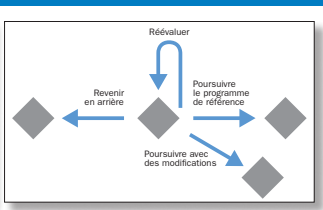


Réversibilité des décisions et récupérabilité des déchets radioactifs

Éléments de réflexion pour
les programmes nationaux
de stockage géologique



Réversibilité des décisions et récupérabilité des déchets radioactifs

**Éléments de réflexion pour les programmes
nationaux de stockage géologique**

© OCDE 2012
AEN n° 7105

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

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 34 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Israël, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

L'AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1er février 1958. Elle réunit actuellement 30 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, la Pologne, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne 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.

Publié en anglais sous le titre :

Reversibility of Decisions and Retrievalability of Radioactive Waste

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : www.oecd.org/editions/corrigenda.

© OCDE 2012

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.

Photo de couverture : Récupération d'un colis de DHA, programme ESDRED, Andra, France.

Avant-propos

La solution la plus communément adoptée en matière de gestion définitive des déchets radioactifs de haute activité consiste à placer ces déchets dans des centres de stockage en couche géologique profonde dont la sûreté ne devra pas être tributaire de la présence active de l'homme. Cette stratégie largement admise de concentration et de confinement des déchets permet, de fait, d'envisager leur récupération ultérieure. Dans quelle mesure le retrait ultérieur des déchets peut-il ou doit-il être facilité lors de la conception d'un centre de stockage et, le cas échéant, sur quelle échelle de temps ? Quand et comment revenir sur les décisions ? Toutes ces questions suscitent l'intérêt constant des pays membres de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN).

En 2007, le Comité de l'AEN de la gestion des déchets radioactifs (RWMC) a lancé un projet abordant ces sujets, qui a duré quatre ans. Le projet réversibilité et récupérabilité (R&R) avait pour but de mieux sensibiliser les parties concernées à l'étendue des questions et des positions relatives à ces concepts. L'objectif des études et des activités conduites dans le cadre de ce projet était de recenser les diverses pratiques en matière de réversibilité et de récupérabilité, plutôt que de recommander une approche spécifique, et d'ouvrir la voie à la réflexion plutôt que de tirer une conclusion en particulier. Quinze pays et deux organisations internationales ont participé aux réflexions du groupe de travail de l'AEN sur la réversibilité et la récupérabilité. Le projet a été marqué par plusieurs étapes importantes, avec la mise en place d'une étude recensant les positions des pays membres de l'AEN quant à la réversibilité et la récupérabilité, la constitution d'une bibliographie et la rédaction d'un dépliant pour faciliter les échanges avec les parties prenantes. Des discussions ont par ailleurs eu lieu au sein d'un groupe toujours plus important d'acteurs concernés par le sujet, et ont abouti à l'organisation d'un colloque international, qui s'est tenu à Reims en décembre 2010. Les documents relatifs à ce projet sont consultables sur www.oecd-nea.org/rwm/rr/.

Cette brochure s'appuie sur le résumé et les conclusions du rapport complet du projet R&R (publié parallèlement sur Internet). Elle livre les principaux résultats et les observations du groupe de travail sur la réversibilité et la récupérabilité, et présente brièvement les activités menées dans le cadre du projet. Elle comprend également une liste de publications de l'AEN en rapport avec ce sujet (dont les documents du projet R&R).

Table des matières

Introduction	7
Remarques sur la réversibilité	9
Remarques sur la récupérabilité	11
Principales activités menées dans le cadre du projet R&R	15
Conclusions du projet R&R	19
Pays et organisations internationales ayant participé au projet R&R	27
Pour en savoir plus	29

Introduction

L'intérêt pour la récupérabilité et la réversibilité du stockage géologique des déchets radioactifs de haute activité et du combustible nucléaire usé ne cesse de croître depuis la fin des années 1970. En 2008, le Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC, groupe international constitué d'experts de haut niveau issus des autorités de sûreté, de l'industrie, de la R-D et des organes de décision en matière de politiques publiques, originaires des pays membres de l'AEN) a déclaré que l'on « s'accorde sur la nécessité de définir clairement la signification et le rôle de la réversibilité et de la récupérabilité dans chaque pays, ainsi que sur le principe que les dispositions prises pour conserver ces possibilités ne doivent jamais compromettre la sûreté à long terme du stockage ».

Entre 2007 et 2011, le RWMC a mené un projet sur la réversibilité et la récupérabilité, avec pour but de donner un aperçu objectif des interrogations et points de vue relatifs à ces questions dans les pays membres de l'AEN. Cette initiative a mobilisé 15 pays, auxquels se sont joints l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission européenne, ainsi que d'autres groupes de travail du RWMC, à savoir le Forum sur la confiance des parties prenantes (FSC), le Groupe d'intégration pour le dossier de sûreté des dépôts de déchets radioactifs (IGSC) et le Forum des régulateurs du RWMC. Le projet a été jalonné par cinq réunions rassemblant une cinquantaine de personnes, et par un grand colloque international qui a réuni plus de 180 participants. Le projet R&R a tiré profit des contributions et des échanges entre les représentants des agences chargées de la mise en œuvre du stockage des déchets, des autorités de sûreté, des organes d'élaboration des politiques publiques et de la société civile dans son ensemble, dont des sociologues et des dirigeants politiques locaux.

Il est ressorti du projet que si la réversibilité et/ou la récupérabilité sont des aspects essentiels des décisions ou de la législation dans un nombre croissant de programmes nationaux, il existe de nombreuses manières d'aborder le sujet. En effet, chaque programme est unique, car il s'inscrit dans un contexte social, juridique et technique variable d'un pays à l'autre, et évolue également au fil du temps. Bien évidemment, il n'existe pas d'approche universelle pouvant s'appliquer à toutes les situations. Néanmoins, de nombreux programmes, si ce n'est tous, ont des caractéristiques et aspects communs. Par ailleurs, certaines observations sur la réversibilité et la récupérabilité s'agissant des centres de stockage en couche géologique profonde peuvent être également pertinentes en matière de stockage souterrain de sub-surface, et plus généralement en matière de prises de décision politique.

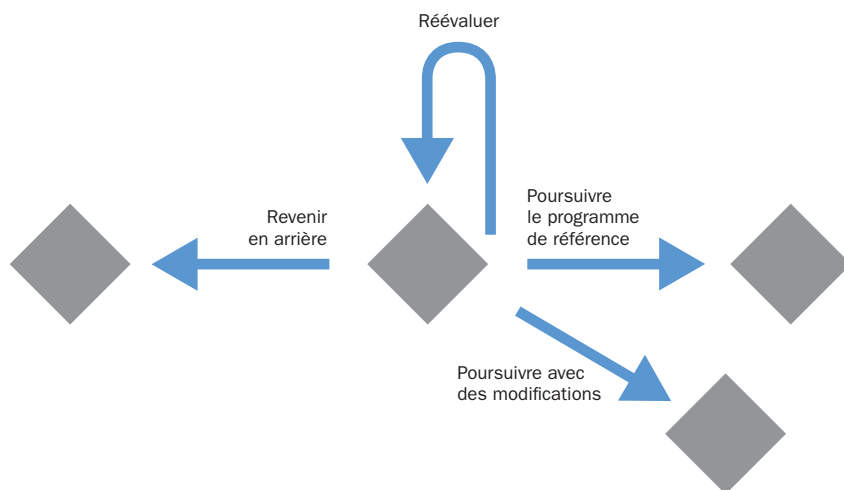
Terminologie

La terminologie revêt une importance capitale en matière de réversibilité, de récupérabilité et de concepts de stockage géologique. Par souci de clarté, les parties prenantes du projet ont défini des termes essentiels.

La **réversibilité** désigne la capacité à revenir sur des décisions prises lors de la mise en œuvre progressive d'un système de stockage, *indépendamment de l'exercice effectif de cette capacité*. Le **retour en arrière** est l'action concrète d'inverser ou modifier une décision, soit en changeant de direction, soit éventuellement en restaurant une situation antérieure. La réversibilité implique de prendre des dispositions afin de permettre le retour en arrière, le cas échéant.

La figure 1 illustre comment une décision donnée peut être réévaluée, et identifie les différentes options possibles, dont celle d'un retour en arrière.

Figure 1 : Réversibilité des décisions – options possibles liées à un jalon décisionnel, y compris un retour en arrière



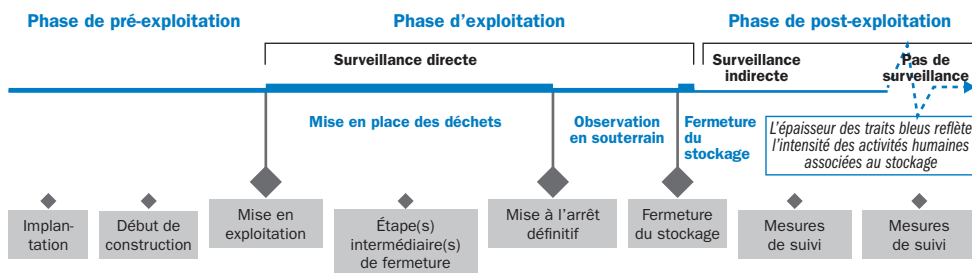
La **récupérabilité** désigne la capacité à récupérer des déchets seuls ou sous forme de colis après leur mise en place dans un stockage, *indépendamment de l'exercice effectif de cette capacité*. La **récupération** est l'action concrète de reprise des déchets. La récupérabilité implique de prendre des dispositions afin de permettre la récupération des déchets, le cas échéant.

Remarques sur la réversibilité


La réversibilité implique de prendre des dispositions afin de permettre le retour en arrière, le cas échéant. La réversibilité implique donc que le processus de mise en œuvre et les technologies soient suffisamment flexibles pour pouvoir, si nécessaire, à tout moment au cours du programme, inverser ou modifier, sans effort démesuré, une ou plusieurs décisions prises antérieurement.

La réversibilité suppose une volonté et une culture de remise en question des décisions antérieures. La réversibilité peut s'appliquer de manière optimale dans le cadre d'un processus de décision par étapes. Tout en garantissant à tout moment que les impératifs de sûreté sont respectés, ce principe doit également permettre des adaptations ou des changements de stratégie, en tenant compte des informations collectées au cours du processus de mise en œuvre. La figure 2 présente des exemples de quelques-unes des nombreuses décisions susceptibles d'être prises pendant le cycle de vie d'un centre de stockage en couche géologique.

Figure 2 : Phases du cycle de vie du stockage et exemples de décisions associées



Pour que les décisions prises lors des différentes étapes du processus par les autorités de réglementation et les pouvoirs publics soient crédibles, elles doivent être réversibles ou au moins être modifiables à la lumière de nouvelles informations, dans la mesure du possible. Pour ce faire, la réversibilité d'une décision planifiée devra probablement être étudiée à l'avance. La modification de toute décision est toujours de l'ordre de l'éventualité, même lorsqu'un décideur a clairement



l'intention de ne retenir qu'une seule option. Il faut donc choisir entre prévoir cette éventualité dans le cadre d'un processus de décision défini, parallèlement à l'anticipation des cas d'urgence, ou minimiser voire ignorer cette possibilité, ce qui, en cas de retour en arrière inattendu, pourrait engendrer une perte de confiance envers la capacité d'anticipation et la pertinence des dispositions prises dans les programmes. En outre, le fait que les pouvoirs publics reviennent sur des décisions de manière non concertée d'avance peut être perçu comme arbitraire et provoquer un sentiment de méfiance. En conséquence, la réversibilité doit s'inscrire dans un processus transparent et prédéfini.

Dans le cadre d'un processus de décision par étapes, le décideur identifie normalement des paliers, lors desquels des discussions devront avoir lieu pour décider de revenir ou non sur des décisions antérieures. L'option retenue devra être gardée en mémoire, et les critères de ce choix déterminés à l'avance. L'introduction du principe de réversibilité dans la gestion des déchets ne doit pas répondre à l'objectif, pour la société, de rendre un retour en arrière aisé. Le raisonnement devrait être tel que si l'on estime qu'il faut revenir en arrière, les efforts à mettre en œuvre pour le faire soient raisonnables. Dans le même ordre d'idées, pour les organismes responsables de la mise en œuvre du stockage, la réversibilité des décisions implique de prendre des dispositions afin de ne pas entraver inutilement la reprise des déchets.

Si la réversibilité permet en grande partie d'être flexible, elle favorise également la pérennisation d'un dialogue, d'une coordination et d'un processus décisionnel partagé. Cependant, il faut reconnaître que la flexibilité induite par la réversibilité décroît au fil du temps, ce qui doit être expliqué aux parties prenantes, dans un souci de transparence.

Remarques sur la récupérabilité

En principe, le stockage géologique des déchets, tel qu'il est actuellement imaginé dans tous les programmes nationaux, est toujours une technologie réversible. Longtemps après l'arrêt du contrôle institutionnel des installations, et au-delà de la période pendant laquelle l'intégrité des conteneurs de stockage peut être assurée, la récupération des déchets serait toujours possible, mais ferait appel à de gros efforts techniques, qui nécessiteraient beaucoup de détermination, de ressources financières et de technologie.

Le but des programmes nationaux intégrant expressément la récupérabilité dans le processus de mise en œuvre d'un stockage définitif n'est pas de rendre le retrait ultérieur des déchets simple ou sans contrepartie financière. L'objectif est simplement de garantir que la récupération des déchets est possible, en supposant qu'une société future sera à la fois capable et désireuse de récupérer ces déchets (après être arrivée à la conclusion que ce retrait était possible financièrement, par exemple). Ces programmes avancent trois raisons principales pour avoir expressément recours à la récupérabilité : a) cela manifeste une attitude d'humilité et d'ouverture d'esprit envers l'avenir ; b) cela fournit des garanties supplémentaires de sûreté ; et c) cela permet de répondre aux désirs du grand public de ne pas être prisonniers d'une situation irréversible.

À la date de publication aucun programme national ne s'appuie sur la récupérabilité après la fermeture d'un stockage pour des raisons fondamentales de sûreté (c'est-à-dire que la récupérabilité ne constitue pas un élément de base de la sûreté du stockage des déchets). À l'inverse, certains programmes nationaux envisagent l'introduction de mesures de récupérabilité pour des raisons de sûreté dans la phase opérationnelle avant fermeture du stockage. Dans ces programmes la réglementation n'impose pas de démontrer le retrait des déchets de façon explicite, mais exige uniquement que ceci soit possible en principe.

Pendant la phase d'exploitation d'un centre de stockage, la réversibilité et la récupérabilité traduisent l'application d'une démarche de précaution au stockage des déchets (c'est-à-dire qu'elles permettent de gérer l'incertitude qui règne autour de la pertinence des solutions de stockage). Au cours de chaque phase du cycle de vie du stockage, le retrait des déchets est facilité du fait de leur confinement (non-dispersion) et de leur conditionnement dans un volume restreint, caractéristique de tout concept de stockage géologique. Dans un avenir lointain, les déchets seront toujours récupérables, même si les coûts et les efforts nécessaires augmenteront au fil du temps. La récupérabilité est donc plus une question de degré d'effort à

consentir que de possibilité ou non de récupérer les déchets. Des dispositions peuvent être prises dès aujourd'hui afin de faciliter la récupérabilité dans une certaine mesure, et la R-D pourrait, à l'avenir, fournir des moyens d'améliorer la récupérabilité et de réduire le degré de difficulté de récupération des déchets.

Du point de vue technique, l'application de mesures de récupérabilité dépendra des caractéristiques de la formation-hôte, des concepts de barrière ouvragée et de la (ou des) phase(s) du cycle de vie du stockage pour laquelle (lesquelles) la récupérabilité est souhaitée. L'intégration du principe de récupérabilité dans un concept de stockage géologique implique une volonté de se demander si les caractéristiques des barrières ou des matériaux de construction envisagés n'entraveraient pas inutilement le retrait, si ce dernier était décidé (certains matériaux sont bien évidemment plus faciles à retirer que d'autres, etc.). En parallèle, toute option pouvant faciliter la récupération des déchets ne doit pas menacer l'intégrité des installations. Parmi les exemples de dispositifs favorisant la récupérabilité figurent des matrices de confinement et des conteneurs plus résistants, l'allongement de la période précédant la fermeture des galeries d'accès et du stockage, ainsi que des matériaux tampon et de remblayage plus faciles à retirer.

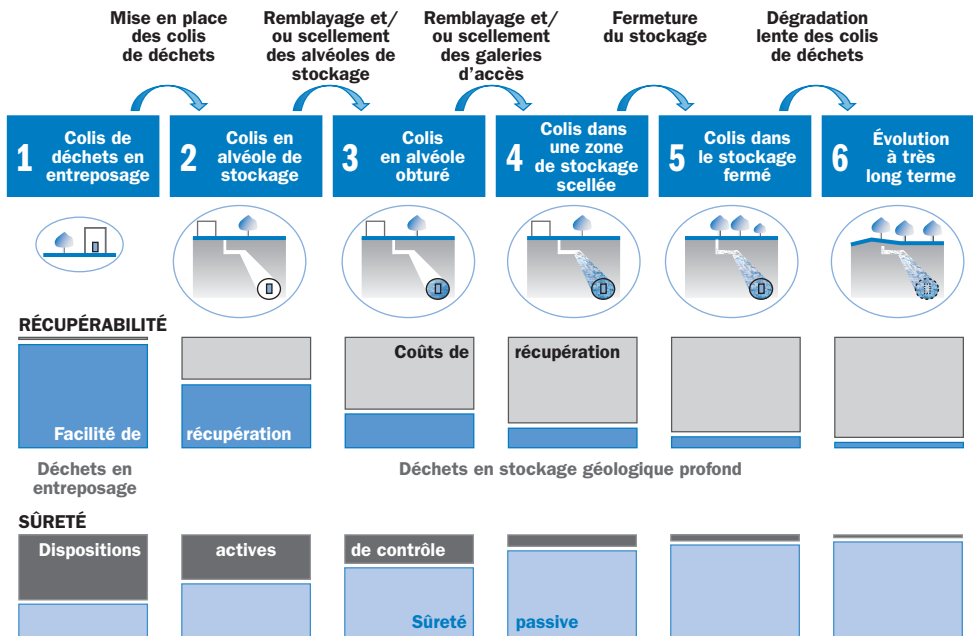
Bien que le dossier de sûreté à long terme ne doive pas s'appuyer sur des dispositions de surveillance institutionnelle post-exploitation (la sûreté des installations doit être démontrée par des dispositions passives), des mesures spécifiques de contrôle, comme la surveillance de l'environnement et la conservation d'une mémoire, peuvent néanmoins être décidées. Dans ce cas, ces dispositions contribueront peut-être par la suite à une prise de décision concernant le retrait des déchets dans la phase de post-exploitation du stockage, et à la liberté de choix des générations futures.

Dans le cadre du projet R&R, un mécanisme expliquant la relation entre la récupérabilité des déchets et les différentes phases d'évolution d'un stockage a été mis au point et testé dans un certain nombre de programmes nationaux. Cette « échelle de récupérabilité » donne une représentation graphique de la progression d'un stockage et montre l'évolution de la facilité de récupération des déchets, des éléments de sûreté passive et des éléments de contrôle actif (figure 3). Appliquée dans le cadre de certains programmes nationaux, cette échelle s'est révélée être un outil de communication efficace.

Lorsque l'on envisage d'intégrer la notion de récupérabilité dans un programme de stockage, il est évident que la récupération des déchets deviendra de plus en plus difficile à mesure que les installations de stockage prendront leur forme et leur fonction finales. En particulier, les considérations en matière de sûreté, ainsi que les obligations liées à la protection physique et aux garanties nucléaires internationales imposent des contraintes sur le degré d'intégration de la récupérabilité dans un programme de stockage. À partir d'un certain point, la récupération de nombreux colis de stockage serait une décision majeure. En effet, si elle était décidée dans les dernières phases d'un programme de stockage, la manutention des colis retirés pourrait exposer les employés du site

à un risque d'irradiation, et de nouvelles infrastructures devraient peut-être être construites pour accueillir et traiter ces déchets en toute sécurité. La récupération des déchets deviendrait une nouvelle activité réglementée, et nécessiterait les mêmes autorisations et examens rigoureux que pour permettre la mise en place des déchets dans le stockage. Des justifications et optimisations seraient en outre requises, comme pour toute autre activité impliquant un risque radiologique. Ces éléments doivent être portés à la connaissance des parties prenantes et pris en compte lors d'une prise de décision concernant des mesures de récupérabilité.

Figure 3 : Échelle internationale de récupérabilité : étapes du cycle de vie des déchets illustrant l'évolution du degré de récupérabilité, de sûreté passive et des dispositions actives de contrôle, et des coûts de récupération des déchets dans un stockage en couche géologique



1. Au cours de la phase d'exploitation, les différents colis présents dans l'installation n'en seront pas tous à la même étape du cycle de vie.
2. Les proportions exactes des rectangles peuvent varier selon la configuration du stockage.

Principales activités menées dans le cadre du projet R&R

Le projet R&R s'est articulé autour de deux appels à participation, avec l'envoi d'un questionnaire aux pays membres de l'AEN en 2008, au début du projet, et le colloque international de Reims en décembre 2010, organisé au terme du projet.

Une série de réunions a eu lieu entre ces deux activités, à l'occasion desquelles les membres du groupe de travail et des experts invités ont défini des termes et débattu sur des sujets variés en lien avec la réversibilité et la récupérabilité. Leurs conclusions sont reprises en détail dans le rapport complet du projet (NEA/RWM/R(2011)4), publié en décembre 2011. Une bibliographie a par ailleurs été mise au point. Parallèlement, comme cela a été décrit plus haut, le dépliant présentant l'« échelle internationale de récupérabilité », représentation graphique de l'évolution d'un centre de stockage, a été examiné et testé avec les parties prenantes de différents pays. Disponible en anglais et en français, il est en cours de traduction dans plusieurs langues. Tous les documents relatifs au projet (dont une synthèse des réponses apportées au questionnaire, ainsi que les actes du colloque de Reims à paraître en 2012) peuvent être téléchargés à l'adresse suivante : www.oecd-nea.org/rwm/rr/.

Le questionnaire sur la réversibilité et la récupérabilité

Les réponses apportées au questionnaire de 2007 ont révélé que la manière d'aborder la réversibilité et la récupérabilité varie beaucoup selon les législations et les réglementations nationales en vigueur. Ainsi, dans certains pays, ces principes sont inscrits dans la loi, alors qu'ils ne sont pas formellement mentionnés dans d'autres. Néanmoins, même dans les pays n'ayant pas inscrit la réversibilité et la récupérabilité dans leurs textes législatifs ou réglementaires, les autorités concernées reconnaissent généralement l'importance potentielle de ces notions. Certaines différences observées d'un pays à l'autre peuvent être dues à des différences techniques liées aux caractéristiques géologiques de la formation-hôte, ou à la conception des centres de stockage (ce qui a une influence, par exemple, sur la capacité à maintenir les galeries ouvertes sur de longues périodes après la mise en place des déchets dans le stockage). Par ailleurs, et ce point est peut-être plus important encore, ces variations reflètent les différences de contextes dans lesquels les centres de stockage ont été mis au point, ainsi que la particularité de leurs environnements sociaux, culturels et juridiques. Du fait de ces différences,


la diversité des approches en matière de réversibilité et de récupérabilité n'est pas surprenante. L'analyse des résultats du questionnaire et les discussions qui se sont ensuivies ont cependant révélé que les responsables politiques des programmes des différents pays s'accordent unanimement pour dire que les déchets ne doivent être stockés de manière définitive qu'une fois que des décisions à caractère politique ou réglementaire ont été prises, afin de garantir que :

- Les déchets sont bien considérés comme des déchets et non comme une ressource potentielle. Par définition, le « stockage » ne sous-entend pas l'intention de récupérer les déchets, contrairement à l'entreposage. Dans le cadre d'un programme de stockage, la récupération des déchets est tout au plus de l'ordre de l'éventualité, et la récupérabilité désigne la prévision de cette possibilité.
- La réglementation sur la protection des populations et de l'environnement est respectée. Cela signifie que les alvéoles de stockage dans leur configuration finale, ou un stockage fermé, doivent être certifiés comme étant sûrs, sans tenir compte du principe de récupérabilité. La capacité de récupération des déchets ne constitue pas un prétexte valable pour poursuivre un programme de stockage si la sûreté passive n'a pas été démontrée de manière convaincante.
- Les parties prenantes ont pris part au projet de manière appropriée.

Certains termes clés ne revêtent pas une signification identique dans tous les programmes. Il est donc recommandé de veiller à définir clairement ces termes dans la documentation relative aux programmes et à les utiliser rigoureusement. En particulier, la *capacité à récupérer* (récupérabilité) ne doit pas être confondue avec le *processus de récupération*. La section « Terminologie » du présent document clarifie ces termes.

Le colloque international de Reims

Le colloque international organisé dans le cadre du projet « Réversibilité et récupérabilité dans le stockage géologique de déchets radioactifs » (Reims, décembre 2010) a rassemblé, outre les responsables de la mise en œuvre des programmes de gestion des déchets, plus de 180 participants originaires de 14 pays, dont des responsables d'autorités de sûreté, d'organes d'élaboration des politiques publiques, des sociologues, des représentants de la société civile et d'associations de parties prenantes. La rencontre entre ces « groupes d'intérêts » divers et variés a grandement contribué à l'élaboration de points de vue sur des questions théoriques et pratiques. Cette conférence a permis de diffuser les travaux réalisés dans le cadre du projet en direction d'un public plus large et a favorisé de nouveaux accords au sein du groupe de travail sur la réversibilité et la récupérabilité. Le dialogue entre les différentes parties a permis plus particulièrement de mieux faire prendre conscience que la réversibilité ne consiste pas simplement à revenir sur des décisions en tant que telles mais plutôt à garantir un processus de décision continu et partagé.



Les discussions menées dans le cadre du colloque international de Reims ont également souligné l'importance de la prise en compte des sciences sociales dans la mise en œuvre d'un stockage, de la R-D et des processus de décision. Enfin, l'esprit du colloque s'est résumé dans la remarque suivante : « R&R ne constituent pas une destination, mais un chemin à parcourir ensemble ».

Tout comme le questionnaire initial, le colloque de Reims a mis en lumière les différences de terminologie entre les programmes et les groupes d'intérêts. Il a démontré une fois encore qu'il est important de distinguer clairement les concepts de réversibilité, de récupérabilité et de récupération des déchets, et de mettre au point une définition commune de ces notions.

Conclusions du projet R&R

La solution la plus communément adoptée en matière de gestion définitive des déchets radioactifs de haute activité consiste à placer ces déchets dans des centres de stockage en couche géologique conçus pour résister à de très nombreux types d'aléas et empêcher la libération des radionucléides qu'ils renferment dans des quantités qui seraient délétères pour les populations et la biosphère. Le choix final d'un centre de stockage s'appuie sur le fait qu'en théorie, aucune surveillance ou intervention n'est nécessaire afin de garantir la protection des populations et de l'environnement sur le long terme.

La mise en œuvre d'un projet de stockage est de plus en plus perçue comme un processus par étapes susceptible de se dérouler sur plusieurs décennies avant d'arriver à son terme. Outre le concept initial de protection passive des générations futures, cette perception évolutive suppose également l'implication des générations à venir dans le processus de décision et un besoin de préserver autant que possible leur capacité à faire un choix. En conséquence, la réversibilité des décisions et la récupérabilité des déchets prennent le devant de la scène dans nos pays comme des concepts qu'il est important d'examiner et d'affiner. Le principe de donner aux générations futures la possibilité d'exercer leur choix, largement évoqué dans la littérature, peut être interprété comme visant un passage progressif, et non soudain, d'un contrôle actif à une sûreté passive. En pratique, la réversibilité et la récupérabilité accréditent le fait que les préférences et les intentions peuvent changer, et que des erreurs peuvent survenir lors de la mise en œuvre du stockage. La récupérabilité et la réversibilité peuvent ainsi contribuer à une levée réfléchie des contrôles.

Le principe de rassembler et de confiner les déchets radioactifs dans un stockage définitif permet, de fait, de récupérer ces déchets sur de très longues périodes, pouvant s'étendre sur plusieurs milliers d'années, bien que cela suppose des efforts et des coûts importants. Le fait de prendre en compte, dans la conception du stockage, des mesures favorisant un retrait potentiel des déchets (et qui améliorent donc la récupérabilité) n'a pas pour objectif de démontrer la sûreté à long terme. Ces dispositions ne sous-entendent pas non plus une intention claire de récupérer les déchets à l'avenir. Le but est simplement d'éviter de compliquer inutilement un retrait potentiel si une société future venait à décider de récupérer les déchets pour une quelconque raison.

Telle qu'elle est décrite dans le projet R&R, la réversibilité désigne la capacité à modifier ou à revenir sur des décisions prises au cours de la mise en œuvre progressive d'un système de stockage. La réversibilité influe sur tout le processus de développement d'un centre de stockage, depuis sa conception jusqu'à sa fermeture, c'est-à-dire jusqu'au moment où l'absence de toute nécessité de récupérer les déchets est confirmée par l'autorisation accordée par l'autorité de sûreté de fermer tous les accès au stockage. La réversibilité peut être perçue comme un moyen d'introduire de la flexibilité pendant la mise en place du stockage et avant sa fermeture. Cependant, une approche réversible ne doit pas s'interpréter comme un manque de confiance dans la sûreté finale du stockage. Elle devrait plutôt être considérée comme un moyen d'utiliser les options disponibles et les possibilités de conception de manière optimale au cours de l'évolution du programme. La réversibilité des décisions peut également contribuer à la crédibilité du processus décisionnel et peut même, dans certains cas, être une condition préalable à la validation de ces décisions. Cependant, le retour en arrière ne doit pas être décidé de manière précipitée et devrait toujours s'inscrire dans un processus réfléchi et transparent.

Une raison importante expliquant la difficulté de débattre de la réversibilité et de la récupérabilité aux niveaux national et international réside dans le fait que les termes et concepts fondamentaux liés à ce domaine, tels que la notion de « stockage », sont interprétés différemment par les parties prenantes et/ou ne sont pas utilisés de manière uniforme dans tous les pays. Dès le lancement d'un programme, il est essentiel de définir clairement ce que l'on considère comme des déchets, pour lesquels aucune reprise n'est envisagée, à la différence des ressources potentielles, qui doivent être entreposées en prévision d'une réutilisation future. Par souci de clarté, il est important de définir un « centre de stockage » comme étant une installation finale et son contenu comme étant des déchets. Dans les cas où la notion de récupérabilité n'est pas retenue pour des raisons politiques ou en l'absence de finalité claire, ce principe peut toujours être considéré comme nécessaire par certains, dans la mesure où un centre de stockage peut être perçu avant sa fermeture comme un dispositif hybride, à mi-chemin entre une installation d'entreposage et une installation de stockage définitif.

Questions d'ordre social

La prise de décision et les processus décisionnels font appel à des domaines d'études et de compétences très éloignés des disciplines scientifiques et d'ingénierie qui, à une époque, semblaient dominer les débats autour du stockage des déchets. Il est de plus en plus évident que les sciences sociales doivent également entrer en ligne de compte dans les processus décisionnels qui entourent ces projets complexes.

Parce qu'ils touchent à la liberté de choix et sa relation avec la sûreté, les concepts de réversibilité et de récupérabilité mélangent des aspects à la fois sociétaux et techniques, et sont généralement au cœur du débat sur le « stockage » lorsque, outre le public averti, le grand public et la société dans son ensemble

sont concernés. Ceci explique l'intérêt constant pour ces sujets. Les pressions sociales en faveur de la réversibilité et de la récupérabilité existent plus pour éviter de prendre des mesures irréversibles et maintenir un processus de décision participatif, que pour demander simplement que la récupération des déchets soit facilitée. Outre la capacité d'avoir accès à des matières qui pourraient avoir de la valeur à l'avenir et la capacité de continuer à surveiller directement les conditions à l'intérieur du stockage, ces pressions pourraient, dans certains cas, être liées à une méconnaissance (ou à un manque de maturité) de la technologie de stockage. Ces pressions pourraient aussi être liées au fait que les populations sont mal à l'aise vis-à-vis du concept de sûreté passive, qui n'implique aucun moyen de surveillance ou de contrôle actif, et qu'elles pourraient également vouloir éviter de prendre dès aujourd'hui des décisions susceptibles d'exclure des actions différentes à l'avenir. Certaines de ces tendances devraient s'atténuer ou évoluer au fil du temps à mesure que la familiarité et la confiance envers un programme s'amélioreront. L'allongement de la période de surveillance du stockage pourrait mieux faire accepter le principe de sûreté passive ou intrinsèque. Dans ce contexte, l'intégration de mesures de réversibilité et de récupérabilité dans un programme national peut être vue comme un moyen de minimiser le risque qu'un projet de stockage n'aille pas à son terme et que les déchets soient laissés dans un état insoutenable sur le long terme.

La mise en œuvre d'une politique de réversibilité et de récupérabilité permettant aux générations futures d'avoir toutes les options à leur disposition soulève deux questions : « comment préserver ces options ? » et « pendant combien de temps est-il raisonnable et souhaitable de les préserver ? ». Les réponses à ces interrogations dépendent de facteurs techniques, politiques et sociaux, et varient donc selon les pays. Les arbitrages susceptibles de devoir être rendus peuvent par exemple se situer entre :

- Une meilleure acceptation et un moindre risque d'échec du projet dû à sa mauvaise acceptation, d'une part, et des retards, des coûts importants et le risque que le stockage soit perçu comme inadapté en raison de l'argument de récupérabilité, d'autre part.
- La capacité à réparer des erreurs opérationnelles, d'une part, et les possibles effets sur la sûreté et les coûts supérieurs engendrés par le report de la fermeture ou du remblayage du stockage, d'autre part.
- La capacité à changer de stratégie s'il y a lieu, d'une part, et le besoin accru de jouer un rôle actif dans le contrôle continu du processus, d'autre part.
- Le coût supérieur que représenterait la mise au point de conteneurs de stockage et d'infrastructures souterraines plus résistants, d'une part, et les bénéfices en termes de sûreté et de récupérabilité, d'autre part.
- Des sommes plus importantes investies dans la R-D pour favoriser la récupérabilité et le risque d'une perception accrue de problèmes, d'une part, et les bénéfices engendrés par une meilleure connaissance du sujet, d'autre part.

- La difficulté plus importante d'assurer les garanties nucléaires, d'une part, et les bénéfices apportés par la récupérabilité, d'autre part.
- La capacité à accéder à des matières ayant potentiellement de la valeur à l'avenir, d'une part, et le besoin de garantir la sûreté des installations sans le poids que représente la surveillance directe, d'autre part.

Outre des facteurs technologiques tels que la nature des matières à stocker (combustible nucléaire usé renfermant des ressources énergétiques connues, ou déchets de haute activité) et la géologie du site (qui a une influence aussi bien sur la probabilité et l'impact d'une migration de substances radioactives vers l'environnement alentour, que sur la facilité de récupération des déchets), des facteurs sociétaux ont également une influence majeure sur la prise de décision (comme par exemple la valeur relative attribuée à la liberté de choix ou à l'assurance de sûreté, et le degré d'optimisme envers les futures avancées technologiques). On peut raisonnablement s'attendre à ce que les points d'équilibre entre ces divers facteurs diffèrent selon les pays, et même d'une époque à une autre dans un pays donné. La diversité des approches en matière de réversibilité et de récupérabilité n'est donc pas surprenante.

Questions techniques et de sûreté

S'agissant des aspects techniques de la récupérabilité, aucun programme national ne fait de ce principe un élément nécessaire à la sûreté du stockage des déchets, que ce soit avant ou après la fermeture du stockage. Les pays ayant intégré le principe de récupérabilité dans leurs programmes mentionnent trois raisons principales : a) cela manifeste une attitude d'humilité et d'ouverture d'esprit envers l'avenir ; b) cela fournit des garanties supplémentaires de sûreté ; et c) cela permet de répondre aux désirs du grand public de ne pas être prisonniers d'une situation irréversible à partir du moment où les déchets sont mis en place dans le stockage. En conséquence, la réglementation n'impose pas à ces programmes de démontrer par des essais qu'il est possible de récupérer les déchets. Elle requiert tout au plus qu'il soit argumenté que le retrait pourrait avoir lieu. Cependant, en dehors du cadre réglementaire, les programmes nationaux tendent à confirmer expérimentalement que le retrait de conteneurs de déchets placés dans un centre de stockage est effectivement possible, puisque ces essais contribuent à la crédibilité de l'engagement à assurer la récupérabilité. Des tests ont été préparés et se sont déroulés avec succès, et la R-D poursuit son travail dans plusieurs pays.

Il existe des moyens d'améliorer la capacité à récupérer les déchets, en mettant notamment au point des conteneurs et des matrices de confinement plus résistants, ou en décidant d'allonger les périodes de surveillance précédant le remblayage ou bien le scellement des galeries d'accès ou du stockage dans son intégralité. Il faut cependant tenir compte d'un équilibre délicat : l'amélioration de la récupérabilité peut-elle ou non menacer la sûreté et/ou menacer le maintien de la capacité à garantir la protection physique des matières nucléaires, aussi bien

pour des situations présentes qu'à venir ? La dimension financière entre également en ligne de compte, car des conteneurs plus résistants sont potentiellement plus chers, et le fait de maintenir des installations ouvertes, ou d'avoir des garanties et des mesures de protection physiques plus solides, engendre également des coûts supplémentaires. On peut penser d'autre part que le fait de mieux être en mesure de récupérer les déchets constitue une assurance supplémentaire d'arriver à une configuration finale sûre du stockage, puisqu'il est possible d'intervenir pour corriger des problèmes lors de la phase d'exploitation. De même, au cours de la phase de post-exploitation, les déchets peuvent être atteints de manière plus sûre en cas de besoin, ou s'il était décidé de les retirer du stockage pour des raisons autres que la sûreté.

Il n'est dans l'intérêt de personne d'utiliser les mesures de récupérabilité comme un prétexte pour mettre en œuvre un programme insuffisamment abouti. Il faut comprendre que toute décision de reprise des déchets, même après une fermeture partielle du stockage, serait une entreprise majeure. En effet, la récupération des déchets serait coûteuse et créerait des risques de sûreté. De plus, le coût d'une telle opération devrait augmenter progressivement à mesure que le système de stockage progresse vers sa configuration finale. Si les normes futures sont semblables à celles d'aujourd'hui, ce que nous devons envisager pour notre prise de décision actuelle, le retrait des déchets serait alors une activité réglementée. Avant de délivrer une autorisation de retrait des déchets d'un stockage, un organe de réglementation exigerait que des infrastructures existent pour accueillir et prendre en charge les déchets en toute sécurité. Les programmes nationaux ayant intégré la récupérabilité dans leurs caractéristiques n'ont pas pour objectif de rendre le retrait futur des déchets facile ou sans contrepartie financière, mais simplement de garantir que la récupération est possible (en ne la rendant pas inutilement difficile), en imaginant une société future à la fois désireuse et capable de mener cette entreprise à bien.

Si la récupérabilité est considérée comme une condition indispensable à la mise en œuvre du programme de stockage, l'autorisation du stockage doit comprendre des conditions de récupérabilité susceptibles de s'appliquer pendant des périodes précises (lors de la phase de mise en place des déchets, ou jusqu'à la fermeture du stockage, par exemple). La récupération éventuelle de colis de déchets isolés, pour des raisons opérationnelles, lors de la phase de leur mise en place est souvent considérée comme une bonne pratique, et serait financée dans le cadre du programme de base. En revanche, la récupération de tout ou partie des colis pour d'autres raisons est généralement perçue comme une nouvelle activité, nécessitant une nouvelle autorisation, et serait financée uniquement lors de sa décision.

Au cours de la phase d'exploitation, des parties du centre de stockage peuvent être remblayées et scellées tandis que d'autres parties demeurent ouvertes. Concernant ces parties ouvertes, l'analyse de sûreté opérationnelle peut dépendre de la récupérabilité, afin par exemple de permettre la correction de problèmes survenant lors de la mise en œuvre du stockage. Cependant, le dossier de sûreté des zones du stockage fermées doit être autonome, tout comme celui concernant la phase de post-exploitation, c'est-à-dire que la sûreté ne doit pas reposer sur la

récupérabilité. En pratique, lors de la mise en place des déchets, à moins que de graves problèmes ne surviennent en lien avec le concept de stockage ou sa mise en œuvre, les retraits devraient être rares et ne concerner qu'un petit nombre de conteneurs (voire aucun), et ne devraient avoir lieu que pour des raisons opérationnelles. La probabilité qu'un retrait intervienne après la fin de la mise en place des déchets devrait être encore plus faible.

Bien que l'analyse de sûreté à long terme doive pouvoir être indépendante de telles dispositions, des mesures de surveillance post-opérationnelle spécifiques, telles qu'un contrôle, un archivage et la conservation d'une mémoire, peuvent néanmoins être décidées. Dans ce cas, ces mesures pourraient contribuer par la suite au processus décisionnel relatif au retrait des déchets dans la phase post-opérationnelle, et à la liberté de choix offerte aux générations futures.

Remarques d'ordre général

Le projet R&R de l'AEN a permis d'aborder et d'approfondir de nombreuses questions en lien avec la réversibilité et la récupérabilité, mais on ne peut affirmer qu'il met un point final à ce sujet. En effet, il est évident que ces questions vont continuer d'évoluer au terme de ce projet. S'il peut être risqué de spéculer sur l'issue des débats futurs, l'examen des thèmes abordés lors des réunions des groupes de travail et du colloque international de Reims en 2010 fait émerger un certain nombre de possibilités, à savoir : l'évaluation constante des processus de décision et l'évolution vers des débats plus concrets sur ce sujet, avec l'aide d'experts dans des domaines tels que les sciences politiques et les sciences de la décision ; une approche plus concrète en termes de coûts, avec des apports des sciences économiques (comme la théorie des options réelles, par exemple) ; une plus grande implication des organes de réglementation et des décideurs ; une participation plus directe des parties prenantes de la société civile dans les discussions ; une prise en compte plus importante de la relation entre la récupérabilité et les tendances « vertes » observées dans la société (processus décisionnel participatif, attention croissante au caractère renouvelable et au recyclage des ressources) ; des études sur les cultures de management et de gouvernance appliquées aux programmes de stockage ; des études visant à déterminer dans quelle mesure la réversibilité et la récupérabilité se rattachent à l'optimisation des systèmes de stockage et à l'évolution des centres de stockage ; et de nouvelles études sur les relations entre la récupérabilité et les exigences en matière de garanties et de protection physique des matières nucléaires.

À l'heure actuelle, l'opinion majoritaire considère que la réversibilité des décisions et la récupérabilité des déchets peuvent être bénéfiques à tout type de programme de stockage en couche géologique, à condition de reconnaître les limites de ces concepts. Du point de vue technique, de nombreux programmes estiment que la flexibilité est une approche de gestion indéniable dans la mise en œuvre d'un stockage, et constitue une manière d'optimiser ce processus. La réversibilité est en grande partie responsable de cette flexibilité.

Au cours du projet R&R de l'AEN, il est devenu de plus en plus évident que sur le long terme, un centre de stockage en couche géologique, conçu pour accueillir des déchets de haute activité ou du combustible usé, pourrait prendre une forme très différente de ce qui avait été imaginé initialement, si l'on tient compte des changements susceptibles d'intervenir pour diverses raisons lors de sa mise en œuvre. La recherche et le questionnement en la matière doivent être constants, et il faudra s'adapter aux nouvelles connaissances qui en découleront. Dans une certaine mesure, les décisions intermédiaires doivent être réversibles ou modifiables pour être crédibles. Dans ce contexte, l'attitude à adopter repose sur un processus par étapes, constitué de découvertes, d'expérimentations, d'interrogations, et d'une mise en œuvre suivie de nouvelles interrogations. La réversibilité est une caractéristique intrinsèque de ce processus. La récupérabilité constitue quant à elle un moyen technique permettant d'appliquer le principe de réversibilité.

La réversibilité et la récupérabilité sont des instruments pouvant s'inscrire dans une approche responsable de la mise au point d'un stockage, et peuvent aider à atteindre les objectifs finaux de sûreté au travers d'un processus réfléchi et coordonné. Du point de vue de la conception technique, ces instruments peuvent aider à atteindre la configuration ultime du stockage des déchets, bien que la possibilité d'un retour en arrière ne constitue pas une garantie de sûreté à long terme. Si l'on se place au niveau du projet lui-même, la réversibilité peut s'apparenter à une approche prudente de vérification de certaines caractéristiques de conception spécifiques, afin que ces dernières n'affectent pas ou n'empêchent pas inutilement des options de retour en arrière. Du point de vue politique, la réversibilité peut s'associer à une culture de prise de décisions par étapes, en exigeant que la validation ou l'annulation de décisions majeures soient débattues avant de passer à l'étape suivante. Outre le fait qu'elle est réclamée par des parties intéressées dans certains programmes, la réversibilité offre également des possibilités de coordination et de co-décision entre ces parties. En effet, une série de décisions confirmant à chaque étape du cycle de vie du stockage qu'il n'y a aucune raison de revenir en arrière pourrait faciliter le choix de progresser dans le stockage, pour finalement fermer les installations.

Les centres de stockage en couche géologique sont conçus et autorisés en fonction d'une sûreté à long terme ne nécessitant pas la présence active de l'homme. Le retour en arrière et la récupération des déchets ne font pas partie des objectifs d'un stockage. Cependant, la réversibilité et la récupérabilité sont des caractéristiques des processus de décision et de conception qui peuvent faciliter la mise en place d'un stockage en couche géologique à la fois sûr et accepté de tous. Au vu de la littérature consacrée à la réversibilité et à la récupérabilité et de la manière dont ces concepts sont analysés et reliés aux programmes nationaux de gestion des déchets, les pays concernés doivent se positionner sur cette question.



Pays et organisations internationales ayant participé au projet R&R

- Allemagne
- Autriche
- Belgique
- Canada
- Espagne
- États-Unis
- Finlande
- France
- Hongrie
- Japon
- République de Corée
- République tchèque
- Royaume-Uni
- Suède
- Suisse
- Agence internationale de l'énergie atomique
- Commission européenne

Pour en savoir plus

La prise de décision par étapes dans la gestion à long terme des déchets radioactifs : Expérience, résultats et principes directeurs, OCDE/AEN, Paris, 2004.

Progresser sur la voie du stockage géologique des déchets radioactifs : Déclaration collective du Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC) de l'AEN, OCDE/AEN, Paris, 2008.

La réversibilité et la récupérabilité dans la gestion des déchets radioactifs : Une réflexion à l'échelle internationale, OCDE/AEN, Paris, 2001.

Reversibility and Retrievability in Planning for Geological Disposal of Radioactive Waste. Proceedings of the « R&R » International Conference and Dialogue held from 14 to 17 December 2010 in Reims, France, OCDE/AEN, Paris (à paraître).

« *Projet du RWMC sur la reprise des déchets et la réversibilité des installations (R&R)* », www.oecd-nea.org/rwm/rr/ (site Internet contenant une description du projet et des liens vers le projet lui-même et des documents connexes).

« *Reversibility and Retrievability (R&R) for the Deep Disposal of High-level Radioactive Waste and Spent Fuel* » NEA/RWM/R(2011)4, Paris 2011 (rapport complet).

« *Selected International Bibliography on Reversibility and Retrievability to Support the Current NEA Project* », NEA/RWM(2010)11/REV, Paris, 2011.

Publications et informations à l'AEN

Ouvrages imprimés

L'AEN publie une large sélection de rapports sur support papier, gratuits et payants. Le catalogue des publications est disponible en ligne à www.oecd-nea.org/pub.

Site internet et produits électroniques de l'AEN

Outre une présentation de l'Agence et de son programme de travail, le **site internet de l'AEN** propose des centaines de rapports téléchargeables gratuitement sur des questions techniques ou de politique.

Il est possible de s'abonner gratuitement (www.oecd-nea.org/bulletin) à un **bulletin électronique mensuel** présentant les derniers résultats, événements et publications de l'AEN.

Consultez notre page **Facebook** sur www.facebook.com/OECDNuclearEnergyAgency.

Les Éditions de l'OCDE/AEN, 2 rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
ISBN 978-92-64-99170-5