dans de bonnes conditions techniques et économiques, dans la mesure où il est possible de retarder longtemps le remblayage des voies d'accès après la mise en place des déchets. De tels aménagements de la conception ou du plan d'exploitation des dépôts devraient se traduire par un coût, qu'il faudra confronter à la valeur que confère une plus grande souplesse, en termes de possibilités techniques ou d'acceptation sociale.

La récupérabilité ne peut excuser le report indéfini de décisions d'aménager des dépôts ; elle n'est pas non plus une alternative à un dépôt bien conçu dont la fermeture repose sur un dossier solide. La fermeture est une étape importante du développement d'un dépôt, tant d'un point de vue technique, et administratif que social. Elle marque la transition entre une installation souterraine avec encore une possibilité de récupération facile et un dépôt définitif. La fermeture définitive ne doit être réalisée que lorsque l'on dispose d'un volume d'informations suffisant pour avoir la certitude que l'installation se comportera comme prévu et que le public est prêt à accepter cette étape et ses corollaires, c'est à dire l'arrêt de la surveillance souterraine et une plus grande difficulté à reprendre les déchets. La probabilité qu'il soit nécessaire de récupérer les déchets après cette étape ne devrait alors qu'être très faible. L'aménagement du dépôt, y compris sa fermeture, doit être faire l'objet de plans précis, même si l'on laisse aux décideurs futurs une certaine souplesse dans l'application de ces plans.

En grande partie à cause des importantes marges de sûreté passive inhérentes à la conception d'un dépôt géologique aménagé, nous n'avons pu trouver aucune circonstance qui justifierait une récupération de déchets en urgence. Par conséquent, même si une décision devait être prise un jour de récupérer, on disposera toujours de suffisamment de temps pour mettre en œuvre un programme méthodique et pour construire toutes les installations nécessaires à l'entreposage avant d'explorer d'autres solutions de d'évacuation.

Toute prétention à la récupérabilité doit être démontrée afin d'assurer sa faisabilité. La complexité technique et le coût de la récupération auront tendance à augmenter au fur et à mesure de la progression des étapes allant vers la fermeture du stockage. Pendant la phase de mise en place des déchets et avant le remblayage, la récupération s'opérera avec le même équipement, selon un processus inverse. Après le remblayage, des techniques spéciales pourraient être nécessaires. Des dispositions particulières devront être mises en œuvre pour les opérations de creusement nécessaires pour reprendre les colis dans les conditions de température et de rayonnement élevés qui persisteront autour des colis de combustibles usés et de déchets à haute activité. Les travaux de R-D se poursuivront sur les technologies de reprise des colis et les démonstrations de ces technologies devront être encouragées par les différents programmes nationaux et internationaux. Ces démonstrations contribueront à accroître la confiance dans la faisabilité technique de la reprise des déchets. Elles renforceront aussi la confiance du public quant au sérieux des organisations en charge de la gestion des déchets et à leur capacité à mettre en œuvre la récupérabilité.

Des mesures d'ordre institutionnel doivent aussi être mises en place afin d'assurer la faisabilité de la récupération des déchets. Par exemple, un niveau suffisant de capacité technique doit être maintenu à chaque étape suivant la mise en place des déchets. Les méthodes de récupération doivent être définies, y compris pour les cas de récupération dans des conditions prévisibles de défaillance des colis ou en cas d'accident. Des évaluations périodiques doivent être prévues pour décider en toute connaissance de causes, et ce jusqu'à la fermeture du stockage, s'il convient de passer à l'étape suivante, ou de rester dans la phase actuelle, ou de revenir en arrière, incluant si nécessaire la récupération des déchets. La surveillance est aussi nécessaire afin de vérifier que les conditions d'une récupération éventuelle sont toujours remplies.

Une politique gouvernementale qui définit les principes d'une gestion des déchets radioactifs sûre, respectueuse de l'environnement, et économiquement non-pénalisante doit stipuler le degré de récupérabilité à considérer pour les différents types de déchets tout en prenant en compte, entre autres facteurs, la valeur des ressources éventuellement concernées. Le gouvernement devra aussi prendre les dispositions financières, organisationnelles et réglementaires nécessaires à l'exécution de la politique qu'il aura ainsi définie.

Les implications financières de la réversibilité et de la récupérabilité incluent les coûts des modifications apportées au concept initial pour faciliter la récupérabilité et, plus encore, les coûts de la surveillance, des garanties nucléaires et du maintien de l'installation sur des décennies, voire des centaines d'années si la période d'ouverture est prolongée. Alors que l'industrie nucléaire

peut prévoir le financement du développement d'une installation incluant les périodes de surveillance et de contrôle limitées, ce pourrait être au gouvernement d'en assurer la responsabilité si le maintien de la récupérabilité devait se prolonger sur une période indéfinie. La décision d'allouer des fonds pour maintenir la récupérabilité serait alors prise dans le contexte plus général de l'allocation des ressources nationales.

Le gouvernement doit s'assurer que les dispositions organisationnelles sont en place pour maintenir l'expertise technique nécessaire, incluant la capacité à régler les problèmes d'ordre radiologiques. Cette expertise est concentrée actuellement dans l'industrie nucléaire et dans les institutions réglementaires et de recherche. Cependant, dans beaucoup de pays, la continuité de l'industrie nucléaire est mise en cause et le gouvernement doit alors intervenir pour s'assurer que le niveau suffisant d'expertise sera maintenu.

Dans la plupart des pays, les principes réglementaires sur la récupérabilité n'existent pas encore et doivent donc être éventuellement développés. Il est rappelé que normalement toute mesure prise pour assurer la récupérabilité ne doit pas compromettre la sûreté passive à long terme du stockage. Lorsqu'une politique nationale de gestion des déchets exige la prise en compte de la récupérabilité, alors les exigences réglementaires seront revues pour vérifier qu'elles prennent en compte les aspects de sécurité et de sûreté, incluant la protection radiologique et les garanties nucléaires, ceci durant les périodes d'ouverture prolongée et pour le long terme.

Dans la plupart des concepts, la difficulté technique de retirer des déchets augmentera à mesure que l'on avancera vers la fermeture, c'est-à-dire avec le remplissage progressif des alvéoles de stockage et des voies d'accès et le scellement du dépôt. S'il est possible de récupérer les déchets à toutes les étapes de la vie du dépôt, y compris après sa fermeture, cette opération devrait être envisagée essentiellement dans la période antérieure à la fermeture du dépôt, et les travaux de R-D devraient être concentrés sur les possibilités de récupérer les déchets au cours de cette période. De même, les dispositions institutionnelles et les échéanciers établis pour le retrait des déchets ne se justifient que dans la période précédant la fermeture des dépôts. Bien que techniquement possible, le retrait des déchets après cette fermeture exigerait d'importants moyens pour réinstaller les équipements de surface et matériels souterrains nécessaires. Si à chaque étape du développement d'un dépôt les raisons qu'il pourrait y avoir d'inverser une décision sont soigneusement évaluées avec toutes les parties concernées un niveau de confiance élevé devrait avoir été établi au moment de décider la fermeture. On devrait alors se trouver dans une situation où il n'y aurait plus aucune raison technique ou sociale de penser encore à une possibilité de devoir récupérer les déchets.

La possibilité de revenir sur les décisions est de plus en plus souvent prise en compte dans le processus de décision par étapes adopté pour le développement d'un stockage en formation géologique aménagée. Les implications de la récupérabilité des déchets sur les stratégies d'évacuation et l'intérêt d'inclure ou non des mesures spécifiques pour favoriser la récupérabilité sont actuellement considérées par les programmes nationaux de plusieurs pays. Un consensus sur la signification et l'intérêt de la réversibilité et de la récupérabilité pourrait se dégager avec le temps. Ce document a pour objet de contribuer à ce processus. Cependant, il faut reconnaître que des problèmes comme celui-ci, qui combinent des aspects techniques, politiques et éthiques, appellent des solutions qui doivent avant tout être adaptées au concept de stockage spécifique de chaque pays et s'intégrer harmonieusement à la politique nationale.

RÉFÉRENCES

- CE, 2000. Grupa J.B., D.H. Dodd, J.-M. Hoorelbeke, B. Mouroux, J.M. Potier, J. Ziegenhagen, J.L. Santiago, J. Alonso, J.Jfernández, P. Zuidema, I.G. Crossland, B. McKirdy, J. Vrijen, J. Vira, G. Volckaert, T. Papp, and C. Svemar, 2000. Concerted Action on the Retrievability of Long-lived Radioactive Waste in Deep Underground Repositories, European Commission Project Report EUR 19145 EN.
- IAEA, 1972. The Structure and Content of Agreements Between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons. Information Circular INFCIRC/153 (Corrected). International Atomic Energy Agency, Vienna.
- AIEA, 2000. Retrievability of High Level Waste and Spent Nuclear Fuel. Actes d'un séminaire international organisé par KASAM en collaboration avec l'AIEA, Saltsjöbaden, Suède, octobre 1999. Publiés par l'Agence internationale de l'énergie atomique, décembre 2000, Vienne.
- AEN, 1995. Fondements environnementaux et éthiques de l'évacuation en formation géologique. Opinion collective du Comité de la gestion des déchets radioactifs. Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, Paris.
- AEN, 1999a. Plan stratégique du RWMC. Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, Paris.
- AEN, 1999b. Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories: its Development and Communication. Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, Paris.
- AEN, 1999c. Où en est l'évacuation des déchets radioactifs en formations géologiques ? Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, Paris.

Annexe 1

PRINCIPES ÉTHIQUES À LA BASE DE LA PLANIFICATION ET DE L'AMÉNAGEMENT D'UN DÉPÔT*

La problématique de l'éthique et de l'environnement a fait l'objet de débats dans des enceintes tant nationales qu'internationales. La Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement ainsi que la déclaration de l'UNESCO sur la responsabilité des générations actuelles envers les générations futures sont le fruit d'une coopération diplomatique et politique entre États. À la demande du Department of Energy des États-Unis, l'American National Academy of Public Administration (NAPA) a publié un document sur le sujet dont l'objectif était d'analyser comment l'administration publique pouvait tenir compte dans ses décisions des droits et intérêts des générations futures. L'Academy propose une démarche fondée sur quatre principes (voir encadré 1). Il est admis que chacun de ces principes a ses propres limites. Une décision qui se veut responsable s'efforcera donc d'arbitrer entre ces quatre principes.

Le souci moral des implications à long terme sur la sûreté du stockage des déchets radioactifs révèle une conscience de la responsabilité vis-à-vis des générations futures tout à fait inhabituelle, qui va largement au delà de l'attention que l'on accorde normalement aujourd'hui aux individus voire aux groupes. Il s'agit pour l'essentiel d'éviter ou de limiter les risques pour les générations futures, en partant du principe qu'elles n'auront peut-être pas les moyens ou la connaissance nécessaires pour prendre les mesures qui les protégeront. Dans cette optique, les principes fondamentaux sur lesquels s'appuient la planification et l'aménagement d'un dépôt peuvent être résumés comme suit :

- La génération qui produit les déchets est responsable de leur gestion dans des conditions sûres ainsi que des coûts associés.
- La protection des individus et de l'environnement aujourd'hui et demain est une obligation.

* Cette annexe s'inspire de (Pescatore, 1999).

- Il n'existe aucun critère moral qui autorise à monétiser la santé des générations futures et les risques de détérioration de l'environnement.
- Nos descendants ne doivent pas être exposés à des risques que nous ne sommes pas prêts à accepter aujourd'hui. À l'avenir, l'homme doit être tout autant protégé qu'il l'est aujourd'hui.
- La sûreté et la sécurité des dépôts ne peuvent se fonder sur le postulat que la structure sociale restera indéfiniment stable et sur le pari du progrès technologique.
- Les déchets doivent être traités de façon à ne pas représenter une charge pour les générations futures.

Encadré 1

PRINCIPES DE LA NAPA CONCERNANT LE RESPECT DES DROITS ET INTÉRÊTS DES GÉNÉRATIONS FUTURES (NAPA, 1997)

- *Le principe de la responsabilité fiduciaire* – Chaque génération est garante des intérêts des générations futures.
- *Le principe de durabilité* – Aucune génération n'a le droit de priver les générations futures de la possibilité de jouir d'une qualité de vie comparable à celle dont elle jouit elle-même.
- *Le principe de la chaîne d'obligations* – Chaque génération a pour obligation première de satisfaire les besoins de ses contemporains et de la génération suivante. Les risques concrets à court terme ont priorité sur les risques hypothétiques à long terme.
- *Le principe de précaution* – Éviter de prendre des mesures susceptibles de causer un dommage irréversible ou d'entraîner des conséquences catastrophiques à moins qu'elles ne soient compensées par un besoin équivalent devant bénéficier à la génération actuelle ou aux générations futures.

Bien que l'on n'exclue pas l'intervention des générations futures (pour récupérer des déchets, par exemple), ces principes ne justifient en rien des mesures destinées à faciliter ces interventions au moment de la planification du dépôt. Dans cet esprit, l'opinion du RWMC de 1995 (AEN, 1995) concluait que

« dans ce concept d'évacuation, il n'est pas nécessaire de prévoir de récupérer des déchets après la fermeture du site. En effet, on part du principe que des interventions ne seront jamais nécessaires une fois l'installation fermée, les déchets, devant, dans cette conception, pouvoir être oubliés après une période de contrôles institutionnels permettant d'éviter l'intrusion accidentelle de l'homme. »

L'opinion collective du RWMC de 1995 faisait également remarquer que « la réversibilité est un argument éthique de poids, puisque l'évacuation dans des formations géologiques profondes ne doit pas nécessairement être considérée comme un processus totalement irréversible, interdisant tout changement ultérieur de politique. » En dehors des principes énumérés ci-dessus, les normes éthiques les plus récentes imposent de respecter, dans la planification et l'aménagement des dépôts, les besoins et aspirations des générations futures, y compris leur liberté de choix :

- Sachant que les générations futures ne doivent pas hériter d'un fardeau trop lourd, nous ne devons pas non plus indûment les empêcher d'assumer le contrôle de la gestion et donc de récupérer les déchets.
- Il nous incombe de transmettre aux générations futures les connaissances que nous possédons concernant les risques liés aux déchets.
- La procédure de stockage doit être suffisamment souple pour autoriser des choix différents.

Ces évolutions apparaissent dans la *Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs* (AIEA, 1997). Cette convention énonce l'un de ses objectifs en ces termes : « faire en sorte qu'à tous les stades de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs, il existe des défenses efficaces contre les risques potentiels, afin que les individus, la société et l'environnement soient protégés, aujourd'hui et à l'avenir, contre les effets nocifs des rayonnements ionisants, de sorte qu'il soit satisfait aux besoins et aux aspirations de la génération actuelle sans compromettre la capacité des générations futures de satisfaire les leurs ».

Par conséquent, le respect des besoins et aspirations des générations futures, dans un avenir proche ou lointain, nous dicte d'intégrer à la planification du dépôt la possibilité que ces générations décident d'adopter d'autres solutions, y compris de récupérer les déchets. Ces générations pourraient disposer de nouvelles technologies et avoir une perception différente de l'acceptabilité des risques.

Pour que les générations futures puissent exploiter la souplesse du processus, on doit partir de l'hypothèse que la société restera stable et que :

- elle saura apprécier la souplesse des options qui ont été laissées ouvertes ;
- elle saura les exploiter ; et
- elle conservera le même souci de ses responsabilités et fondera ses décisions sur des principes éthiques, proches de ceux en vigueur aujourd'hui.

Il s'agit pourtant d'hypothèses optimistes. La souplesse que l'on aura veillé à préserver pourrait devenir un fardeau si elle impose de préserver les connaissances et les compétences techniques indispensables à certaines interventions. En outre, les générations futures peuvent prendre des mauvaises décisions tout autant que des bonnes. Par conséquent, comme le montrent par exemple les conclusions du KASAM, le conseil national suédois pour les déchets radioactifs (SKN, 1988), il faudra trouver un arbitrage entre le principe consistant à éviter aux générations futures un fardeau trop lourd (encadré 2, premier point) et le principe qui impose de respecter leurs besoins et aspirations (encadré 2, deuxième point).

Encadré 2

LES PRINCIPES DU KASAM (SKN, 1988)

- Notre génération, qui a bénéficié de l'énergie nucléaire, doit également assumer l'entière responsabilité des déchets radioactifs (déchets nucléaires et combustible nucléaire usé) sans transmettre à la génération suivante un fardeau trop lourd. Cela signifie également que la sûreté à long terme d'un dépôt ne doit pas dépendre de la surveillance ou de la maintenance des installations par les générations futures.
- Dans un monde caractérisé par l'enrichissement permanent des connaissances et par l'évolution des jugements de valeur, les générations futures doivent avoir la liberté de décider comment utiliser les ressources dans le souci de la sûreté et de leur protection à long terme. En outre, la conception d'un dépôt ne doit pas inutilement interdire toute tentative future de retirer les déchets, de surveiller ou de réparer les dépôts.

RÉFÉRENCES

- AIEA, 1997. Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. Agence internationale de l'énergie atomique, Vienne.
- NAPA, 1997. Deciding for the Future: Balancing Risks, Costs, and Benefits Fairly Across Generations, National Academy of Public Administration, Washington, DC, juin.
- AEN, 1995. Fondements environnementaux et éthiques de l'évacuation en formation géologique. Opinion collective du Comité de la gestion des déchets radioactifs. Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, Paris.
- PESCATORE, C., 1999. « Gestion à long terme des déchets radioactifs : éthique et environnement ». Agence pour l'énergie nucléaire, Bulletin, Vol. 17, No.1., Paris.
- SKN, 1988. Ethical aspects of nuclear waste. Principaux points abordés lors d'un séminaire sur l'éthique et l'incertitude organisé à Stockholm, Suède, septembre 8-9, 1987, Rapport SKN n° 29.

Annexe 2

PARTICIPANTS AU GROUPE AD HOC SUR LA RÉVERSIBILITÉ ET LA RÉCUPÉRABILITÉ

BROWN, Peter A.	Ressources naturelles Canada, Canada
RUOKOLA, Esko	Säteilyturvakeskus (STUK), Finlande
MOUROUX, Bernard	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA), France
BRENNECKE, Peter	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Allemagne
SAKUMA, Hideki	Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC), Japon
DODD, David H.	Radiation and Environment (NRG), Pays-Bas
RUIZ LOPEZ, Carmen	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Espagne
TOVERUD, Öivind	Statens kärnkraftinspektion (SKI), Suède
ZUIDEMA, Piet	Société coopérative nationale pour l'entreposage des déchets radioactifs (CEDRA/NAGRA), Suisse
HARRINGTON, Paul	U.S. Department of Energy (USDOE), États-Unis
PESCATORE Claudio	Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire
SUMERLING, Trevor	Safety Assessment Management Ltd., Royaume-Uni
VON MARAVIC, Henning	Commission européenne, Direction générale de la recherche

ÉGALEMENT DISPONIBLE

Publications de l'AEN d'intérêt général

Rapport annuel 2000 (2001)

Gratuit sur demande.

AEN Infos

ISSN1605-959X

Abonnement annuel : 37 US\$ 45 GBP 26 ¥ 4 800

Le Point sur l'évacuation des déchets radioactifs en formations géologiques (2000)

ISBN 92-64-28425-7

Prix : 20 US\$ 20 GBP 12 ¥ 2 050

Programmes de gestion des déchets radioactifs des pays Membres de l'AEN/OCDE (1998)

ISBN 92-64-26033-1

Prix : 32 US\$ 33 GBP 20 ¥ 4 150

Gestion des déchets radioactifs

Using Thermodynamic Sorption Models for Guiding Radioelement Distribution Coefficient (KD) Investigations – A Status Report (2001)

ISBN 92-64-18679-4

Prix : 50 US\$ 45 £ 31 ¥ 5 050

Gas Generation and Migration in Radioactive Waste Disposal – Safety-relevant Issues (2001)

ISBN 92-64-18672-7

Prix : 45 US\$ 39 £ 27 ¥ 4 300

Confidence in Models of Radionuclide Transport for Site-specific Assessment (2001)

ISBN 92-64-18620-4

Prix : 96 US\$ 84 £ 58 ¥ 9 100

Nuclear Waste Bulletin – Update on Waste Management Policies and Programmes, No 14, 2000 Edition (2001)

ISBN 92-64-18461-9

Gratuit : versions papier ou web.

Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste – An International Database (2000)

ISBN 92-64-18514-3

Prix : 25 US\$ 24 GBP 15 ¥ 2 900

Évaluation des dépôts géologiques profonds dans un contexte réglementaire – Enseignements tirés (2000)

ISBN 92-64-05886-9 Bilingue

Prix : 34 US\$ 32 GBP 20 ¥ 3 400

Domaines stratégiques dans la gestion des déchets – Position du Comité de l'AEN de la gestion des déchets radioactifs et orientations de ses travaux (2000)

Disponible sur le web.

Stakeholder Confidence and Radioactive Waste Disposal (2000)

ISBN 92-64-18277-2

Gratuit : versions papier ou web.

La gestion des déchets radioactifs : le rôle des laboratoires souterrains (2001)

ISBN 92-64-28472-9

Gratuit : versions papier ou web.

Bon de commande au dos.

L'AEN remercie le Gouvernement du Japon pour avoir
facilité la production de ce rapport.

本報告書の作成に関し、日本政府の協力を謝意を表す。

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE