

# **Réglementation de la sûreté à long terme du stockage géologique**

**Vers une compréhension commune des objectifs principaux  
et des fondements des critères de sûreté**

© OECD 2008  
NEA No. 6175

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 30 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, la Corée, 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, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions de l'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 1<sup>er</sup> 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 28 pays membres de l'OCDE : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe également à ses travaux.

La mission de l'AEN est :

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

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

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

© OCDE 2008

Toute reproduction, copie, transmission ou traduction de cette publication doit faire l'objet d'une autorisation écrite. Les demandes doivent être adressées aux Éditions de l'OCDE [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org) ou par fax (+33-1) 45 24 99 30. Les demandes d'autorisation de photocopie partielle doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France, fax (+33-1) 46 34 67 19, ([contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com)) ou (pour les États-Unis exclusivement) au Copyright Clearance Center (CCC), 222 Rosewood Drive Danvers, MA 01923, USA, fax +1 978 646 8600, [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com).

*Photo couverture : NEI, États-Unis.*

## AVANT-PROPOS

Le projet LTSC (*Long-term Safety Criteria*) a été initié en 2004 par le Forum des régulateurs du Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC-RF) de l'AEN dans le but d'examiner les critères utilisés dans les pays membres pour réglementer le stockage final des déchets radioactifs de haute activité à vie longue. Cette étude a fait l'objet de plusieurs réunions du groupe de travail, de sessions thématiques au cours des réunions du RWMC et d'un colloque organisé à Paris en novembre 2006. Lors de ces réunions, les participants, les orateurs et les auteurs ont abordé un grand nombre de questions relatives à la définition de critères à long terme et à l'évaluation du respect de ces critères. D'autres comités de l'AEN – et notamment le Comité sur les activités nucléaires réglementaires (CANR), le Comité de protection radiologique et de santé publique (CRPPH) et le Comité du droit nucléaire (CDN) – ont également eu l'opportunité de commenter ces travaux. L'étude n'a pas eu pour but de tenter d'harmoniser les différents critères réglementaires, mais postule qu'il est important de comprendre les origines et les fondements de ces différences.

Le présent rapport résume les travaux du projet LTSC à la fin 2006. Il vise à faire émerger une compréhension commune des objectifs et des questions relatifs aux critères réglementaires à long terme applicables au stockage des déchets radioactifs. Les auteurs espèrent qu'il mènera à une communication plus claire et à une meilleure compréhension des critères réglementaires par le public, et qu'il fournira des orientations importantes et utiles pour les programmes nationaux cherchant à développer ou à perfectionner ces critères.

## Remerciements

Le Comité de la gestion des déchets radioactifs remercie les collègues régulateurs D. Bennett (Royaume-Uni), M. Federline (États-Unis), C.-M. Larsson (Suède), C. Ruíz (Espagne) ainsi que les consultants A. Duncan et R. Ferch, et C. Pescatore du Secrétariat pour leurs contributions importantes au projet et à la rédaction du rapport.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>Avant-propos</b> .....	3
<b>Synthèse</b> .....	7
<b>Introduction</b> .....	9
<b>Contexte et présentation générale du projet</b> .....	11
Stockage final en formations géologiques .....	11
Définition des critères réglementaires .....	11
Initiatives de l’AEN concernant les critères réglementaires et le long terme .....	12
Évolution des critères réglementaires .....	14
<b>Interaction entre les questions de politique générale et la réglementation technique</b> .....	15
Définition du régulateur .....	15
Sélection et évolution des critères réglementaires .....	16
<b>Questions fondamentales relatives au processus décisionnel réglementaire pour la sûreté à long terme du stockage final</b> .....	19
Obligations vis-à-vis des générations futures : considérations éthiques, techniques et pratiques .....	19
Critères s’appliquant aux très longues échelles de temps .....	21
<b>Conclusions</b> .....	25
<b>Annexes</b>	
1. L’infrastructure réglementaire dans les pays membres de l’AEN .....	29
2. Critères nationaux de doses et de risques pour le stockage final des déchets à vie longue dans différents pays .....	39
3. Analyse des différences entre les critères de radioprotection .....	47
4. Analyse du rôle de la réglementation .....	53
5. Analyse de la définition des concepts de sûreté et de protection .....	57
6. Instauration d’un climat de confiance : analyse .....	61
7. Analyse des aspects éthiques .....	65
8. Problèmes de mise en œuvre associés aux échelles de temps .....	71
9. Synthèse des points de vue exprimés au cours du colloque de novembre 2006 .....	79
<b>Références</b> .....	87



## SYNTHÈSE

Le groupe de travail LTSC (*Long-Term Safety Criteria*) créé par le Forum des régulateurs du Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC-RF) de l'AEN a relevé des différences non négligeables entre les critères de radioprotection utilisés dans plusieurs pays membres de l'AEN, les valeurs numériques de référence pouvant varier jusqu'à deux ordres de grandeur. Étant donné que les critères quantitatifs utilisés dans tous les pays sont bien en deçà des niveaux auxquels l'exposition radiologique peut avoir des effets réels observables, soit directement soit statistiquement, ces écarts ne se traduisent pas par une différence significative au niveau des impacts radiologiques qu'ils pourraient autoriser, et rien ne permet de penser que les critères en vigueur dans l'un quelconque des pays de l'AEN sont de quelque manière que ce soit inadéquats du point de vue de la sûreté radiologique, ou que les conclusions de *l'Opinion collective de 1995 du RWMC* sur le stockage géologique doivent être remises en question.

Les différences entre critères ne se limitent pas seulement aux valeurs retenues, mais concernent également les durées pendant lesquelles ces critères sont censés s'appliquer et la façon dont ils sont appliqués. En fait, ces différences semblent refléter des différences dans les attentes concernant le niveau de confiance souhaité en matière de sûreté, dans les appréciations du public vis-à-vis de la détermination et de l'interprétation des objectifs, critères et marges de sûreté, et dans les approches suivies pour démontrer la conformité réglementaire à très long terme.

Le groupe de travail a mis aussi en évidence que non seulement les critères de radioprotection et les méthodes de démonstration du respect des critères diffèrent d'un pays à un autre, mais que les fondements sur lesquels les critères sont définis sont eux aussi très variables. Pour approfondir les raisons de ces divergences, le groupe s'est intéressé en suite à un certain nombre de problèmes sous-jacents dont la signification du terme « sûreté » et l'absence d'une définition commune, le défi que représente la communication de la portée des critères réglementaires au grand public, ainsi que les moyens permettant de garantir l'équité vis-à-vis des générations futures.

Le groupe de travail observe que les dispositions réglementaires et les prises de décision ne sont pas seulement fondées sur des arguments techniques. Elles doivent également prendre en compte les attentes de la société civile, l'expérience internationale, les considérations éthiques et les contraintes des exploitants. Les structures et les processus décisionnels sont très différents d'un pays à l'autre. Il en est de même des systèmes et processus réglementaires. Compte tenu des éléments précédents et des différences observées entre pays dans les attentes du public en matière de sûreté, de protection et de questions éthiques, il n'est pas étonnant de trouver une certaine variabilité des critères retenus dans la réglementation et dans le processus décisionnel.

Les réflexions menées jusqu'à ce jour permettent de conclure que la diversité des critères s'explique essentiellement par des différences sociétales. Les écarts quantitatifs n'ont pas une portée significative au niveau des impacts radiologiques qu'ils pourraient autoriser. De plus, on doit considérer que les doses et risques calculés pour vérifier la conformité à ces critères ne sont en fait que des indicateurs de performance et le respect d'exigences de protection complémentaires, telles que l'optimisation et l'application des « meilleures techniques disponibles n'entraînant pas de coûts excessifs », est tout aussi important. Ces réflexions ont également permis d'identifier de nombreux axes de développement

ultérieurs : il est nécessaire d'examiner de manière approfondie les fondements éthiques de la réglementation, d'améliorer les modalités de participation du public aux projets de longue durée caractérisés par un processus décisionnel par étapes ainsi que de mieux comprendre les objectifs de sûreté fondamentaux sous-tendant les critères actuellement utilisés. Une étude plus approfondie de ces questions permettrait d'expliquer les choix des critères, d'illustrer le fait que le processus d'évaluation de la sûreté lui-même est plus important que le niveau de performance calculé en matière de protection radiologique et que ce processus peut jouer un rôle essentiel dans le cadre normal du développement de politiques, objectifs, réglementations et guides au niveau national.



## INTRODUCTION

Le RWMC considère que, même s'il peut ne pas être nécessaire ou souhaitable d'harmoniser les différents critères réglementaires, il est important de comprendre leurs origines et leurs fondements. Les travaux effectués dans le cadre du projet LTSC visent à atteindre cet objectif. Une compréhension commune permettra de rendre plus utiles et plus pertinentes les comparaisons des approches réglementaires, que ce soit au cours des réunions d'examen de la Convention commune de l'AIEA ou ailleurs. Les débats menant à une compréhension commune devraient également contribuer à une communication plus claire des critères réglementaires et à en faciliter la compréhension par le public, ainsi qu'à fournir des orientations importantes pour les programmes nationaux dont le développement ou le perfectionnement de ces critères est en cours.

Le présent document donne des informations générales sur les problèmes identifiés par le projet LTSC et intègre les conclusions des débats du dernier colloque LTSC organisé à la fin de l'année 2006. Il constitue ainsi un rapport d'étape sur le projet LTSC puisqu'il contient non seulement les résultats des investigations propres au groupe mais prend aussi en compte les commentaires transmis par des membres du RWMC et par des intervenants extérieurs, une revue de la littérature existante ainsi que les discussions approfondies lors de sessions thématiques et du colloque de fin 2006. Il est souhaité que ce document serve à la fois de point de référence sur les avancées réalisées à ce jour et de point de départ en vue d'échanges complémentaires.

La section suivante fait le bilan des activités du groupe de travail LTSC et les place dans le contexte international depuis le colloque de l'AEN organisé à Cordoue en 1997 [1]. Le reste du rapport s'intéresse à deux grandes questions :

- L'interaction entre les questions de politique générale et la réglementation technique.
- Les aspects fondamentaux du processus décisionnel relatif à la réglementation de la sûreté à long terme du stockage final.

Chacune de ces deux questions est traitée dans une section particulière.

En outre, les lecteurs souhaitant approfondir certaines questions spécifiques peuvent consulter les annexes jointes au corps principal du rapport. Ces annexes présentent les structures (annexe 1) et critères (annexe 2) réglementaires nationaux sous forme de tableaux ; une discussion plus détaillée à propos des différences observées et documentées dans l'annexe 2 (annexe 3) ; une série de débats thématiques destinés à alimenter la discussion (annexes 4 à 7). L'annexe 8 décrit les travaux parallèles menés par le Groupe pour l'intégration du dossier de sûreté des stockages de déchets radioactifs (IGSC) du RWMC à propos des questions d'échelles de temps, en particulier du point de vue de l'application des critères par l'exploitant. Enfin, l'annexe 9 résume les conclusions du colloque de novembre 2006 en les répartissant en six grands domaines, chaque domaine correspondant à l'expression des points de vue des participants à propos des problèmes pratiques et des enjeux auxquels la communauté internationale est appelée à être confrontée.



## CONTEXTE ET PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

### Stockage final en formations géologiques

À l'échelon international, le stockage géologique de certains déchets radioactifs à vie longue tels que le combustible usé et les déchets de haute activité est généralement considéré comme la méthode la plus fiable pour assurer la protection à long terme des générations futures. Le principe du stockage géologique et les considérations de sûreté et d'éthique qui s'y rattachent ont été examinés par les assemblées législatives nationales ; par les structures locales et régionales ; par des experts indépendants ; dans le cadre d'examens par les pairs ; et par des organismes scientifiques, comme l'Académie nationale des sciences aux États-Unis et le Conseil national suédois des déchets nucléaires (KASAM). Il ressort de tout cela un consensus général sur l'option de stockage géologique, qui a été atteint à l'issue d'un vaste processus impliquant l'ensemble de la société.

Le concept de stockage géologique repose sur la capacité des barrières artificielles et du milieu géologique à isoler le combustible usé et les déchets de haute activité des personnes pendant la durée où le danger est le plus grand. Ce concept prévoit que tout relâchement éventuel de matières radioactives sera faible tant par rapport à l'inventaire total des déchets qu'en valeur absolue ; que ces relâchements relativement faibles migrent très lentement et qu'ils auront de ce fait un impact additionnel négligeable sur la santé et la sûreté du public. On considère donc que le confinement des déchets dans des couches souterraines profondes, au sein d'un dispositif artificiel robuste conçu en adéquation avec le milieu géologique d'accueil, permet de protéger de façon appropriée la génération actuelle ainsi que les générations suivantes [2].

Comme l'indique la recommandation internationale la plus récente sur le sujet [3] : « Le stockage en formations géologiques n'a pas pour but de garantir indéfiniment un confinement et un isolement absolus et complets des déchets, mais de faire en sorte que, le cas échéant, les niveaux de radionucléides susceptibles de retourner à la biosphère soient tels que leur impact radiologique potentiel dans l'avenir soit suffisamment faible pour être acceptable. » Néanmoins, le niveau et la durée de la protection qui sont exigés – et peuvent être assurés – par un système de stockage géologique sont sans équivalent si on les compare à ceux d'autres options envisageables, y compris celles qui sont couramment utilisées pour de nombreux déchets dangereux non radioactifs.

### Définition des critères réglementaires

La mise en œuvre d'une installation de stockage en formation géologique nécessite, à l'échelon national, une stratégie qui permette aux décideurs d'évaluer avec une confiance suffisante le niveau de la protection à long terme qui sera finalement obtenu.

Un certain nombre de pays ont déjà défini des critères réglementaires, et d'autres débattent actuellement des tests réglementaires et des échelles de temps appropriées pour juger de la sûreté à long terme d'un stockage final. Les stratégies nationales dépendent du contexte culturel, du système de valeurs et des priorités de chaque État. Les pouvoirs publics et les législateurs de chaque pays élaborent des systèmes réglementaires qui définissent les éléments de la stratégie de leur pays, notamment les recommandations relatives au milieu géologique et aux barrières ouvragées. Il est

évident que les preuves physiques, même si elles concernent un long passé géologique, ne peuvent pas apporter, à elles seules, des réponses définitives à propos de la capacité d'un stockage final à isoler les déchets pendant plusieurs centaines de milliers d'années. Les régulateurs doivent néanmoins, en fonction des informations disponibles, prendre des décisions qui engagent l'avenir à très long terme. C'est pourquoi, chaque système réglementaire vise à définir des procédures raisonnables d'évaluation de la performance des stockages en utilisant des critères de protection et des démarches de sûreté qui soient cohérents avec le contexte culturel, les valeurs et les attentes des citoyens du pays concerné.

### **Initiatives de l'AEN concernant les critères réglementaires et le long terme**

En 1997, un colloque international intitulé « Regulating the Long-Term Safety of Radioactive Waste Disposal » s'est tenu à Cordoue, en Espagne. Il était organisé par trois comités de l'AEN (CNRA, CRPPH et RWMC) et hébergé conjointement par le CSN et l'ENRESA. Les deux sessions principales de ce colloque étaient intitulées « Making a Safety Case » (constitution d'un dossier de sûreté) et « Judging the Safety Case: Compliance Requirements » (Juger d'un dossier de sûreté : conditions de conformité). Les conclusions ont été regroupées sous les trois titres suivants :

- Développement et clarification des critères.
- Problèmes d'évaluation des performances.
- Le processus réglementaire.

Ces conclusions font état du besoin d'orientations plus claires à propos des contraintes, limites et indicateurs de dose et risque, et à propos de la signification du « risque » dans le contexte de l'évaluation et de la réglementation de la sûreté. Elles évoquent également les approches multi-critères et multi-facteurs, ainsi que la nécessité de définir des orientations concernant la protection de l'environnement en tant que tel. Elles abordent des questions telles que la notion de confiance dans le contexte de l'évaluation de performances s'appliquant à de très longues échelles de temps, ou l'élaboration d'une démarche réglementaire par étapes ainsi que la mise en place d'une interface structurée entre l'exploitant, le régulateur, les décideurs et le grand public. Les conclusions générales ont été examinées par les comités de l'AEN concernés et prises en compte dans les programmes de travail de l'AEN.

Par la suite, sous les auspices du Comité de la gestion des déchets radioactifs de l'AEN, deux projets ont été lancés pour étudier et comparer les moyens utilisés dans plusieurs pays pour parvenir à un niveau de confiance adéquat. Le premier est le projet Timescales (voir annexe 8) du Groupe intégré pour le dossier de sûreté (IGSC), qui met l'accent sur les aspects techniques de la démonstration de la sûreté sur les longues échelles de temps considérées. La seconde est le projet sur les critères de sûreté à long terme (LTSC) du Forum des régulateurs du RWMC. L'objectif principal du projet LTSC était à l'origine d'étudier les critères de protection à long terme et les questions connexes dans les pays de l'AEN et de rassembler les données pour déterminer s'il était possible de soutenir l'opinion collective selon laquelle les réglementations de tous les pays visent à atteindre, et fournissent, des niveaux de protection comparables. Le projet a évolué et entend désormais travailler à une meilleure compréhension des fondements de la réglementation en vigueur relative à la sûreté à long terme et de leur applicabilité. Bien que les projets Timescales et LTSC concernent des aspects différents de la démonstration de sûreté, on constate un recouvrement important et une grande convergence par rapport aux résultats qui ont été obtenus.

#### ***Le projet « Long Term Safety Criteria » (LTSC)***

Lorsque le Forum des régulateurs du RWMC a été créé en 1999, l'une de ses premières tâches a été de passer en revue les dispositions en vigueur dans les pays membres pour réglementer la gestion des déchets radioactifs. Ces travaux ont permis de réaliser une étude comparative des structures

réglementaires dans les pays membres [4] (annexe 1). Une partie des travaux à l'origine de cette étude comparative a consisté à examiner les critères de radioprotection à long terme applicables au stockage final de déchets à vie longue et à analyser leur cohérence à l'échelon international.

À l'issue de cette première comparaison, qui a révélé un large éventail de critères et pratiques différents, un projet sur les critères de sûreté à long terme (LTSC) a été entrepris et un groupe a été formé pour approfondir le sujet. Des représentants du Forum sur la confiance des parties prenantes et du Groupe IGSC, ainsi que des membres du Forum des régulateurs ont fait partie de ce groupe. Ce projet, avait pour but de constituer un forum de discussion pour l'étude des critères utilisés par divers pays membres. Son objectif a été de comprendre les origines des similitudes et des disparités observées au niveau de la définition des critères et des principes qu'ils représentent. Le projet n'a jamais eu vocation d'harmoniser l'ensemble des critères qui, en toute logique, sont appelés à varier en fonction des cultures et des aspirations nationales et des différences techniques entre les programmes.

Bien que les critères réglementaires relatifs à la sûreté à long terme concernent normalement plusieurs aspects liés à la sûreté et à la protection, le groupe a d'abord axé ses travaux sur les critères radiologiques (doses et/ou risques) car ces paramètres sont assez facilement quantifiés et comparables. Les premiers résultats des travaux du Groupe LTSC sont documentés dans les annexes 2 et 3. Le groupe de travail a relevé des différences quantitatives non négligeables entre ces critères, pouvant aller jusqu'à environ deux ordres de grandeur. Ces écarts ne sont pas limités aux valeurs retenues, mais ils concernent également les durées pendant lesquelles les critères sont censés s'appliquer. Étant donné que les critères utilisés dans tous les pays sont bien en deçà des niveaux auxquels l'exposition radiologique peut avoir des effets réels observables, soit directement, soit statistiquement, ces écarts ne se traduisent pas par une différence significative au niveau des impacts radiologiques, et rien ne permet de penser que les critères en vigueur dans l'un des pays de l'AEN sont de quelque manière que ce soit inadéquats du point de vue de la sûreté radiologique, ou que les conclusions de l'Opinion collective de 1995 du RWMC sur le stockage géologique doivent être remises en question [2]. En fait, ils semblent refléter des différences dans les modalités d'application des critères retenus, dans les attentes concernant le niveau de confiance souhaité en matière de sûreté, dans les attitudes culturelles vis-à-vis de la détermination et de l'interprétation des objectifs, des critères et des marges de sûreté, et dans les approches suivies pour démontrer le respect des critères à très long terme.

Le groupe LTSC a mis en évidence le fait que non seulement les critères de radioprotection et les méthodes de démonstration du respect des critères diffèrent d'un pays à un autre, mais que les bases sur lesquelles se fondent ces critères sont elles aussi très variables. En fait, ces différences pourraient même être le reflet de disparités au niveau de concepts fondamentaux relatifs à la sûreté et la protection (annexes 3 et 5). Il a été établi que les critères réglementaires à long terme des différents pays varient en fonction des éléments suivants :

1. Acceptabilité des niveaux de risque.
2. Comparaison avec les critères de radioprotection utilisés pour les pratiques actuelles.
3. Comparaison avec les niveaux existants de rayonnement naturel.
4. Combinaison de plusieurs des éléments susmentionnés.

Les disparités observées dans les éléments utilisés pour définir les critères permettent de conclure qu'une comparaison pertinente des critères ne doit pas se fonder uniquement sur les valeurs chiffrées en tant que telles ; elle doit également tenir compte des principes qui sous-tendent les décisions concernant ce que l'on considère comme un niveau de conséquences acceptable, pour aujourd'hui et pour l'avenir. Il est raisonnable de s'attendre à ce que ces principes varient selon les pays et les cultures ; il est par conséquent tout aussi raisonnable de prévoir des écarts entre les critères définis à partir d'approches et principes différents. Les disparités observées dépendent également des divers scénarios et méthodes d'évaluation de la sûreté.

Les travaux suivants du projet LTSC ont porté sur plusieurs questions de fond comme : l'absence de définition commune de la sûreté, que ce soit dans le champ ou hors du champ de la gestion des déchets radioactifs ; le défi que représente la communication au grand public de la portée des critères réglementaires ; et les moyens permettant de garantir l'équité vis-à-vis des générations futures. Ces travaux sont présentés dans les annexes 4 à 7 et datent de mars 2006. Par la suite, un colloque a été programmé et organisé en novembre 2006. Les travaux du Forum des régulateurs et du Groupe LTSC, ainsi que les travaux connexes de l'AIEA, de la CIPR et de l'AEN (y compris le projet Timescales du Groupe IGSC) y ont été discutés et la situation actuelle y a été comparée à celle de 1997 (annexe 9).

### **Évolution des critères réglementaires**

Les problèmes étudiés par le Groupe LTSC sont très similaires à ceux qui avaient été identifiés lors du colloque de Cordoue de 1997 [1]. Néanmoins, le contexte dans lequel les travaux sont réalisés et les modes de gestion des projets de stockage sont en constante évolution.

Un projet de stockage était considéré, il y a encore quelques années, comme une activité à relativement court terme qui relevait de la responsabilité de la génération présente et qui avait simplement pour objectif de créer une installation capable de confiner les déchets radioactifs en toute sûreté, sans que les générations futures n'aient besoin d'agir ou d'intervenir. Puis, progressivement, la mise en œuvre des projets de stockage a été considérée comme un processus de plus long terme (et, dans certains pays, réversible) s'étalant sur plusieurs décennies ou générations. Cette nouvelle vision ne se limite pas au concept de protection des générations futures, mais inclut également des possibilités nouvelles telles que leur participation au déroulement du processus et le besoin de préserver leur capacité à effectuer des choix sur le devenir du stockage (annexe 7). Cette complexité croissante de la stratégie du stockage final a également une incidence sur les critères réglementaires utilisés pour juger de l'acceptabilité des projets de stockage, comme l'illustre l'évolution des orientations internationales à ce sujet (voir tableau 1 de la prochaine section de ce document). Cette évolution est l'un des facteurs à l'origine des différences observées entre les critères nationaux, comme indiqué aux annexes 2 et 3.

## **INTERACTION ENTRE LES QUESTIONS DE POLITIQUE GÉNÉRALE ET LA RÉGLEMENTATION TECHNIQUE**

### **Définition du régulateur**

La définition de la réglementation technique de sûreté n'est que l'un des aspects du processus décisionnel permettant de décider de la construction d'une installation de stockage [5] (annexe 1). Ce processus dépend lui-même de décisions prises en matière de stratégie de gestion des déchets radioactifs qui, à leur tour, s'inscrivent dans un processus décisionnel plus général relatif à la politique énergétique. En outre, les institutions responsables des différentes fonctions réglementaires (définition de normes, délivrance d'autorisations et vérification du respect des critères réglementaires et des clauses attachées aux autorisations) s'intègrent elles-mêmes dans un cadre (gouvernemental et sociétal) institutionnel plus large qui peut impliquer les pouvoirs publics à plusieurs niveaux décisionnels ainsi que diverses agences et organisations. À la fois le contexte du processus décisionnel et le contexte institutionnel varient d'un pays à l'autre, si bien qu'il est difficile de définir le rôle du régulateur d'une manière qui soit reconnue et comprise de la même façon par tous les pays. L'objectif du projet LTSC a été de mieux comprendre les processus, le cadre institutionnel et les critères afin de rendre les comparaisons plus pertinentes. À cet effet, il est judicieux d'essayer de s'appuyer sur un modèle commun qui servira de référence, même s'il peut, par de nombreux aspects, différer des contextes institutionnels et procéduraux nationaux existants.

Les décisions de politique générale, comme par exemple le choix du nucléaire pour la production d'électricité ou d'une stratégie de stockage final ou bien d'entreposage de longue durée des déchets radioactifs, sont prises à un niveau supérieur à celui de l'autorité de sûreté. Ce sont ces décisions de politique générale qui définissent le cadre dans lequel les réglementations sont élaborées.

Pour ce qui concerne les décisions sur les niveaux de risque admissibles ou sur les niveaux de sûreté suffisants, elles peuvent aussi quelquefois intervenir à un niveau supérieur à celui de l'autorité de sûreté. Par exemple, les réglementations concernant l'importation et l'exportation de matières radioactives, ou les seuils de libération et la levée des contrôles, sont souvent fondées non seulement sur des principes techniques de radioprotection, mais également en grande partie sur des préférences sociales. C'est pourquoi on peut considérer que la détermination des obligations fondamentales des générations actuelles vis-à-vis des générations futures est une décision politique de haut niveau qui fixe les objectifs à atteindre en définissant les critères réglementaires relatifs à la protection.

Cependant, la définition des rôles et des responsabilités dans ces domaines est souvent complexe. L'autorité réglementaire peut, par exemple, être l'un des principaux organismes nationaux d'expertise individuelle et collective en matière de radioprotection, et peut jouer un rôle prédominant, au moins de fait, dans la prise de décisions en la matière. L'autorité réglementaire peut également agir en tant qu'expert ou conseiller technique des pouvoirs publics, y compris pour des questions d'importance plus large comme la stratégie de gestion des déchets.

Même dans les limites du domaine généralement considéré comme relevant de la compétence technique réglementaire, la répartition des rôles et des responsabilités entre les organisations impliquées varie largement d'une juridiction nationale à une autre. Dans certains pays, la

réglementation de la gestion des déchets et la réglementation des pratiques à l'origine de la production de ces déchets ne dépendent pas l'une de l'autre, tandis que dans d'autres pays, elles sont associées. Dans certains pays, les rôles réglementaires consistant à développer et promulguer des réglementations et des critères, attribuer des autorisations ou des permis et vérifier leur application conforme sont combinés au sein d'une même organisation, tandis que dans d'autres pays, ces rôles sont distincts. Dans certains cas, certains de ces rôles peuvent même être de la responsabilité de niveaux décisionnels différents au sein des pouvoirs publics.

Pour toutes ces raisons, il est difficile de faire correspondre un modèle idéal (ou même « usuel ») de processus réglementaire à la situation observée dans la réalité, et le niveau de correspondance peut être très différent selon les pays. En particulier, il est presque impossible de tracer, à l'échelon international, des limites claires communément admises entre les questions considérées comme du ressort de la politique nationale et les questions considérées comme d'ordre purement réglementaire.

Les facteurs qui influent sur le choix des critères réglementaires, y compris les critères de radioprotection, dépassent largement la fonction de réglementation telle qu'elle est parfois définie [5]. Par conséquent, un certain nombre de problèmes identifiés dans le cadre du projet LTSC ont débouché sur des domaines souvent considérés comme n'étant pas de la responsabilité du régulateur technique. Par conséquent, la discussion doit se nourrir de la contribution d'experts d'autres domaines. Il n'existe aucun critère de choix clair pour placer ces limites. On considère cependant qu'une définition large et exhaustive de la fonction réglementaire est plus utile à nos fins actuelles qu'une définition étroite qui laisse sans réponse certaines questions critiques. C'est pourquoi, dans ce qui suit, le terme « régulateur » est utilisé dans un sens très général, afin de tenir compte des problèmes clés liés à la sélection des critères réglementaires, que ce soit au niveau de la politique générale ou au niveau de la réglementation technique.

### **Sélection et évolution des critères réglementaires**

L'interaction entre les questions de politique plus générale et les exigences de sûreté technique est illustrée par la façon dont ces dernières ont évolué au cours du temps. Pour ce qui est des critères à long terme applicables au stockage, l'un des facteurs les plus frappants est *l'évolution graduelle des principes* sur lesquels les exigences techniques reposent (tableau 1). On observe ainsi l'apparition de la protection de l'environnement, de la prise en compte des facteurs socio-économiques, et du concept d'assurance raisonnable. L'expression même des principes éthiques applicables a elle aussi changé : elle est passée du principe de prévention de contraintes pour les générations futures au principe d'équité intergénérationnelle, puis à l'intégration du langage du développement durable et de la gestion et de la transmission des connaissances.

Dans le cadre de l'étude des raisons expliquant les différences observées entre les critères nationaux applicables à la gestion à long terme des déchets radioactifs, les analyses du Groupe LTSC ont conduit à aborder des questions comme :

- Le rôle du régulateur (annexe 4).
- La signification de la sûreté et de la protection (annexe 5).
- L'instauration de la confiance dans le processus décisionnel (annexe 6).
- Les considérations éthiques (annexe 7).

À l'issue de débats en présence d'experts du domaine de l'éthique et des sciences morales, le groupe a conclu que l'un des défis était peut-être de parvenir à une compréhension commune de plusieurs aspects, dont les obligations des générations actuelles vis-à-vis des générations futures pour les déchets à vie longue (annexe 9). Ces obligations étant reconnues, il est important de distinguer celles qui peuvent être prises en charge par les générations actuelles et celles qui doivent être



transférées aux générations suivantes. À partir d'une interprétation commune de ces obligations éthiques, il serait possible de dégager une vision également commune des objectifs fondamentaux de sûreté au moyen desquels mettre en œuvre ces principes. On devrait ainsi mieux comprendre les similarités et les disparités des exigences techniques selon les pays en matière de protection dans le long terme, y inclus la question de l'application de certains critères à des périodes de temps limitées ; l'utilisation de critères différents en fonction des échelles de temps ; l'importance relative des critères de dose et de risque par rapport à d'autres critères basés soit sur la performance d'un stockage du point de vue du confinement des déchets soit, plus directement, sur les exigences de conception du stockage dont, par exemple, l'exigence d'emploi des meilleures techniques disponibles, « best available techniques » (BAT).

**Tableau 1.** Évolution des principes réglementaires<sup>1</sup>

Collection Sécurité 99 de l'AIEA (1989)	Fondamentaux sur la sûreté 111-F (1995)	Convention commune (1997)	AIEA WS-R-4 (2006)
Responsabilité vis-à-vis des générations futures : minimisation des contraintes, assurance de la sûreté, la sûreté ne doit pas dépendre du contrôle institutionnel. Sûreté radiologique : limites supérieures pour les doses et les risques.	Protection des générations futures : aucune contrainte excessive et équité intergénérationnelle (principes 4 et 5). Protection de l'environnement en sus de la sécurité des personnes.	Protection des générations futures : mise en œuvre de mesures efficaces de protection des individus, de la société et de l'environnement, exprimées selon le principe de développement durable. Critères : fondés sur l'équité intergénérationnelle, en évitant les actions qui imposeraient des « impacts raisonnablement prévisibles » et des contraintes excessives.	La protection en phase post-fermeture est <i>optimisée</i> en prenant en compte les <i>facteurs économiques et sociaux</i> ; <i>une assurance raisonnable</i> est donnée que les doses ou risques ne dépasseront pas <i>les niveaux de dose ou de risque utilisés comme facteurs de contrainte lors de la conception</i> . Critères : fondés sur l'équité intergénérationnelle. Reconnaissance du fait qu'à des échéances lointaines, les doses ne peuvent être qu'estimées ; les incertitudes peuvent dominer à très long terme et l'utilisation des critères à très longue échéance doit se faire avec prudence.
Les derniers Principes fondamentaux de sûreté de l'AIEA (SF-1) parus en 2006, reprennent le principe de protection ainsi : « Les générations et l'environnement actuels et futurs doivent être protégés contre les risques radiologiques ». Quant aux déchets radioactifs, le rapport maintient le principe d'éviter d'imposer un fardeau indu aux générations futures et introduit l'obligation de « chercher et appliquer des solutions sûres, praticables et écologiquement acceptables pour leur gestion à long terme. »			

1. Le tableau s'intéresse plus particulièrement au Guide de l'AIEA, une évolution similaire peut être notée dans celui de la CIPR.



## QUESTIONS FONDAMENTALES RELATIVES AU PROCESSUS DÉCISIONNEL RÉGLEMENTAIRE POUR LA SÛRETÉ À LONG TERME D'UN STOCKAGE FINAL

### Obligations vis-à-vis des générations futures : considérations éthiques, techniques et pratiques

Les décisions prises aujourd'hui et dans un avenir proche à propos de la gestion des déchets à vie longue ont un impact sur les risques auxquels pourraient être exposées les générations qui nous succéderont dans un futur lointain. Il existe donc une dimension éthique à la question de savoir quels niveaux de protection exiger ou chercher à atteindre en fonction du temps. Cette dimension éthique transparait à son tour dans les objectifs fondamentaux tels que diversement définis dans les références 6-8.

La Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs [7] est un document particulièrement important pour ces objectifs de sûreté fondamentaux, car la plupart des pays membres de l'AEN/OCDE sont également des parties contractantes aux termes de la Convention et sont donc dans l'obligation morale et juridique de respecter ses engagements.

L'objectif défini à l'article 1(ii) de la Convention commune indique qu'il faut faire en sorte 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 ». L'exigence correspondante pour les Parties contractantes est définie aux articles 4(vi) et 11(vi) : chaque Partie contractante « prend les mesures appropriées pour [...] s'efforcer d'éviter les actions dont les effets raisonnablement prévisibles sur les générations futures sont supérieurs à ceux qui sont admis pour la génération actuelle ». La Convention contient un glossaire, mais plusieurs termes importants ne sont pas définis, comme « effets nocifs », « besoins et aspirations », « effets raisonnablement prévisibles » et « générations futures ». Des différences d'interprétation de ces termes – ainsi que d'autres termes tels que « sûreté » – aboutissent à des disparités au niveau des critères réglementaires.

Des avis plus concrets relatifs à la définition de critères de protection radiologique pour le stockage des déchets sont donnés dans plusieurs documents internationaux [3,6,8]. D'une manière générale, ces documents recommandent d'utiliser les mêmes critères que ceux qui sont appliqués à la radioprotection dans le cadre des pratiques actuelles. Néanmoins, ces documents reconnaissent également que de tels critères ne s'appliquent pas de la même façon aux pratiques actuelles et à l'avenir lointain, et qu'il convient donc de les utiliser avec prudence.

- Le document de l'AIEA sur les prescriptions de sûreté [3] inclut l'affirmation suivante : « Il est admis que l'on ne peut qu'estimer les doses de rayonnement aux personnes pour l'avenir et que les incertitudes sur ces estimations augmenteront plus on s'éloignera dans le temps. Il faut utiliser ces critères avec prudence pour les périodes au-delà desquelles les incertitudes deviennent si grandes qu'ils ne peuvent plus servir de base raisonnable pour la prise de décision. »

- Dans son paragraphe 86, le document 81 de la CIPR [8] renchérit : « La démonstration du respect des critères radiologiques est plus qu'une simple comparaison directe des doses ou risques calculés par rapport aux contraintes. Elle nécessite une certaine latitude de jugement. La mise en œuvre d'une installation de stockage des déchets ne peut être refusée sur la seule base du non respect d'une contrainte, ni validée uniquement parce qu'un critère chiffré est respecté. Plus on s'intéresse à des périodes éloignées dans le temps, plus les contraintes de dose ou de risque doivent être considérées comme des valeurs de référence, et des arguments complémentaires doivent dûment être reconnus pour juger de la conformité. »

Ces deux documents permettent une certaine latitude dans la détermination, l'interprétation et l'application des critères radiologiques à long terme, conduisant à des différences notables, d'un pays à l'autre, en matière de critères réglementaires. Il est à noter que tous les critères, y compris les critères de radioprotection, n'ont pas pour objectif fondamental la prévention absolue de tout danger, mais bien la réduction du danger potentiel à un niveau acceptable. Cet objectif est en accord avec les termes de la Convention commune et les recommandations des documents de l'AIEA et de la CIPR qui appellent à agir avec prudence et discernement.

Les exigences réglementaires doivent également être applicables en pratique, c'est-à-dire qu'il doit être possible de déterminer et de prouver qu'elles sont ou non satisfaites. Pour être crédible et accepté par la société, le processus de décision doit être transparent. Il faut établir une distinction claire entre nos obligations vis-à-vis des générations futures, qui peuvent être exprimées en termes d'objectifs fondamentaux, comme par exemple le fait d'éviter toute mise en danger, et notre capacité à garantir le respect de ces obligations, en particulier lorsque l'estimation de cette capacité dépend des résultats de calculs relatifs aux conséquences d'événements et processus supposés se produire dans un avenir lointain.

Au vu de ces considérations, les responsables de l'élaboration des prescriptions de sûreté doivent trouver des moyens réalistes d'appliquer la notion d'assurance raisonnable de conformité dans le futur lointain. À cet effet, les normes applicables dans le présent ou d'autres valeurs de référence sont souvent utilisées dans le long terme en tant qu'objectifs ou indicateurs. En matière de dose et de risque, les valeurs de référence sont souvent considérées comme des indicateurs auxquels on compare les résultats de calculs de conséquences pour des représentations stylisées des évolutions futures. Cette méthode est également souvent appliquée à d'autres indicateurs de performance, comme le calcul de la capacité d'un stockage à isoler les déchets de l'environnement sur de très longues périodes. Indépendamment de ces indicateurs de performance future, une autre catégorie de prescriptions a trait directement aux exigences actuelles de conception (parmi lesquelles l'emploi des « meilleures techniques disponibles » ou BAT, telles que décrites dans la Directive européenne de 1996, relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution) [9]. Tous ces paramètres représentent des moyens d'établir des critères utilisables aujourd'hui dans le cadre du processus décisionnel, et permettant de garantir des niveaux de protection acceptables dans l'avenir. L'annexe 5 revient sur ces questions de sûreté et de protection.

Un problème connexe concerne la façon dont les dispositions réglementaires peuvent garantir que la protection ne sera pas ultérieurement mise en péril suite à une intrusion humaine imprévue dans le futur. Pendant une durée aussi longue que possible, des mesures doivent être prises pour s'assurer que l'on conserve la connaissance de l'emplacement des sites de stockage souterrain et des risques associés et que l'on transmet aux générations futures suffisamment d'informations pour qu'elles puissent se protéger elles-mêmes ainsi que leurs successeurs des conséquences de toute intrusion imprévue ou volontaire. À titre d'exemple, le Forum sur la confiance des parties prenantes étudie les moyens de maintenir les contrôles grâce à la responsabilisation individuelle au niveau des communautés locales qui transmettraient leurs engagements de génération en génération. Bien que de

telles démarches ne puissent pas fournir une assurance démontrable et fondée sur des preuves techniques, elles peuvent représenter des défenses venant compléter les mesures techniques envisagées à l'heure actuelle [10]. Le rôle joué par ces démarches dans l'élaboration des politiques et dans le processus décisionnel varie d'un pays à l'autre.

### **Critères s'appliquant aux très longues échelles de temps**

Il est possible d'identifier plusieurs échelles de temps lorsqu'on définit des critères de sûreté relatifs aux projets de stockage final. Certaines sont liées à des considérations de changements de société et ne couvrent que quelques générations ou quelques centaines d'années tout au plus, tandis que d'autres couvrent des périodes très longues qui concernent des changements géologiques (par exemple, tectoniques) de grande envergure. L'échelle de temps considérée comme significative pour les évaluations de sûreté se situe quelque part entre ces deux extrêmes. Les programmes nationaux ayant déjà établi ces critères, se sont appuyés sur des hypothèses prudentes mais raisonnables pour prolonger sur plusieurs milliers d'années l'utilisation des limites radiologiques déjà appliquées aux activités contemporaines. Le problème le plus complexe concerne la définition de critères relatifs à des échelles de temps beaucoup plus longues, allant jusqu'à un million d'années ou au-delà, pour lesquelles les analyses de sûreté doivent intégrer des incertitudes élevées. Sur ces échelles de temps l'évaluation des besoins des générations futures et des impacts sur ces générations est également de plus en plus hypothétique. Comme il est indiqué à l'annexe 8, il est important de reconnaître les limites de prévisibilité du comportement des stockages et de leur environnement dans les dossiers de sûreté. Toute argumentation relative à la sûreté à très long terme nécessiterait de prendre en considération des principes éthiques, puisque les critères de sûreté établis dans le long terme doivent être en corrélation avec d'une part notre responsabilité vis à vis de la protection de l'environnement dans un futur très lointain et d'autre part avec notre capacité d'y faire face.

Les programmes nationaux et les initiatives internationales ont évoqué et étudié plusieurs méthodes permettant de moduler l'utilisation des critères applicables à la sûreté à long terme, parmi lesquelles :

1. Restreindre l'application des principes de radioprotection à des échelles de temps au cours desquelles les effets radiologiques peuvent être raisonnablement prévus avec suffisamment de précision.
2. Considérer que le terme « générations futures » ne désigne qu'un nombre limité de générations, en accord avec les pratiques actuelles courantes relatives aux déchets dangereux non radioactifs appliquées dans de nombreux pays.
3. Interpréter différemment l'acceptabilité des niveaux d'impact selon les échelles de temps, que ce soit pour des raisons éthiques [11-13] (annexe 7) ou des raisons techniques (par exemple, niveaux croissants d'incertitude dans les modélisations d'hypothèses au cours du temps).
4. Considérant qu'en général, les exigences réglementaires découlent également d'autres objectifs sociaux et techniques, qui dépassent le cadre de la sûreté radiologique (par exemple, le document CIPR-81 recommande que des principes techniques et de gestion soient appliqués en sus des critères radiologiques), autoriser des variations dans la pondération relative ou l'application des divers types de critères en fonction des échelles de temps.
5. Autoriser la variation avec les échelles de temps du degré d'assurance de conformité avec les critères.

Les deux premières options pourraient être appliquées sous la forme de prescriptions réglementaires qui ne concerneraient que des périodes de temps limitées. Par exemple, on peut considérer que les résultats des évaluations de sûreté ne doivent être comparés à des critères chiffrés que sur le premier millier d'années, ou la première dizaine de milliers d'années, ou le premier million d'années. Des évaluations de sûreté au-delà de ces échéances peuvent également être requises, mais qu'elles soient fondées sur des modélisations et des calculs numériques, des argumentations sans calcul numérique, ou les deux, elles seraient toujours considérées comme ayant une valeur qualitative et leur acceptabilité ne serait pas liée à la conformité vis-à-vis des critères de caractère quantitatif.

Les deux options suivantes aboutissent à l'emploi de critères différents (ou du moins à l'application différenciée de certains critères) selon les échelles de temps, c'est-à-dire qu'à des échéances plus lointaines, les critères de comparaison peuvent être assouplis pour tenir compte du niveau croissant de l'incertitude quant à leur applicabilité, que ce soit pour des raisons techniques et/ou éthiques. Dans certains pays, même si les standards restent les mêmes au cours des différentes périodes, ils pourraient être considérés comme des limites fixes d'acceptabilité pour les échéances les plus proches, et comme des objectifs pour les échéances les plus lointaines.

La cinquième option peut aboutir à une situation dans laquelle les critères ne changent pas, mais dans laquelle la « contrainte de preuve » de conformité varie au cours du temps. Par exemple, le degré de prudence dans les hypothèses et les modèles et/ou les exigences en matière de validation des techniques de calcul peuvent être moins stricts pour les longues échelles de temps que pour les calculs se rapportant à un futur proche.

Des combinaisons diverses de ces options ont été appliquées dans différents pays membres (voir annexe 2). Ces divergences d'approches correspondent aux différents modes de gestion des difficultés posées par les très longues échelles de temps considérées, qui dépendent de démarches philosophiques et d'hypothèses différentes selon les cultures. Bien que l'harmonisation internationale ne soit pas le but, force est de constater que, sans explication suffisante, la variabilité actuelle est susceptible de rendre plus difficile l'acceptation par les parties prenantes.

Le choix des critères chiffrés s'accompagne du choix tout aussi important de la méthode à utiliser pour prouver le respect de ces critères. La distinction la plus évidente s'observe entre l'application de critères considérés comme des limites « fixes » et l'application de critères considérés comme des objectifs « souples ». Tout aussi significative est sans doute aussi l'importance relative des objectifs contradictoires suivants : (i) la nécessité de tenir compte aussi précisément que possible des événements et processus aboutissant au résultat calculé du dossier de sûreté (c'est-à-dire une approche « centrée autour de la conception ») vis-à-vis de (ii) la nécessité de garantir, avec un niveau de confiance aussi élevé que possible, que l'exposition effective des personnes du fait du stockage ne dépasse pas les limites calculées (c'est-à-dire une approche « majorante »). En outre, lors de l'évaluation des conséquences, de nombreuses décisions doivent être prises à propos des choix des paramètres et des modèles. Parmi les sources d'incertitudes figurent les différences dans les conditions retenues pour les scénarios de calcul ; les incertitudes quant à l'exhaustivité de la description du système de stockage artificiel ; les variations des paramètres liés au comportement de la roche hôte ; les incertitudes relatives aux modèles de calcul utilisés ; et les incertitudes à propos du choix des paramètres de modélisation. Les différences de gestion de ces incertitudes peuvent avoir un impact notable sur les résultats des calculs. Or, ces approches ne sont que très rarement quantifiées de manière exhaustive. La plupart du temps, on considère qu'elles sont suffisantes pour émettre un avis d'expert. Les différences de ce type entre les approches nationales peuvent être substantielles : elles reflètent des attitudes différentes des pays vis-à-vis des risques, des « facteurs de sûreté » et du degré souhaité d'assurance de sûreté.

La très grande majorité des régulateurs tient compte non seulement des critères chiffrés de dose ou de risque, mais aussi de divers autres facteurs (« indicateurs complémentaires »). Ces facteurs peuvent inclure des indicateurs de performance relatifs à la capacité du stockage à contenir et isoler les déchets, par exemple les concentrations et flux de radionucléides calculés à l'intérieur de la roche hôte. Ils peuvent également inclure des critères relatifs aux caractéristiques géologiques des sites proposés et aux caractéristiques d'ingénierie de concept. Lorsqu'on cherche à comparer ces indicateurs, on est confronté, pour beaucoup d'entre eux, au problème pratique de l'identification et du choix de valeurs de référence communes, en particulier si l'on considère la grande variété des milieux géologiques exploitables dans les différents pays.

Pour évaluer les indicateurs complémentaires, l'une des approches utiles est celle de l'optimisation. Contrairement à ce qu'on pourrait croire si l'on ne s'intéresse qu'aux indicateurs de dose et de risque, l'optimisation ne consiste pas à agir uniquement sur les valeurs calculées de dose ou de risque. Elle peut s'appliquer à d'autres paramètres, qu'il s'agisse de résultats de calculs (mesures de performance) ou directement de paramètres de conception. Dans ce dernier cas, on retrouve les exigences relatives à l'emploi des meilleures techniques disponibles (BAT), qui concernent à la fois la technologie et la façon dont l'installation est conçue, construite, exploitée, entretenue et déclassée [9]. L'importance de l'optimisation et de BAT vis-à-vis des calculs directs de dose ou de risque varie en fonction de l'échéance temporelle considérée. Il reste encore de nombreuses questions à propos de la manière de gérer les jugements qualitatifs inévitables dans ces domaines, de pondérer ces méthodes en fonction des calculs de dose ou de risque quantitatifs, et de présenter les arguments relatifs à l'optimisation et aux BAT dans les dossiers de sûreté.

Plusieurs questions éthiques fondamentales sous-tendent l'ensemble de ces approches. Elles concernent des problèmes tels que nos obligations vis-à-vis des générations futures, la décroissance de notre capacité à respecter ces obligations à très longue échéance, et l'équilibre à établir entre le fait de garantir la sûreté des autres générations et le fait de leur laisser une flexibilité suffisante pour qu'elles puissent prendre leurs propres décisions. De même, à un niveau fondamental, la conception d'un stockage final met en jeu non seulement la limitation des risques, mais aussi leur redistribution, tant dans l'espace que dans le temps. Ces problèmes soulèvent des questions en matière d'équité, parmi lesquelles celle de l'équilibre entre, d'une part, les risques réels (conventionnels et radiologiques) encourus par les travailleurs participant à la construction, l'exploitation et la maintenance d'un stockage avant sa fermeture et, d'autre part, les risques hypothétiques encourus par des générations futures ou la préservation de leur capacité à effectuer des choix, tel qu'il est demandé par les exigences du développement par étapes ou de la réversibilité. Il n'existe aucune réponse simple et directe à ces questions, mais les débats sur ces thèmes nous permettront de mieux comprendre les critères que nous utilisons pour prendre des décisions et les raisons des différences entre les programmes et les pays.

Quelles que soient son origine et les hypothèses sous-jacentes, la variabilité des définitions et des modes d'utilisation des critères chiffrés destinés à prouver que les objectifs de sûreté fondamentaux ont été atteints rend difficiles les comparaisons entre approches nationales différentes. Il est à espérer que l'examen complémentaire des problématiques soulevées dans ce document facilitera les comparaisons ainsi que le développement d'une compréhension commune.





## CONCLUSIONS

L'objectif initial principal du projet LTSC était d'examiner les critères de protection à long terme dans les pays de l'AEN ainsi que les questions qui s'y rattachent, et de comparer les résultats pour voir s'il était possible de soutenir l'opinion collective selon laquelle les réglementations de l'ensemble des pays visent à atteindre, et fournissent, des niveaux de protection comparables. Le groupe de travail a relevé des différences quantitatives non négligeables entre les critères utilisés, pouvant aller jusqu'à environ deux ordres de grandeur. Étant donné que les critères quantitatifs utilisés dans tous les pays sont bien en deçà des niveaux auxquels l'exposition radiologique peut avoir des effets observables, soit directement soit statistiquement, ces écarts ne se traduisent pas par une différence significative au niveau des impacts radiologiques et rien ne permet de penser que les critères en vigueur dans l'un quelconque des pays de l'AEN sont de quelque manière que ce soit inadéquats du point de vue de la sûreté radiologique, ou que les conclusions de l'Opinion collective de 1995 du RWMC sur le stockage géologique doivent être remises en question.

Les différences entre critères ne se limitent pas seulement aux valeurs retenues, mais concernent également les durées pendant lesquelles ces critères sont censés s'appliquer et la façon dont ils sont appliqués. En fait, ces différences semblent refléter des différences dans les attentes concernant le niveau de confiance souhaité en matière de sûreté ; dans les attitudes culturelles vis-à-vis de l'établissement et de l'interprétation des objectifs, critères et marges de sûreté ; ainsi que dans les approches suivies pour démontrer la conformité réglementaire aux critères dans le très long terme.

Au cours de ses recherches, le Groupe LTSC a mis en évidence le fait que non seulement les critères de protection et les méthodes de démonstration du respect des critères diffèrent d'un pays à un autre, mais que les fondements sur lesquels les critères sont définis sont eux aussi très variables. L'idée initiale d'une « opinion collective » a évolué vers celle de l'émergence d'une compréhension commune des fondements des réglementations formulées ou adoptées par les pays. Les travaux du Groupe LTSC ont permis d'identifier un certain nombre de facteurs importants qui contribuent à l'existence de ces différences entre pays, parmi lesquels la complexité et la diversité des processus décisionnels réglementaires dans les différents pays ; l'absence de consensus concernant la détermination de la protection à très longue échéance ; le large spectre d'opinions quant à la nature des obligations de la société actuelle vis-à-vis des générations futures ; et, reflétant cette situation, l'évolution permanente des orientations venant des organismes internationaux.

L'axe de recherche principal du Groupe LTSC n'a pas porté sur les bases techniques des critères – les travaux de la CIPR et de l'AIEA en la matière sont bien avancés et leur qualité technique est reconnue – mais plutôt sur le développement et l'application de ces critères dans le cadre du processus réglementaire. Les discussions menées lors des réunions, des sessions thématiques et du colloque organisés par le groupe ont permis d'aborder des questions très diverses – sociétales, éthiques et techniques – relatives à la réglementation de la sûreté à long terme des installations de stockage des déchets radioactifs. La participation d'experts aux profils très différents et pas uniquement techniques a été féconde et utile, et elle doit être poursuivie.

Certains points – comme les considérations éthiques et les questions d’acceptation sociale – peuvent sortir du champ de compétence normal des organismes réglementaires. Toutefois, ils peuvent avoir, et ont souvent, une influence sur le choix et l’interprétation des critères de protection retenus pour les déchets radioactifs ; ils seront donc évoqués dans ce contexte. Il est probable que la communauté de vues à laquelle ce projet devrait permettre d’aboutir tiendra compte des réflexions actuelles en matière d’équité intergénérationnelle, qui reconnaissent que, plus les possibilités de contrôle et d’intervention diminuent et plus le cadre temporel s’allonge, moins nous pouvons garantir le respect de limites d’impact spécifiques avec un degré de confiance acceptable, du fait de l’augmentation des incertitudes. Ces incertitudes entachent non seulement les modèles physiques et techniques, mais plus encore notre aptitude à prévoir et influencer les comportements, besoins et aspirations des générations futures dans un avenir très lointain.

Trois conclusions principales ressortent de l’étude :

- Il existe une variation non négligeable entre les valeurs numériques retenues pour les critères de radioprotection utilisés dans plusieurs pays membres de l’AEN. Cependant, les écarts quantitatifs n’ont pas une portée significative au niveau des impacts radiologiques qu’ils pourraient autoriser. De plus, on doit considérer que les doses et risques calculés pour vérifier la conformité à ces critères ne sont en fait que des indicateurs de performance et le respect d’exigences de protection complémentaires, telles que l’optimisation et l’application des « meilleures techniques disponibles n’entraînant pas de coûts excessifs », est tout aussi important.
- Il existe une diversité importante entre les fondements sur lesquels les critères sont définis ainsi que dans la façon dont ils sont appliqués pour la démonstration du respect des objectifs fondamentaux de sûreté. Cette diversité s’explique essentiellement par des différences sociétales et rend difficiles les comparaisons entre les approches nationales.
- Le développement d’une compréhension commune de nos obligations vis-à-vis des générations futures et de la manière de traduire ces obligations sous la forme de critères réglementaires applicables aux déchets radioactifs à vie longue permettrait de rendre plus utiles et plus pertinentes les comparaisons des approches réglementaires dans les contextes nationaux et internationaux, y compris au cours des réunions d’examen de la Convention commune de l’AIEA

De plus, plusieurs observations peuvent être tirées du travail du groupe :

- La sûreté concerne de nombreux intervenants notamment les régulateurs, les pouvoirs publics, les exploitants, les populations concernées. Les dimensions sociales et éthiques de la sûreté affectent les critères réglementaires au même titre que les décisions de politique industrielle et d’implantation du stockage. Il en résulte que les politiques et prises de décisions réglementaires ne reposent pas uniquement sur des considérations techniques. Elles tiennent compte des attentes de la société civile, de l’expérience internationale, de considérations éthiques et des besoins pratiques des exploitants.
- Les processus décisionnels et les cadres réglementaires varient très largement d’un pays à l’autre, et donc les processus et systèmes réglementaires sont tout aussi divers. Étant donné ces disparités, ainsi que la diversité des approches culturelles en matière de sûreté, de protection et d’éthique, il est évident que les critères utilisés à des fins réglementaires et pour prendre des décisions ne peuvent que varier eux aussi.

- Bien que le besoin d'assurer un niveau de protection élevé à long terme soit reconnu, l'impossibilité d'assurer un contrôle actif continu pour garantir la sûreté pose des difficultés à la démarche réglementaire.
- Il est admis que les calculs de dose et de risque pour l'avenir sont des illustrations du comportement potentiel du système plutôt que de véritables prévisions, et on s'accorde à reconnaître que les critères chiffrés applicables au stockage des déchets radioactifs doivent être considérés, sur le long terme, comme des références ou des indicateurs par rapport aux objectifs de sûreté ultimes, plutôt que comme des limites absolues dans un contexte juridique.
- L'importance du rôle des fonctions de sûreté du stockage et des indicateurs de performance associés à ces fonctions est de plus en plus souvent reconnue. Les indicateurs de performance autres que les critères de dose ou de risque, l'emploi de plusieurs lignes de raisonnement, l'application d'une optimisation sous contrainte et la démonstration de l'utilisation des meilleures techniques disponibles sont des facteurs qui peuvent tous contribuer au processus décisionnel réglementaire. On observe une variabilité importante dans la façon dont ces indicateurs complémentaires sont utilisés, ainsi que dans la façon dont on considère leur importance relative et leur utilité au cours du temps. Il s'agit là d'un domaine de réflexion qui ne peut que bénéficier de la poursuite du débat et de nouveaux échanges de vue.
- Les questions éthiques sont importantes, en particulier au vu des très longues échelles de temps en jeu et de l'impossibilité d'assurer des contrôles institutionnels continus sur de telles périodes. La conception et l'implantation d'un stockage impliquent une pondération des risques et des responsabilités entre générations. Les obligations de la génération actuelle vis-à-vis des générations futures sont complexes : elles touchent non seulement aux questions de sûreté et de protection, mais également à la liberté de choix et à la responsabilité qui y est associée, ainsi qu'au besoin de transfert de connaissances et de ressources. Notre capacité à remplir ces obligations diminue avec le temps, ce qui complique le processus de définition des critères utilisés aujourd'hui pour démontrer que ces obligations seront remplies dans l'avenir. Aucun impératif éthique n'est vu comme absolu, et il n'y a pas de consensus sur ces questions éthiques concernant le long terme. Chaque pays doit déterminer ses propres objectifs dans le cadre de son contexte social et institutionnel.
- On s'accorde que le processus décisionnel et les critères et méthodes sur lesquels il repose doivent être clairs et transparents. Des considérations sociales sont intégrées dans les discussions sur le niveau de risque qui peut être toléré, et il est important de permettre à la société et aux populations concernées de participer aux discussions relatives à la sûreté.
- Il y a pour les régulateurs et les exploitants, en complément de l'exigence de transparence et de participation, la nécessité de ne pas simplifier à outrance, ni promettre ce qui n'est pas réalisable, et d'utiliser un langage qui ne soit ni imprécis, ni obscur. Ces obligations sont d'autant plus difficiles à remplir que la terminologie et les objectifs sous-jacents manquent de clarté.
- L'importance croissante des processus de décision par étapes, ainsi que de la réversibilité et de la récupérabilité, modifient la nature de la conception des stockages, qui devient un processus susceptible d'impliquer lui aussi plusieurs générations. Ce constat pose des problèmes quant à la mise en œuvre du processus décisionnel réglementaire et au maintien de la transparence.
- Il faut continuer à améliorer les méthodes favorisant les processus décisionnels participatifs, en particulier dans le contexte des projets de très longue durée. Il y a aussi une obligation

d'assurer une capacité permanente pour la société de contrôler, d'évaluer et d'ajuster ses positions en fonction de l'évolution de l'installation et cette capacité dépend à son tour de la préservation des connaissances, des compétences et de l'expertise.

Ces résultats ne sont pas éloignés des conclusions du colloque de Cordoue de 1997. Au contraire, les travaux du groupe LTSC peuvent être considérés comme le prolongement de ces conclusions à la lumière des développements nationaux et internationaux survenus au cours de la dernière décennie. L'une des conclusions du colloque de Cordoue était que l'harmonisation à l'échelon international a du sens au niveau des objectifs de sûreté globaux, plutôt qu'au niveau des critères réglementaires détaillés. Ce constat reste vrai aujourd'hui. Il serait utile de poursuivre l'étude de ces questions fondamentales. Une étude plus approfondie de ces questions permettrait d'expliquer les choix des critères, d'illustrer le fait que le processus d'évaluation de la sûreté lui-même est plus important que le niveau de performance calculé en matière de protection radiologique et que ce processus peut jouer un rôle essentiel dans le cadre normal du développement de politiques, objectifs, réglementations et guides au niveau national. Une communication efficace dans le monde de nos objectifs communs de sûreté pourrait contribuer à une meilleure compréhension et acceptation de la part du public tandis qu'il participe à leur mise en pratique. Les travaux réalisés à ce jour dans le cadre du projet LTSC ont jeté les bases de nouveaux progrès dans la compréhension collective de ces questions et ouvert la voie à de nouvelles pistes de réflexion et à de nouveaux axes de recherche.

### Annexe 1

## L'INFRASTRUCTURE RÉGLEMENTAIRE DANS LES PAYS MEMBRES DE L'AEN

La présente annexe est constituée de tableaux tirés du document intitulé *La fonction réglementaire et les déchets radioactifs, Panorama international*, NEA n° 6042, Paris 2005, révisés de manière à tenir compte des dernières évolutions.

Les tableaux utilisent de nombreuses abréviations qui sont explicitées à la fin de l'annexe.

Élément ou activité réglementaire	Organismes associés		
	Belgique	Canada	Finlande
Politique générale	Gouvernement	Gouvernement (RNCan).	Gouvernement
Législation primaire	Parlement	Parlement	Parlement
Législation secondaire	Gouvernement, AFCN	Gouvernement, CCSN.	MCI
Conseil au gouvernement	AFCN	RNCan, CCSN (Secrétariat)	MCI + organismes consultatifs du STUK
Normes	ONDRAF/NIRAS (emballage des déchets)	CCSN, ECan	STUK
Directives		CCSN, ECan	STUK
Autorisation (évacuation)	AFCN, MINT	CCSN	Gouvernement (Parlement + municipalités), STUK
Autorisation (santé et sécurité)	AFCN, MINT	CCSN	Gouvernement (Parlement + municipalités)
Autorisation (aménagement /mise en valeur du territoire)	AFCN, MINT	CCSN, ECan, ACEE, Adm.provinciales.	Gouvernement (Parlement + municipalités)
Inspection/surveillance	AFCN	CCSN	STUK
Mise en conformité	AFCN	CCSN	STUK
Appels		CCSN	
Consultation publique	AFCN, pouvoirs locaux	CCSN, RNCan.	
R-D (recherche industrielle comprise)	ONDRAF/NIRAS, AFCN, CEN/SCK, autres	Industrie, CCSN	Producteurs de déchets (petit programme coordonné par les pouvoirs publics) Posiva Oy, STUK, VTT
Estimation des coûts (recherche industrielle comprise)	ONDRAF/NIRAS	CCSN	FNGDR (MCI)
Transports internationaux	AFCN	CCSN (BAI)	
Garanties		CCSN (BAI)	

**Annexe 1. L'infrastructure réglementaire dans les pays membres de l'AEN (suite)**

Élément ou activité réglementaire	Organismes associés		
	France	Allemagne	Hongrie
Politique générale	Gouvernement	Gouvernement fédéral (BMU, BMBF, BMWA, BMF, BMVBW)	Gouvernement (Ministère de tutelle de la HAEA, autres ministères)
Législation primaire	Parlement	Parlement	Parlement
Législation secondaire	Gouvernement (MInd, MEnv, MS)	BMU	Gouvernement (ordonnances du gouvernement et de divers ministres)
Conseil au gouvernement	OPECST, CNE, ASN et administrations publiques	RSK, SSK, KTA, GRS	HAEA, Conseil de coordination de l'énergie atomique
Normes	ASN, DSND (Défense)	BMU (KTA)	Spécifiées dans les ordonnances susmentionnées
Directives	ASN, DSND (Défense)	BMU	Spécifiées dans les ordonnances susmentionnées
Autorisation (évacuation)	Gouvernement (conseillé par l'ASN).	Autorités compétentes des Länder	Parlement, SPHAMOS, HAEA + autorités spéciales
Autorisation (santé et sécurité)	Gouvernement (conseillé par l'ASN), pouvoirs locaux	Autorités compétentes des Länder	SPHAMOS, HAEA + autorités spéciales
Autorisation (aménagement /mise en valeur du territoire)	Pouvoirs locaux	Autorités compétentes des Länder	Autorités spéciales
Inspection/surveillance	ASN, DSND (Défense)	Autorités compétentes des Länder. BfS (stockage définitif)	SPHAMOS, HAEA + autorités spéciales
Mise en conformité	ASN, DSND (Défense)	Autorités compétentes des Länder	SPHAMOS, HAEA + autorités spéciales
Appels			Deuxième instance de l'organisme réglementaire
Consultation publique	Préfet (enquête publique) CNDP dans certains cas	BMU	Organisme de réglementation de la protection de l'environnement
R-D (Recherche industrielle comprise)	Producteurs de déchets ANDRA, CEA, IRSN	BfS, BMU, BMBF, BMWA, Industrie, GRS, BGR, DBE, GSF, universités etc.	PURAM
Estimation des coûts (travaux industriels compris)	Producteurs de déchets /Andra/ Autorités administratives	BfS, BMBF	PURAM (en accord avec la HAEA et le HEO) + approuvée par le ministre de tutelle de la HAEA
Transports internationaux	ASN	Bundesausfuhramt	HAEA
Garanties	DSND	BMW A	HAEA

**Annexe 1. L'infrastructure réglementaire dans les pays membres de l'AEN (suite)**

Élément ou activité réglementaire	Organismes associés		
	Italie	Japon	Corée, Rép. de
Politique générale	Gouvernement (MAP + autres ministères)	Gouvernement (AEC)	Gouvernement
Législation primaire	Parlement.	Parlement (Diète)	Parlement
Législation secondaire	Gouvernement (Cécrets ministériels)	MECI, MEXT	Gouvernement
Conseil au gouvernement	TCNSHP, Groupe d'experts (Choix du site de stockage)	NSC (Conseille le premier Ministre)	NSC (Conseille le ministre du MST)
Normes	(Intégration des directives de la CE par décrets législatifs)	METCI, MEXT, MTIT	MST/ KINS
Directives	MAP, ANPA	NSC	MST/KINS
Autorisation (Évacuation)	MAP (sur la base des avis de l'APAT)	MECI, MEXT	MST
Autorisation (Santé et sécurité)	MAP (sur la base des avis de l'APAT)	MECI, MEXT	MST, MEnv
Autorisation (Aménagement / Mise en valeur du territoire)		MTIT	MCIE, collectivités locales
Inspection/surveillance	APAT	MECI, MEXT	MST/KINS
Mise en conformité	APAT	MECI, MEXT	MST/KINS
Appels			
Consultation publique		Tous les organismes de réglementation	Organismes agréés
R-D (Recherche industrielle comprise)	APAT, SOGIN	NUMO, JAEA, RWMC, CRIEPI	KINS, KAERI, KHNP
Estimation des coûts (Travaux industriels compris)	SOGIN	MECI	MCIE
Transports internationaux	APAT	MTIT, MECI	MST
Garanties	APAT	MEXT	MST/KINAC

**Annexe 1. L'infrastructure réglementaire dans les pays membres de l'AEN (suite)**

Élément ou activité réglementaire	Organismes associés		
	Norvège	République slovaque	Espagne
Politique générale	Gouvernement	Gouvernement	Gouvernement (MINECO, conseillé par ENRESA + MEnv)
Législation primaire	Parlement	Parlement	Parlement
Législation secondaire	Gouvernement (MS)	Tous les organismes de réglementation	MINECO (conseillé par CSN)
Conseil au gouvernement	NRPA	MH SR, MZ SR, UJD SR	CSN
Normes	NRPA	Spécifiées par la réglementation	(Intégration des directives de la CE par décrets ou ordonnances)
Directives	NRPA	UJD SR	CSN
Autorisation (évacuation)	Gouvernement, MS (sur conseil du NRPA)	Bureau municipal (sur la base des avis de l'UJD SR et de l'UVZ)	MINECO (conseillé par CSN)
Autorisation (santé et sécurité)	Idem	idem	MINECO (conseillé par CSN)
Autorisation (aménagement /mise en valeur du territoire)		MZP SR, Bureau municipal	MEnv., MINECO, CSN
Inspection/surveillance	NRPA	UJD SR, UVZ	CSN
Mise en conformité	NRPA	UJD SR, UVZ.	CSN
Appels			
Consultation publique	Tous les organismes de réglementation, notamment NRPA, IFE	Tous les organismes de réglementation.	CSN
R-D (recherche industrielle comprise)	IFE	VUJE, UJD SR, producteurs de déchets	CSN, ENRESA
Estimation des coûts (travaux industriels compris)	IFE, MCI	MH SR	ENRESA
Transports internationaux		UJD SR, MZ SR	CSN
Garanties	NRPA, IFE	UJD SR	



**Annexe 1. L'infrastructure réglementaire dans les pays membres de l'AEN (suite)**

Élément ou activité réglementaire	Organismes associés		
	Suède	Suisse	Royaume-Uni
Politique générale	Gouvernement	Conseil fédéral (Gouvernement fédéral)	Gouvernement (Defra, SE, NAW, DoE (NI))
Législation primaire	Parlement	Parlement	Parlement, Parlement écossais.
Législation secondaire	Gouvernement	Conseil fédéral, UVEK, OFEN	DEFRA, SE, NAW, DoE (NI)
Conseil au gouvernement	KASAM, SKI, SSI	DSN, CSA, AGNEB	RWMAC, NUSAC, RCEP, COMARE, HPA/NRPB
Normes	SKI, SSI	DSN	EA, SEPA, DoE (NI), HSE. Nirex (emballage)
Directives	SKI, SSI	DSN	EA, SEPA, DoE(NI), HSE
Autorisation (évacuation)	Gouvernement sur avis, par ex., de SKI (installations nucléaires) et SSI, tribunal environnemental	Conseil fédéral (sous la conduite de l'OFEN, après examen de la DSN + de la CSA, en concertation avec les Cantons)	EA, SEPA, DoE(NI)
Autorisation (santé et sécurité)	Idem	Conseil fédéral (voir ci-dessus)	HSE(NII) sur les sites nucléaires, HSE (FO sur les sites non nucléaires)
Autorisation (aménagement /mise en valeur du territoire)	Conseil administratif de comté	Autorisation générale émise par le Conseil fédéral (comme ci-dessus) + approuvée par le Parlement.	Pouvoirs locaux, DEFRA, SE, NAW, DoE(NI)
Inspection/surveillance	SSI, SKI (sites nucléaires)	DSN	EA, SEPA, DoE(NI), HSE(NII) (sites nucléaires)
Mise en conformité	SSI, SKI (sites nucléaires)	DSN	EA, SEPA, DoE(NI), HSE(NII) (sites nucléaires)
Appels	Tribunal environnemental		DEFRA, SE, NAW, DoE(NI)
Consultation publique	SSI/SKI (conjointement)	METEC, OFEN, DSN	Tous organismes de réglementation
R-D (recherche industrielle comprise)	SKB (revu par SKI + SSI), SKI + SSI	IPS, universités (financées par l'État fédéral + CEDRA)	EA, DEFRA, Nirex, Producteurs de déchets
Estimation des coûts (travaux industriels compris)	SKB/SKI/BNWF	Exploitants de NPP + CEDRA revue par DSN + FMC	Exploitants
Transports internationaux	SKI, SSI	OFEN, revu par DSN	EA, SEPA, DoE(NI)
Garanties	SKI	OFEN	DTI

**Annexe 1. L'infrastructure réglementaire dans les pays membres de l'AEN (suite)**

Élément ou activité réglementaire	Organismes associés
	États-Unis
Politique générale	Gouvernement fédéral
Législation primaire	Congrès
Législation secondaire	DoE, EPA, NRC
Conseil au gouvernement	EPA, NRC, NWTRB, NAS
Normes	EPA, NRC
Directives	NRC, EPA (pour le WIPP)
Autorisation (évacuation)	NRC (NMSS), EPA (pour le WIPP), DOE (auto-autorisation dans certains cas)
Autorisation (santé et sécurité)	NRC (NMSS), à l'exclusion des réacteurs de puissance en exploitation et de tous les réacteurs non producteurs de puissance
Autorisation (aménagement /mise en valeur du territoire)	NRC, États fédéraux.
Inspection/surveillance	NRC (NMSS et OSTP), EPA (pour le WIPP)
Mise en conformité	NRC (NMSS), EPA (pour le WIPP)
Appels	
Consultation publique	NRC (OPA)
R-D (recherche industrielle comprise)	NRC(RES), NRC(NMSS) recherche de confirmation pour les DHR
Estimation des coûts (travaux industriels compris)	NRC
Transports internationaux	NRC (NMSS), DoT
Garanties	NRC (NSIR)

## *Liste des abréviations de l'annexe 1*

### **Allemagne**

BGR	Institut fédéral des sciences de la Terre et des matières premières
BMBF	Ministère fédéral de l'éducation et de la recherche
BMF	Ministère fédéral des finances
BMU	Ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature et de la sûreté des réacteurs
BMWA	Ministère fédéral de l'économie et du travail
BMVBW	Ministère fédéral des transports, de la construction et du logement
BfS	Office fédéral de radioprotection
DBE	Société allemande pour la construction et l'exploitation d'installations de stockage définitif de déchets
GSF	Centre national de recherche sur l'environnement et la santé
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH
KTA	Commission des normes de sûreté nucléaire
RSK	Commission de la sûreté des réacteurs
SSK	Commission de radioprotection

### **Belgique**

AFCN	Agence fédérale de contrôle nucléaire
CEN/SCK	Centre d'étude de l'énergie nucléaire
MINT	Ministère de l'intérieur, chargé de la radioprotection et de la sûreté nucléaire
ONDRAF/NIRAS	Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles

### **Canada**

ACEE	Agence canadienne d'évaluation environnementale
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CCSN (BAI)	Bureau des affaires internationales de la CCSN
ECan	Environnement Canada
RNCan	Ressources naturelles Canada

### **Corée, République de**

NSC	Nuclear Safety Commission
MST	Ministère de la science et de la technologie
KINS	Korea Institute of Nuclear Safety
MEnv.	Ministère de l'Environnement
MCIE	Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Énergie
KAERI	Korea Atomic Energy Research Institute
KHNP	Radiation Health Research Institute
KINAC	Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control

### **Espagne**

CSN	Conseil de la sécurité nucléaire
ENRESA	Entreprise nationale chargée des déchets radioactifs
MITYC	Ministère de l'Industrie, du Tourisme et du Commerce
MINECO	Ministère de l'économie et des finances
MEnv	Ministère de l'Environnement
CIEMAT	Centre de Recherche pour la Technologie, l'Énergie et l'Environnement

### **États-Unis d'Amérique**

DOE	Ministère de l'Énergie
EPA	Agence pour la protection de l'environnement
NAS	Académie nationale des sciences
NRC	Commission de la réglementation nucléaire
NRC (NMSS)	NRC (Bureau de la sûreté des matières nucléaires et des garanties)
NRC (NSIR)	NRC (Bureau de la sécurité nucléaire et de la réponse aux incidents)
NRC (OPA)	NRC (Bureau des affaires publiques)
NRC (OSTP)	NRC (Service des programmes des États et des tribus)
NRC (RES)	NRC (Service de recherche sur la réglementation nucléaire)
NWTRB	Conseil d'examen technique des déchets nucléaires
WIPP	Installation pilote de confinement des déchets (pour déchets transuraniens militaires)

### **Finlande**

MCI	Ministère du commerce et de l'industrie
FNGDR	Fonds national pour la gestion des déchets radioactifs
STUK	Autorité de radioprotection et de sûreté nucléaire
VTT	Centre de recherche technique
Posiva OY	Organisme national pour le stockage final du combustible usé

### **France**

ANDRA	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
ASN	Autorité de sûreté nucléaire
CEA	Commissariat à l'énergie atomique
DSND	Délégation à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense
MEnv	Ministère de l'environnement
MS	Ministère de la santé
MInd	Ministère de l'industrie
CNE	Commission nationale d'évaluation
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
OPECST	Office parlementaire pour l'évaluation des choix scientifiques et techniques

### **Hongrie**

HAEA	Autorité hongroise de l'énergie atomique
HAEC	Commission hongroise de l'énergie atomique
HEO	Office hongrois de l'énergie
MoH	Ministère de la santé, des affaires sociales et de la famille
PURAM	Agence publique pour la gestion des déchets radioactifs
RBEP	Autorité de réglementation de la protection de l'environnement
SPHAMOS	Service national de santé publique et des soins médico-sanitaires

### **Italie**

APAT	Agence nationale pour l'environnement et les services techniques
ANPA	Association nationale des juristes et avocats
MAP	Ministère des activités de production
SOGIN	Société pour la gestion des installations nucléaires
TCNSHP	Commission technique pour la sûreté nucléaire et la protection de la santé

**Japon**

AEC	Commission à l'énergie atomique
CRIEPI	Central Research Institute of Electric Power Industry
JAEA	Japon Atomic Energy Agency
MECI	Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie
MEXT	Ministère de l'éducation, de la culture, des sports, des sciences et de la technologie
MTIT	Ministère du territoire, des infrastructures et des transports
NSC	Commission de sûreté nucléaire
NUMO	Organisation pour la gestion des déchets nucléaires
RWMC	Radioactive Waste Management and Research Center

**Norvège**

MEnv	Ministère de l'environnement
MS	Ministère de la santé
NRPA	Autorité norvégienne de radioprotection
MCI	Ministère du commerce et de l'industrie
IFE	Institut des techniques de l'énergie

**République slovaque**

MH SR	Ministère de l'économie
MZ SR	Ministère de la Santé
UJD SR	Autorité de réglementation nucléaire
UVZ	Office de santé publique
MZP SR	Ministère de l'environnement
VUJE	Organisation d'ingénierie, de conception et de recherche

**Royaume-Uni**

COMARE	Comité sur les aspects médicaux des rayonnements dans l'environnement
CoRWM	Committee on Radioactive Waste Management
Defra	Ministère de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales
DoE(IN)	Ministère de l'environnement (Irlande du Nord)
DTI	Ministère du commerce et de l'industrie
EA	Agence de l'environnement (Angleterre et Pays de Galles)
HPA	Agence de protection de la santé
HSE(NII)	Direction de la santé et de la sécurité (Inspection des installations nucléaires)
HSE(FO)	Direction de la santé et de la sécurité (Opérations sur le terrain)
NAW	Assemblée nationale du Pays de Galles
Nirex	Organisation nationale britannique pour la gestion des déchets radioactifs
NRPB	Commission nationale de radioprotection
NuSAC	Comité consultatif sur la sûreté nucléaire
RCEP	Commission royale sur la pollution de l'environnement
RWMAC	Comité consultatif sur la gestion des déchets radioactifs
SE	Gouvernement de l'Écosse
SEPA	Agence écossaise de protection de l'environnement

**Suède**

BNWF	Commission du fonds pour les déchets nucléaires
KASAM	Conseil national suédois des déchets nucléaires
SKB	Compagnie suédoise de gestion du combustible et des déchets nucléaires
SKI	Service national d'inspection de l'énergie nucléaire de Suède
SSI	Institut national de protection contre les radiations

**Suisse**

AGNEB	Groupe de travail interagences de la Confédération pour la gestion des déchets radioactifs
OFEN/BFE	Office fédéral de l'énergie
FMC	Finance Management Consulting
DSN/HSK	Division principale de la sécurité des installations nucléaires
CSA/KSA	Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires
IPS	Institut Paul Scherrer
CEDRA/NAGRA	Coopérative nationale pour l'entreposage des déchets radioactif
NPP	Centrale électronucléaire
METEC	Ministère fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et des communications

*Annexe 2*

**CRITÈRES NATIONAUX DE DOSES ET DE RISQUES  
POUR LE STOCKAGE FINAL DES DÉCHETS  
À VIE LONGUE DANS DIFFÉRENTS PAYS**

<b>Pays</b>	<b>Valeurs limites d'impact (individus les plus exposés)</b>	<b>Autres limites ou conditions</b>
<b>Allemagne</b>	Pour assurer une protection adéquate de l'homme et de l'environnement, les critères définissent la dose individuelle comme principal indicateur de sûreté pour la phase post-fermeture. L'analyse doit montrer qu'une limite de dose individuelle de 0,3 mSv/a ne sera pas dépassée. Les critères de sûreté pour le stockage final des déchets radioactifs sont en cours de révision. Les critères révisés tiendront compte des dernières évolutions internationales en matière de stockage des déchets ainsi que de celles concernant la structure, le contenu et la présentation du dossier de sûreté post-fermeture.	Les critères de sûreté pour l'enfouissement des déchets exigent la preuve que le site envisagé présente des caractéristiques mécaniques, techniques et hydrogéologiques favorables. Une analyse de sûreté est requise pour tous les scénarios de relâchement de radionucléides qui ne peuvent être entièrement exclus. La sûreté du site sur une période de un million d'années doit être démontrée. Certaines procédures d'autorisation ont réclamé l'utilisation d'autres indicateurs.
<b>Belgique</b>	Contrainte de dose : de 0,1 à 0,3 mSv/an. Contrainte de risque : $10^{-5}$ /an. (Note : valeurs de travail en l'absence de valeurs réglementaires)	Contrainte de dose adaptée à des scénarios à forte probabilité, contrainte de risque adaptée à des scénarios de probabilité moindre.
<b>Canada</b>	En cours d'élaboration : Contrainte de dose temporaire pouvant aller jusqu'à 0,3 mSv/an aux fins d'optimisation de la conception ainsi que le recommandent la CIPR et l'AIEA.	Des directives concernant les échelles de temps, le contrôle institutionnel et d'autres indicateurs sont également en cours d'élaboration. Un critère de dose de 1 mSv/an pour le public est le critère utilisé pour l'évaluation des scénarios d'intrusion humaine.
<b>Corée, Rép.</b>	Limite de dose : 0,1 mSv/an pour une évolution normale Limite de risque : $10^{-6}$ /an pour des événements perturbateurs probabilistes	Une limite de dose de 1 mSv/an pour le public est le critère appliqué aux scénarios d'intrusion humaine.
<b>Espagne</b>	Limite de dose : 0,1 mSv/an. Limite de risque : $10^{-6}$ /an. En révision en fonction de la CIPR 81	Limite de dose adaptée aux scénarios à probabilité élevée, et limite de risque adaptée aux scénarios à plus faible probabilité. Critères généraux de sélection des sites d'implantation.



<b>Méthode de gestion de la probabilité ou de l'incertitude</b>	<b>Références</b>	<b>Pays</b>
<p>Dossier de sûreté avec analyses d'incertitude (exigés lors des procédures d'autorisation). Suppose la traçabilité du dépôt pendant 500 ans, et l'absence d'intrusion humaine avant cette date.</p> <p>Les limites de doses individuelles sont définies pour différentes catégories de probabilités d'occurrence (dérivées des variations des rayonnements ambiants). Cette approche a été retenue, entre autres raisons, pour éviter les problèmes théoriques liées au concept de risque sur de longues échelles temporelles.</p>	<p>Loi relative à l'énergie atomique du 23 décembre 1959 (dernier amendement le 22 avril 2002)</p> <p>Critères de sécurité pour le stockage définitif des déchets radioactifs dans une mine; 1983.</p>	<b>Allemagne</b>
	SAFIR 2.	<b>Belgique</b>
En cours d'élaboration		<b>Canada</b>
En cours d'élaboration	Notice 2005-17 du MST	<b>Corée, République de</b>
	<p>Décision du CSN sur le projet du Premier plan général de gestion des déchets, approuvé en 1997.</p> <p>Rapport du CSN au Parlement, 2<sup>ème</sup> semestre 1985.</p> <p>Premier rapport (2003) dans le cadre de la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs.</p>	<b>Espagne</b>

Pays	Valeurs limites d'impact (individus les plus exposés)	Autres limites ou conditions
<b>États-Unis (Mont Yucca)<sup>1</sup></b>	Limite de dose (absence d'intrusion humaine) : 0,15 mSv/an. (équivalent à un risque de cancer fatal de $8,5 \cdot 10^{-6}$ /an avec un taux de conversion de 0,0575 cancers par Sv). Limite de dose (après intrusion humaine) : 0,15 mSv/an par suite d'une intrusion humaine dans la période de $10^4$ ans suivant le stockage.	Des restrictions détaillées s'appliquent pendant $10^4$ ans aux concentrations de radionucléides dans les eaux souterraines. Conformité à la limite quantitative de dose exigée pendant $10^4$ ans. Calcul de la dose maximale exigée pour la période ultérieure, (jusqu'à $10^6$ ans, soit la période de stabilité géologique supposée), mais la norme quantitative ne s'applique pas au-delà de $10^4$ ans.
<b>Finlande</b>	Limite de dose : 0,1 mSv/an pour une évolution normale. Pour les événements improbables, l'impact est évalué au regard du risque équivalent à la limite de dose	Les relâchements de radionucléides dans l'environnement humain doivent être inférieurs aux contraintes spécifiées pour les nucléides. Les contraintes de dose et de risque s'appliquent sur plusieurs milliers d'années. Les limites aux relâchements de radionucléides s'appliquent sur des plus longues durées.
<b>France</b>	Limite de dose : 0,25 mSv/an pour une évolution normale	La limite de dose est applicable pendant $10^4$ ans, et constitue une référence pour les périodes ultérieures. Le contrôle institutionnel est censé empêcher toute intrusion humaine pendant 500 ans.
<b>Hongrie</b>	Limite de dose : 0,1 mSv/an. Limite de risque : $10^{-5}$ /an, pour les retombées d'événements perturbateurs isolés.	Les conséquences d'événements perturbateurs isolés seront évaluées par des analyses probabilistes.
<b>Japon</b>	(En cours d'élaboration)	
<b>Norvège</b>	(non disponible)	
<b>Pays-Bas</b>	Limite de dose : 0,1 mSv/an, (Objectif d'optimisation : 0,04 mSv/an), pour une évolution normale	

1. En 2005, certaines modifications ont été proposées aux normes du Mont Yucca contenues dans la réglementation 40 CFR Part 197. Ces modifications prolongeraient la période pendant laquelle une limite de dose quantitative s'applique jusqu'à la fin de la période de stabilité géologique au Mont Yucca, estimée à un million d'années environ. Les limites de dose concernant les 10 000 premières années seraient maintenues au niveau indiqué dans le tableau. La règle proposée établirait une nouvelle limite de dose de 3,5 mSv/an pour la période comprise entre 10 000 ans et 1 million d'années en cas de fonctionnement non perturbé et, séparément, dans l'éventualité d'une intrusion humaine. Ces limites garantiraient que toute personne vivant à proximité du Mont Yucca dans le million d'années à venir ne recevrait pas de doses totales de rayonnements supérieurs au niveau de rayonnement naturel dans des régions comparables au plan géographique et géologique. La durée des normes applicables aux eaux souterraines n'irait pas au-delà de 10 000 ans. Pour de plus amples détails sur la règle proposée, veuillez consulter le site: [www.epa.gov/radiation/yucca](http://www.epa.gov/radiation/yucca). Ces modifications n'ont pas encore été définitivement adoptées.

<b>Méthode de gestion de la probabilité ou de l'incertitude</b>	<b>Références</b>	<b>Pays</b>
Période d'analyse des événements/scénarios limitée à $10^{-8}$ /ans. (soit $\approx 10^{-4}$ /10 000 ans pour la période post-fermeture)	Règle 40 CFR Part 197, telle qu'appliquée dans la règle 10 CFR Part 63	<b>États-Unis</b>
Si possible, les événements peu probables sont évalués en termes quantitatifs ; dans le cas contraire, ils le sont au travers d'une analyse qualitative. Analyses prudentes, déterministes, avec évaluation des conséquences des incertitudes.	Décision gouvernementale : 478/1999. Guide : YVL 8.4	<b>Finlande</b>
Les événements aléatoires, imprévus sont soumis à une appréciation au cas par cas, y compris les glaciations susceptibles d'intervenir dans plus de 50 000 ans.	RFS III 2f	<b>France</b>
Les analyses probabilistes peuvent faire abstraction des événements dont la probabilité d'occurrence est inférieure à $10^{-7}$ /an.	Décret 47/2003 (VIII.8) E5ZCSM	<b>Hongrie</b>
		<b>Japon</b>
		<b>Norvège</b>
	Premier Rapport (2003) dans le cadre de la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs.	<b>Pays-Bas</b>

Pays	Valeurs limites d'impact (individus les plus exposés)	Autres limites ou conditions
<b>République tchèque</b>	Contrainte de dose : 0,25 mSv/an	Les sites de stockage devraient constituer une barrière naturelle concourant à maintenir les effets radiologiques des déchets sur les humains et l'environnement à des niveaux acceptables. Des analyses de sûreté sont obligatoires pour les scénarios de relâchement qui ne peuvent être exclus.
<b>Royaume-Uni</b>	Contrainte de dose : 0,3 mSv/an. Objectif de risque : $<10^{-6}$ /an. (un taux de conversion dose-risque de 0,06 par Sv sera utilisé pour les débits de dose inférieurs à 0,5 Sv/a)	La contrainte de dose s'applique à la période précédant l'arrêt du contrôle, l'objectif de risque à des périodes plus longues. Il doit être démontré que les relâchements de radionucléides ne risquent pas d'entraîner une hausse sensible des niveaux de radioactivité dans l'environnement accessible.
<b>Slovaquie</b>	En élaboration – pour les déchets radioactifs contenant des niveaux significatifs de radionucléides dont les demi-vies sont supérieures à 30 ans	Limite de dose de 0,1 mSv/an. (scénarios d'évolution normale) et de 1 mSv/an. (scénarios d'intrusion) – pour les déchets à radioactivité faible ou intermédiaire contenant un nombre restreint de radionucléides dont les demi-vies sont supérieures à 30 ans.
<b>Suède</b>	Limite de risque : $10^{-6}$ /an. (un taux de conversion dose/risque de $0,073 \text{ Sv}^{-1}$ sera utilisé.)	La biodiversité et les ressources biologiques seront également protégées contre les effets des rayonnements ionisants. Une évaluation quantitative, dont la dose collective, doit être effectuée pour la période couvrant les mille premières années. Au-delà de 1 000 ans, examen général des différents scénarios envisageables pour l'évolution des propriétés de l'installation, de son environnement et de la biosphère (SSI). Une évaluation de la sûreté couvrira toute la période pendant laquelle des fonctions de barrière sont nécessaires, mais dans tous les cas 10 000 ans au moins.
<b>Suisse</b>	Contrainte de dose : 0,1 mSv/an. Objectif de risque : $10^{-6}$ /an.	Contrainte de dose adaptée aux scénarios à probabilité élevée, et objectif de risque adapté aux scénarios à probabilité moindre. (Valides pour toutes les époques.) Confinement intégral pendant 1 000 ans.
<b>AIEA</b>	Contrainte de dose : 0,3 mSv/an. Contrainte de risque : $10^{-5}$ /an.	

<b>Méthode de gestion de la probabilité ou de l'incertitude</b>	<b>Références</b>	<b>Pays</b>
L'analyse de sûreté n'est pas tenue de prendre en compte les scénarios de à probabilité plus faible que $10^{-6}$ /an	Décrets : N° 307/2002 sur la radioprotection N° 215/199 sur le choix des sites d'implantation des installations nucléaires	<b>République tchèque</b>
La présentation des informations sur les risques doit séparer, dans la mesure du possible, la probabilité et les conséquences.	Environment Agency "GRA" Document, 1997 (EA, SEPA, DoE(NI)).	<b>Royaume-Uni</b>
	Décision du médecin-hygiéniste en chef (1988)	<b>Slovaquie</b>
Les incertitudes associées à la description des fonctions, des scénarios, des modèles et des paramètres de calculs utilisés dans la description, ainsi que la façon dont les variations dans les propriétés des barrières ont été traitées dans l'évaluation de la sûreté doivent être notifiées ; la notification comprendra une analyse de sensibilité indiquant en quoi les incertitudes influent sur la description du fonctionnement des barrières, et une analyse des conséquences sur la santé humaine et l'environnement.	SSI FS 1998:1 SSI FS 2005:5 SKI FS 2002:1	<b>Suède</b>
Pour le calcul des doses à long terme : – Biosphères de référence. – Population aux habitudes de vie réalistes. – Hypothèses prudentes.	DSN R-21	<b>Suisse</b>
Plusieurs argumentaires, fondés sur des études des analogues naturels et des études paléo-hydrologiques du site et de la roche hôte par exemple	Normes de sécurité en cours de rédaction.	<b>AIEA</b>



### Annexe 3

## ANALYSE DES DIFFÉRENCES ENTRE LES CRITÈRES DE RADIOPROTECTION

### Introduction

Il convient de noter de prime abord que l'analyse qui suit porte uniquement sur les critères de radioprotection utilisés pour évaluer les projets de stockage géologique des déchets de haute activité. Elle ne cherche pas à résoudre le problème de la cohérence entre les critères applicables aux déchets de haute activité et ceux concernant les déchets de faible activité à vie longue tels que les déchets miniers et de traitement de l'uranium. Elle se limite par ailleurs aux risques radiologiques et aux critères de protection de l'homme (et non de l'environnement).

L'examen de la synthèse des réponses à la première question du questionnaire portant sur les critères de protection à long terme (NEA/RWM(2004)8/REV1), montre que celles-ci « semblent bien s'accorder » sur le fait que les niveaux de protection visés pour les générations futures sont « globalement cohérents ». Néanmoins, le mot clé est ici « globalement ». Les contraintes de dose énumérées dans le tableau des critères nationaux varient de 0.1 mSv/a à 0.3 mSv/a, soit d'un facteur trois. L'écart entre les critères est en revanche plus important si l'on prend en compte les contraintes de risque. Toutes les réponses ne mentionnent pas des contraintes de risques, mais celles qui le font se partagent quasiment à égalité entre deux valeurs de risque :  $10^{-5}$  par an et  $10^{-6}$  par an. Si l'on applique un facteur nominal de conversion du risque radiologique à la fourchette de valeurs comprise entre  $5 \times 10^{-2}$  et  $7 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ , on constate que des contraintes de dose de 0.1 à 0.3 mSv/a correspondent à des risques radiologiques annuels compris entre  $5 \times 10^{-6}$  et  $2 \times 10^{-5}$  environ, de sorte que les valeurs supérieures et inférieures des valeurs figurant dans le tableau (d'une contrainte de risque de  $10^{-6}$  par an à une contrainte de dose de 0,3 mSv/a) varieraient d'un facteur 20 environ<sup>1</sup>.

Pour analyser les raisons de cette large fourchette de valeurs, il serait utile d'examiner différents éléments du contexte réglementaire et notamment les points suivants : la terminologie utilisée et son interprétation, les bases de sélection des critères, et les modes d'évaluation de la conformité aux critères. C'est à la lumière de cet examen que nous pourrions vérifier si les écarts entre les critères sont significatifs en termes de radioprotection.

### Terminologie et interprétation

Il faut avant tout préciser que, pour l'essentiel, la comparaison ne porte pas sur les limites réglementaires, mais sur les contraintes de radioprotection utilisées par les opérateurs pour la conception du stockage. En démontrant que la conception d'un dépôt est conforme aux contraintes définies au niveau national, on peut espérer garantir, avec un haut niveau de confiance, qu'aucun individu appartenant à une génération future ne sera exposé à une dose dépassant les limites de dose réglementaires actuellement en vigueur, ou à un risque qui ne serait pas jugé acceptable aujourd'hui. Dans certains pays, les critères sont exprimés sous forme d'objectifs de conception plutôt que de

---

1. Depuis la rédaction du présent rapport, la proposition de révision de la réglementation du projet du Mont Yucca, aux États-Unis, a été publiée. Si elle est adoptée, la fourchette couverte par le critère national de dose et de risque sera encore élargie. Voir également l'annexe 2.

contraintes de conception. Une contrainte de conception constitue un critère fixe déterminant dans le cadre d'une procédure d'autorisation, alors qu'un objectif de conception représente un objectif général que l'on s'est fixé dans le cadre d'un processus d'optimisation de la conception.

S'agissant des critères de risques, il nous faut également établir une distinction entre le risque radiologique, qui est en fait un risque conditionnel (reposant sur la probabilité du scénario qui entraîne l'exposition), et le risque potentiel ou « agrégé », qui intègre directement la probabilité du scénario dans les calculs. Pour une évolution normale et d'autres scénarios à forte probabilité, la probabilité d'occurrence du scénario est voisine de 1 ; le risque radiologique et le risque potentiel sont identiques. Dans le cas d'un événement à faible probabilité, comme une intrusion humaine dans un stockage géologique profond : si l'on utilise une contrainte de risque potentiel l'exposition prévue pourrait être autorisée à dépasser la contrainte de dose normale dès lors que le risque radiologique ne dépasse pas la contrainte de risque potentiel (approche dite d'agrégation du risque).

L'homme étant souvent moins disposé à accepter, pour le même risque potentiel calculé, un événement à faible probabilité et aux conséquences graves qu'un événement à probabilité élevée et à conséquences faibles, un critère unique de risque ne serait pas forcément pertinent si l'on considère les deux situations. Ainsi, les contraintes ou objectifs de risques appliqués aux événements à conséquences élevées pourraient être plus stricts que ceux appliqués aux événements à forte probabilité ou aux scénarios d'évolution normale (approche dite d'aversion au risque).

Certains des critères réglementaires intègrent dans une mesure variable à la fois l'approche d'agrégation du risque et l'approche d'aversion au risque. Néanmoins, la majeure partie de l'analyse qui suit portera sur les critères utilisés pour les scénarios d'évolution normale à probabilité élevée. Dans les deux cas, le risque radiologique et le risque potentiel sont les mêmes, et l'utilisation d'un facteur de conversion radiologique dose-risque constant permet de comparer directement les critères de risque et de dose.

## **Bases d'établissement des critères**

Les différences observées entre les critères sont en partie imputables à l'utilisation de différentes stratégies pour leur établissement selon les pays. Celles-ci semblent être au nombre de trois et font référence soit : aux critères de radioprotection en vigueur pour les installations en fonctionnement ; à la variabilité des expositions aux rayonnements ambiants ; aux critères généralement acceptés en matière de risque naturel ou industriel. Bien entendu, toutes ces stratégies bien qu'elles s'appuient sur des fondements théoriques distincts, sont interdépendantes, et de nombreux critères nationaux se justifient en faisant référence à plusieurs d'entre elles, même si le poids relatif qui est accordé à chaque stratégie varie selon les pays.

La première stratégie a été choisie dans le document 81 de la CIPR et dans le projet de document sur les Prescriptions de sûreté DS-154 de l'AIEA<sup>2</sup>. Elle part du principe que l'objectif fondamental est de garantir que nul individu à l'avenir ne soit soumis, en situation normale, à une exposition radiologique résultant d'un stockage qui serait supérieure à l'exposition à laquelle pourrait être soumise une personne du public dans le cadre du fonctionnement d'une installation nucléaire actuellement autorisée. La contrainte de dose recommandée par la CIPR est de 0.3 mSv/a. Cette valeur est identique à celle de la contrainte de dose recommandée pour les nouvelles pratiques, qui vise à tenir compte du fait que les doses peuvent provenir de sources multiples. Certains pays ont directement adopté une contrainte de dose de 0,3 mSv/a. D'autres appliquent un coefficient de sûreté supplémentaire de deux ou trois pour tenir compte d'autres incertitudes associées à la présence de

---

2. Publiée sous la cote WS-R-4.



sources d'exposition de différentes origines. Ce choix les a généralement conduits à fixer des contraintes de dose comprises entre 0.1 mSv/a à 0.15 mSv/a.

La CIPR suggère également qu'une contrainte de risque de  $10^{-5}$  par an correspond approximativement à une contrainte de dose de 0.3 mSv/a. Or, si l'on utilise le taux de conversion actuel du risque, une contrainte de dose de 0,3 mSv/a correspond à un risque d'environ  $2 \times 10^{-5}$  par an ; autrement dit, les deux chiffres diffèrent d'un facteur deux environ. Aucune raison technique évidente ne semble expliquer cette différence.

La deuxième stratégie ne s'inspire pas directement des recommandations de la CIPR, mais compare la dose radiologique additionnelle résultant du fonctionnement normal du centre de stockage à la variabilité de la dose associée au rayonnement naturel ambiant. Étant donné que l'homme ne tient généralement pas compte des variations du rayonnement naturel dans la planification de ses activités quotidiennes, on estime qu'une faible augmentation de la dose, aux environs d'un centre de stockage, par rapport à la variabilité normale ne devrait pas poser de problème en termes de risque radiologique. Quelques pays ayant adopté ou envisageant d'adopter des critères établis sur cette base (l'Allemagne et la Suisse, par exemple) ont défini un critère de dose de 0,1 mSv/a environ. Les États-Unis se sont également fondés sur les variations de la radioactivité naturelle pour l'extension des normes proposées pour le projet de stockage de Yucca Mountain.

La troisième stratégie s'écarte quelque peu des deux précédentes et se fonde sur le niveau global de risque acceptable. Plusieurs pays ont proposé une contrainte de risque de  $10^{-6}$  par an pour le risque potentiel des scénarios à faible probabilité. Une valeur de un sur un million est parfois présentée comme acceptable pour la société et applicable à une large gamme de risques d'origine naturelle ou industrielle.

Dans certains pays tels que le Royaume-Uni, cette valeur numérique du risque sert d'objectif pour les scénarios d'évolution normale. Si l'on applique les taux de conversion du risque en vigueur, elle correspond à un niveau maximum de radioexposition en terme d'objectif (et non de limite) égal à 0,015 mSv/a, soit un niveau considérablement inférieur aux valeurs de contraintes obtenues en application de la stratégie de radioprotection. Dans d'autres cas, dont celui des États-Unis, une contrainte de risque de  $10^{-5}$  par an se justifie au moins en partie pour des raisons de concordance avec les paramètres fondés sur les limites de dose.

On remarquera que les contraintes et objectifs de risques sont souvent arrondis à l'ordre de grandeur le plus proche ( $10^{-5}$  ou  $10^{-6}$ ). Cette façon de procéder concerne particulièrement le cas de la contrainte de risque proposée par la CIPR, mais semble s'appliquer également aux choix réalisés par d'autres organismes. En effet, on spécifie généralement les critères de risque comme si l'on utilisait une échelle logarithmique avec une précision d'un chiffre seulement, ce qui tient au fait que les valeurs retenues sont à un niveau très bas.

À l'inverse, les valeurs des contraintes de dose sont spécifiées en unités identiques à celles utilisées pour évaluer la conformité aux limites réglementaires, où des écarts relativement faibles peuvent entraîner des conséquences substantielles (des mesures coercitives, par exemple). Nous pourrions donc juger la différence entre 0.15 mSv/a et 0.25 mSv/a importante. Or, si l'on convertissait les chiffres en niveaux de risque, l'écart correspondant entre  $1.1 \times 10^{-5}$  et  $1.8 \times 10^{-5}$  par an paraîtrait moins significatif.

## **Évaluation de la conformité**

Des interprétations distinctes de l'évaluation de la conformité aux critères de conception peuvent influencer diversement le résultat.

Les critères de conception peuvent être utilisés de différentes manières au cours du processus d'optimisation. Si nous voyons dans l'optimisation un exercice qui influence la conception en se fondant sur des critères de radioprotection et donc en se référant à une échelle de valeurs de doses comprises entre un plafond à ne pas dépasser (équivalent à une limite de dose de 1 mSv/a pour une installation en fonctionnement) et un seuil au-dessous duquel la poursuite de l'optimisation ne serait pas considérée justifiée (un critère *de minimis* de 10 µSv/a par exemple), il nous faut alors déterminer le rôle exact du critère de conception : s'agit-il réellement d'une limite stricte ou s'agit-il d'autre chose ? Dans la plupart des cas, les contraintes de dose et de risque sont utilisées comme des limites strictes, mais dans d'autres cas, les critères de dose et de risque sont utilisés comme des objectifs généraux plutôt que comme des limites strictes ou des contraintes (au Royaume-Uni, par exemple).

Il faut, pour évaluer les conséquences, établir des scénarios représentatifs et prendre des décisions quant au choix des paramètres et des modèles caractérisant ces scénarios. Le caractère plus ou moins pessimiste des choix qui sont effectués quant aux paramètres et aux modèles peut sensiblement influencer sur le résultat des calculs. Il est rare que les processus conduisant à ces choix soient justifiés et consignés par écrit ; ils relèvent le plus souvent du jugement d'expert. La variabilité des résultats dérivant de ces différents choix pourrait dans certains cas être plus importante que la variabilité des critères de radioprotection constatée ci-dessus. .

Une analyse d'incertitude sur la base d'une étude statistique rigoureuse permettant de déterminer et d'établir le degré de pessimisme des choix retenus offrirait un moyen de gérer cette variabilité. Toutefois des différences ne pourront pas être encore évitées lorsqu'il s'agira de choisir des options (intervalles de confiance de 90 % ou de 95 % ; intervalles unilatéraux et bilatéraux ; analyses d'incertitude tenant compte de la variabilité de l'ensemble des paramètres et analyses ne modifiant pas certains paramètres, par exemple).

La comparaison des stratégies d'établissement des critères de radioprotection dans plusieurs pays a livré un exemple intéressant d'approches distinctes en matière d'évaluation de la conformité. Il s'agit de l'approche concernant la notion de « groupe critique ». Alors que la majorité des pays semblent utiliser l'approche de la CIPR, certains comme les États-Unis ne le font pas, tandis que d'autres comme la Suède y apportent des modifications par rapport aux recommandations initiales de la CIPR. Le choix du groupe critique et, en particulier, l'amplitude de la variation autorisée en son sein peut influencer substantiellement le résultat des analyses. Ainsi, une situation où l'on utiliserait une contrainte de risque réglementaire de  $10^{-5}$  par an pour évaluer la dose reçue par les individus les plus exposés pourrait en fait être équivalente à une situation où l'on utiliserait une contrainte de risque réglementaire de  $10^{-6}$  par an pour évaluer la dose reçue par le membre représentatif d'un groupe critique dans le cas où ce dernier serait composé d'individus recevant des doses variant sur une amplitude d'un facteur cent, autrement dit des doses qui varient d'un facteur dix environ de chaque côté de la dose moyenne.

### **Ces différences sont-elles importantes ?**

Globalement, la radioprotection pour le stockage final de déchets comporte deux éléments : l'établissement de critères (à savoir la définition du risque acceptable) et l'évaluation de la conformité aux critères (c'est-à-dire la définition d'une assurance raisonnable que les objectifs de radioprotection seront atteints). Dans le premier cas, nous sommes confrontés à des critères apparemment distincts qui semblent s'échelonner sur un facteur vingt, ce qui tient en partie aux différences entre les éléments de bases des choix effectués (arguments fondés sur la radioprotection, arguments invoquant le risque pur ou comparaisons avec la variabilité dans le monde réel). Ces différences doivent être relativisées dans la mesure où les méthodes d'évaluation de la conformité peuvent être aussi assez différentes avant de pouvoir conclure sur le niveau réel de sûreté atteint dans chaque cas considéré.

Un moyen de comparer les niveaux de sûreté consiste à continuer de confronter les critères et les méthodes d'évaluation de la conformité dans l'objectif de détecter et de résoudre les différences. Cette démarche permettrait d'établir des comparaisons plus significatives qu'il n'est possible de le faire actuellement. On notera que la comparaison des méthodes d'évaluation sera moins précise que la comparaison des critères, mais qu'elle sera sans doute nécessaire pour que l'on puisse se prononcer sur la comparaison entre les niveaux de sûreté.

Une autre démarche consisterait à s'appuyer sur des « revues des pairs » traitant des évaluations de la sûreté en phase de post-fermeture. Si ces examens faisaient officiellement partie de l'examen du dossier de sûreté, ils permettraient de vérifier que, par-delà les critères spécifiques, les procédures d'optimisation de la conception et d'évaluation utilisées ont débouché sur une conception qui serait jugée acceptable quel que soit le système réglementaire retenu pour l'évaluer.

Enfin, nous devrions nous demander si les différences constatées sont importantes, non pas tant en termes de résultats numériques qu'en termes de sûreté réelle. Une augmentation de  $10^{-6}$  à  $10^{-5}$  du risque annuel pour le groupe critique correspond à une hausse de quelques fractions de pourcentage du risque sur la durée de la vie, alors que l'incidence du cancer, toutes causes confondues, s'élève à quelques dizaines de points de pourcentage. En d'autres termes, si un centre de stockage est conçu et construit de manière à respecter toutes les contraintes de conception, il paraît improbable que la santé et la sûreté du groupe critique, ou même des individus les plus exposés, soient suffisamment affectées pour être statistiquement détectable.

La comparaison aux variations du rayonnement ambiant, non seulement les variations naturelles mais aussi les variations résultant d'activités humaines, peut s'avérer plus utile. Bon nombre de décisions relatives au risque sont prises quotidiennement alors qu'elles ont des effets radiologiques associés, mais ceux-ci sont souvent jugés trop faibles pour être pris en compte dans le processus de décision. Si l'impact radiologique prévu d'un projet de centre de stockage n'est pas plus important que ces autres effets radiologiques qui sont considérés comme secondaires et généralement ignorés, on peut alors raisonnablement conclure que les avantages liés à une nouvelle réduction des effets doivent être soigneusement pesés par rapport aux coûts. Toutes les activités humaines s'accompagnent de risques ; avant de consacrer des moyens à la réduction de ces risques, il nous faut examiner si le coût social net lié aux dépenses effectuées à cette fin excède les avantages qui en découleraient. En dernière analyse, il s'agit de toute évidence d'une décision de société et non d'une décision réglementaire.



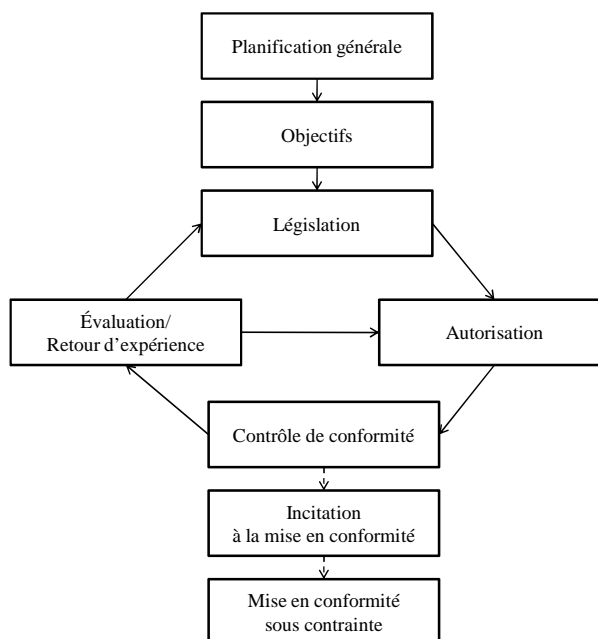
#### Annexe 4

### ANALYSE DU RÔLE DE LA RÉGLEMENTATION

Comme la plupart des formes de réglementation, le contrôle réglementaire de la gestion des déchets radioactifs fait intervenir plusieurs éléments distincts et, généralement, divers organismes ou institutions associés à leur développement et à leur mise en œuvre. Ainsi, outre les évaluations de sûreté qui doivent être soumises à un organisme de réglementation technique pour approbation, la législation impose souvent des études d'impact sur l'environnement, des auditions publiques ou d'autres procédures et, dans de nombreux cas, des décisions au niveau parlementaire ou gouvernemental. L'interdépendance de ces différents niveaux décisionnels varie sensiblement d'un pays à l'autre. Même si dans certains pays un bon nombre de ces procédures ne relèvent pas de la compétence du régulateur, on estime qu'une définition large de la fonction réglementaire est plus utile à la présente analyse qu'une définition étroite qui risquerait de laisser des questions critiques sans réponse. La description qui suit est donc nécessairement une description générale, dont les dispositions détaillées au niveau national s'écarteront sur des points précis. Les conclusions et recommandations qui résultent de cette analyse resteront donc de nature générale puisque leur applicabilité effective dépendra en grande part des structures de décision nationales mises en place qui diffèrent selon les pays.

Sans chercher à prendre en considération les spécificités nationales relatives aux fonctions, responsabilités et procédures pour la prise de décision, les éléments généralement associés à la procédure réglementaire de sûreté sont commodément représentés sous la forme d'une structure cyclique qui décrit le principe de progression par étapes. Le schéma de cette « procédure réglementaire » est présenté dans le graphique 1 [5].

Graphique 1. Le cycle réglementaire



Le processus dans son ensemble débute généralement par l'identification d'une pratique ou d'une situation nécessitant un mécanisme de contrôle réglementaire et par l'élaboration d'une stratégie pour sa mise en application. La définition d'une stratégie globale et des objectifs essentiels est généralement suivie de la rédaction d'une loi cadre d'habilitation, ainsi que d'un corpus législatif comportant des règlements, des règles, des ordonnances, des décrets, des arrêtés, etc. À l'exception de cas où ces éléments réglementaires sont jugés suffisamment détaillés, ils sont généralement suivis de la publication des normes à atteindre et de directives sur la façon dont ces réglementations doivent être mises en pratique. L'encadré 1 présente des exemples de mesures et d'obligations applicables à long terme.

### Encadré1. Politiques et obligations à long terme

#### Exemples internationaux

##### **Politique générale**

Convention commune [7], article 1

*« Les objectifs de la présente Convention sont les suivants :*

...

(ii) *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 »...*

Fondements de sûreté de l'AIEA [6], Principe 4

*« Les déchets radioactifs doivent être gérés de façon que leurs effets prévus sur la santé des générations futures ne soient pas supérieurs aux niveaux pertinents qui sont acceptables aujourd'hui. »*

##### **Obligations**

Convention commune [7], Articles 4 et 11

*« ... chaque Partie contractante prend les mesures appropriées pour :*

...

(vi) *s'efforcer d'éviter les actions dont les effets raisonnablement prévisibles sur les générations futures sont supérieurs à ceux qui sont admis pour la génération actuelle ».*

Le consentement à opérer dans le cadre de la loi et des règlements revêt généralement la forme d'un instrument juridique officiel, souvent désigné sous le nom d'autorisation ou de permis. Cette autorisation est accompagnée de prescriptions détaillées ; elle est établie au nom de la personne physique ou morale juridiquement reconnue comme l'exploitant d'une activité ou d'un processus soumis à réglementation. Dans certains cas, l'autorisation recouvre tous les aspects réglementaires liés à l'activité ou au processus réglementé, depuis la planification et la mise au point jusqu'à sa mise en œuvre, en passant, par exemple, par la santé et la sécurité des travailleurs et par la prévention des accidents. Dans d'autres cas, elle traite ces aspects séparément en tenant compte, naturellement, de leurs interactions. Par la suite, des inspections et des contrôles vérifient que l'exploitation de l'installation respecte les dispositions réglementaires de l'autorisation. Les cas de non-respect sont souvent traités par le biais d'avertissements ou de prescriptions adressés à l'exploitant ou par d'autres moyens incitatifs que l'on peut désigner collectivement comme une incitation à la mise en conformité. Si nécessaire, les contrevenants sont assujettis, sous une forme ou une autre, à des mesures contraignantes.

Pour compléter le processus réglementaire, des dispositions sont le plus souvent prévues qui permettent de vérifier la capacité du système réglementaire à répondre aux objectifs fondamentaux fixés dans le cadre de la politique générale de sûreté. Le cas échéant, des mesures correctives sont appliquées par le biais d'un retour direct d'information au stade de l'autorisation, dont les conditions sont éventuellement modifiées, ou au stade de la réglementation relative au contrôle. Les injonctions de mise en conformité peuvent impliquer des interventions physiques pour réparation ou remise à niveau. Ceci s'applique à la réglementation relative à certains domaines de la gestion des déchets radioactifs tels que le transport, l'entreposage, le rejet d'effluents, voire le stockage des déchets à vie courte. Pour ces domaines, une garantie permanente de la sûreté repose donc sur le suivi des organismes de réglementation et la mise en œuvre des moyens nécessaires pour procéder à la surveillance réglementaire.

Le stockage de déchets radioactifs à vie longue diffère cependant des autres activités évoquées ci-dessus car il représente un risque potentiel sur une très longue période de temps, et l'impact radiologique associé n'interviendra, le cas échéant, qu'à très long terme. De ce fait, il est concrètement impossible d'assurer le suivi réglementaire après la délivrance d'une autorisation de stockage pour vérifier si son comportement à long terme est conforme aux prévisions sur la totalité de la durée de vie programmée du système de stockage. Cela signifie que la sûreté du stockage ne peut pas s'appuyer sur des mesures correctives à long terme, ces mesures ne pourraient en effet être mises en œuvre que par les générations futures, de leur propre initiative. Les mesures de contrôle qu'utilisent actuellement les organismes réglementaires pour garantir la sûreté d'une installation nucléaire classique ne peuvent pas être utilisées sur la durée de vie d'un stockage. La délivrance d'une autorisation d'exploitation d'une installation de stockage définitif de déchets à vie longue et de fermeture de cette installation s'effectue donc en l'absence, à terme, de l'élément essentiel que constitue le contrôle actif. L'objectif est donc la mise en œuvre de dispositions permettant d'assurer une sûreté passive, sans obligation d'intervention ultérieure. Cela passe par une évaluation de la conformité de concepts de stockage devant être intrinsèquement sûrs, et suppose en fait un jugement de confiance envers la technologie et les dispositions juridiques et réglementaires adoptées par les générations actuelles pour le compte des générations futures.

Dans le cadre de la gestion des déchets radioactifs on voit donc que la signification de la notion de « sûreté », ainsi que la façon dont cette dernière est évaluée et contrôlée, dépendent dans une large mesure de la période de temps concernée (court terme ou long terme). Les dispositions techniques simples utilisées pour mesurer l'impact radiologique en exploitation (autrement dit, à court terme) ne peuvent être utilisées pour une surveillance à long terme; elles doivent donc être remplacées par des mesures spécifiques qui suscitent la confiance et par un ensemble de dispositions réglementaires visant à garantir la sûreté et qui permettent de vérifier si l'exploitant a mis en œuvre des dispositions de sûreté adéquates. Des analyses indiquent que la confiance peut s'instaurer si le risque que l'on prend est compensé par l'espoir d'obtenir un bénéfice (ou de limiter les pertes). Si le niveau de confiance requis pour prendre une décision est trop élevé on peut, dans certains cas, limiter les effets négatifs potentiels et donc en conséquence limiter le risque [14].

Outre le contrôle des phénomènes physiques susceptibles de provoquer des conséquences indésirables, les éléments du processus décisionnel eux-mêmes devraient contribuer à instaurer la confiance. Il s'agira, par exemple, de faire participer au processus décisionnel les personnes qui se sentent concernées. L'objectif visé est que ces personnes soient mieux informées et reconnaissent qu'elles peuvent influencer sur les décisions. Il s'agit donc de découper le processus d'autorisation en plusieurs étapes, en assurant un retour d'information à chaque étape et en permettant aux participants d'interrompre la procédure s'ils ne sont pas convaincus de la sûreté absolue du stockage. Des facteurs institutionnels interviennent également pour créer la confiance; on citera, par exemple, le rôle de l'autorité de réglementation et d'autres organismes décisionnaires [15]. Il va sans dire que l'applicabilité des mesures qui seront prises pour garantir et expliquer la sûreté a aussi son importance.

Dans le cas de la gestion des déchets radioactifs à vie longue, on observera que l'objectif visé à l'origine était la protection sanitaire du public et des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. C'est pourquoi la réglementation a essentiellement (mais pas totalement) consisté, pendant un certain temps, à privilégier l'évaluation des performances en matière de radioprotection pour laquelle les objectifs et les normes étaient fondés sur les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Ces derniers temps, toutefois, des objectifs couvrant un domaine plus large ont été pris en considération notamment les aspects environnementaux, sociaux et économiques et prenant en compte les avancées au niveau international [8]. Des objectifs, normes et directives ont ainsi été fixés pour définir les critères d'implantation des sites de stockage, les obligations en matière de conditionnement des déchets et les critères de surveillance. La CIPR [8] souligne en outre qu'une analyse des effets radiologiques ne suffit pas, en soi, à autoriser la création d'une installation de stockage géologique, mais qu'elle doit être complétée, d'une part, par des déclarations ou explications indiquant que des stratégies robustes quant à l'approche technique et managériale ont été appliquées et, d'autre part, par une argumentation démontrant que des mesures ont bien été prises pour réduire la probabilité d'une intrusion humaine et ses conséquences. Cette prise de position apparaît également dans les documents récents de l'AEN qui préconisent que le dossier de sûreté d'un dépôt comprenne une « déclaration de confiance » [16-17], laquelle équivaut en fait à une garantie que des stratégies robustes quant à l'approche technique et managériale ont été appliquées. La formulation de ces objectifs et normes varie sensiblement d'un organisme de réglementation à l'autre [4]. Pour mieux comprendre les différences observées, une conception commune de certains principes de base fondamentaux, comme la nature des obligations de la société actuelle à l'égard des générations futures, s'impose. Ces principes font intervenir des questions qui vont au delà du champ de la réglementation technique courante. Le succès d'une compréhension commune de l'application des principes fondamentaux et des bases de la réglementation passe donc peut-être par la participation d'autres parties prenantes que les régulateurs et les exploitants.



## *Annexe 5*

### **ANALYSE DE LA DÉFINITION DES CONCEPTS DE SÛRETÉ ET DE PROTECTION**

Le rôle de l'organisme de réglementation technique est de garantir à la société que les projets autorisés et les détenteurs de l'autorisation (promoteurs et exploitants) respecteront leurs engagements en matière de sûreté. Il faut donc que le régulateur et la société conviennent d'une définition de la notion de sûreté.

Les analystes de la sûreté (y compris le régulateur) et le public doivent tenir compte du fait que celle-ci ne consiste pas simplement à procéder à une comparaison chiffrée par rapport à un critère unique de protection. La sûreté est fonction du contexte : ainsi, le niveau de protection offert au grand public est supérieur à celui fourni aux travailleurs de l'industrie nucléaire qui choisissent d'accepter ce risque légèrement plus élevé comme condition d'emploi ; de même, le niveau de sûreté jugé approprié en période de fortes difficultés économiques ou de conflit diffère de celui qui est considéré adéquat en temps de prospérité ou de paix.

On peut voir une confirmation de cette influence contextuelle dans les cas où le critère réglementaire est une « assurance raisonnable » ou une « anticipation raisonnable » de ce que le critère de protection sera respecté, et non une obligation absolue et rigoureuse de conformité. En instaurant la notion d'anticipation raisonnable, les systèmes réglementaires reconnaissent que même sur le plan technique, l'acceptabilité est une question d'appréciation dans un contexte donné. Cette appréciation tient compte, au-delà de la conformité aux critères de protection, de la qualité de l'approche en termes de gestion et d'ingénierie.

La présente analyse porte essentiellement sur la sûreté au sens technique du terme. Cela étant, la confiance dans le concept de stockage se fonde sur d'autres éléments que le seul examen de la sûreté technique, et elle doit également tenir compte des questions de société. De la même manière, le processus de décision ne s'appuie pas seulement sur des appréciations réglementaires, ni sur les résultats des études d'impact sur l'environnement. Généralement, la décision finale de procéder à la mise en place d'une installation de stockage ne relève pas de la seule autorité responsable de la sûreté technique (« le régulateur », au sens généralement accepté du terme), mais des autorités nationales. Ainsi, outre les critères techniques essentiels examinés par le régulateur, les questions sociopolitiques et socioéconomiques exercent aussi une influence importante ou dominante compte tenu des différences concernant le rôle de la science et de la technologie, la formulation des politiques énergétiques et les considérations sociopolitiques.

Le présent document n'a pas pour objet de traiter ces questions en profondeur ; néanmoins, il est impossible de dissocier clairement les aspects techniques des aspects sociaux. Les tentatives en ce sens se sont d'ailleurs révélées contreproductives. En conséquence, si l'analyse porte en priorité sur les dispositions techniques de sûreté, elle ne doit pas ignorer les liens étroits qui les rattachent à l'acceptabilité sociale et aux questions éthiques [18]. On ne doit pas définir les critères et mesures de sûreté et de protection techniques sans tenir compte de l'environnement régional, temporel et social dans lequel ils seront appliqués.

La sûreté, au sens technique du terme, est une propriété inhérente au système de stockage réalisé, à savoir l'absence de dommage physique dérivant de l'existence et de l'exploitation du système sur une période temporelle donnée. Nous utilisons ici le terme « dommage » au sens d'effet inacceptable. L'importance et l'acceptabilité d'un effet varient selon le contexte. Le terme « système » recouvre l'ensemble des dispositifs qui lui permettent de fonctionner, y compris les mesures techniques et administratives (les contrôles institutionnels, par exemple). Pour juger de la sûreté d'un système, on vérifie les caractéristiques qui lui permettent de ne pas causer de dommage physique aux humains et à l'environnement. La sûreté n'est pas le résultat d'une analyse ; l'analyse est simplement un moyen de démontrer que la sûreté est assurée.

Lorsqu'il s'agit des dommages physiques, la sûreté ne se limite pas à la radioprotection. Tous les organismes de réglementation ne gèrent pas à la fois la radioexposition et les autres formes d'exposition (chimiotoxique, par exemple), mais même ainsi, d'autres facteurs interviendront dans la décision finale, notamment l'alignement des procédures de gestion des risques sur celles de risques comparables.

En termes plus généraux, les dommages constituent un effet qui est jugé inacceptable dans un contexte social et temporel donné. Les critères permettant de définir l'acceptabilité reposent sur des jugements de valeur et peuvent varier selon le contexte. Pour définir si une activité entraîne des dommages, il convient de se poser certaines questions, par exemple : qui (ou quels) sont les agents concernés (particuliers, communautés, environnement...) ? Quelle est la nature des effets (risques pour la santé ou pour la vie ; risques pour le bien-être économique ; forclusion de choix futurs ; irréversible ou temporaire) ? Dans quelle mesure est-on certain que ces effets vont se produire ? Sur quelle durée se produisent-ils ? Quels sont les critères de protection contre ces effets ? Les agents récepteurs dégagent-ils un profit quelconque des pratiques qui ont produit les déchets ? Ont-ils un choix ou peuvent-ils exercer un contrôle quelconque sur les effets ? L'appréciation des dommages – à savoir des effets inacceptables dans un contexte social et temporel donné – sera éventuellement fonction des réponses à ces questions.

Les aspects des dommages qui entrent en compte diffèrent selon les échelles de temps. À court terme, par exemple, les préoccupations socioéconomiques risquent de l'emporter. À long terme, notre aptitude à prévoir les besoins et les aspirations des sociétés futures est tellement empreinte d'incertitudes que les questions socioéconomiques de court terme peuvent sembler négligeables. Même lorsqu'il s'agit de critères physiques, tels que les doses radiologiques reçues par les individus, la nature et la pertinence des critères peuvent évoluer avec le temps, et les considérations éthiques relatives à la responsabilité des générations actuelles envers les générations futures gagnent en importance.

De fait, il est impossible de garantir l'acceptabilité future des décisions actuelles. C'est là l'une des raisons fondamentales à l'adoption des différents critères d'optimisation (ALARA, ALARP, BAT – meilleures techniques disponibles –, BPM – meilleurs moyens praticables – etc.) dans les cas où nous pouvons raisonnablement faire mieux que simplement respecter les critères actuels, il est souvent jugé approprié de demander de le faire, à un certain degré tout au moins, étant donné la possibilité que les critères aujourd'hui jugés acceptables ne soient plus considérés comme tels dans une période future. En effet, dans les cas présentant une très grande incertitude quant à l'avenir très lointain, le seul moyen réaliste d'assurer la sûreté à long terme consiste peut-être simplement à adopter les meilleures techniques d'ingénierie et de gestion actuellement disponibles en tenant compte de leur faisabilité économique. Les pratiques passées et actuelles en matière de stockage définitif des déchets non radiologiques dangereux semblent illustrer cette approche.

De telles considérations ont conduit le groupe LTSC à réexaminer les raisons ayant présidé au choix de la stratégie fondamentale de stockage, à savoir le confinement des déchets jusqu'à ce que les risques de dommages aient suffisamment diminué. Une approche réglementaire hypothétique

exclusivement fondée sur les critères radiologiques ou de risque pourrait conduire à penser que l'objectif premier consiste à obtenir le niveau prescrit de radioprotection et que le confinement est simplement le moyen ou la méthode retenus pour obtenir ce niveau. Ce n'est pourtant pas forcément le cas. Le choix du confinement par opposition à la dispersion des déchets peut être motivé par des considérations d'équité pour les populations concernées, d'effets collectifs et de préoccupations éthiques relatives à la pollution de l'environnement, et non par une comparaison des doses radiologiques pour les individus les plus exposés engendrées par les deux stratégies. En fait, le stockage représente le choix conscient de la société de recourir à la concentration et au confinement des déchets plutôt que d'opter pour une stratégie de dilution et dispersion. Il convient également de noter que la distinction entre ces deux stratégies dépend de l'échelle temporelle prise en considération ; sur de longues échelles de temps géologiques, on peut simplement voir en elles des choix différents quant à la façon de redistribuer les risques dans le temps et dans l'espace puisque aucune d'elles n'élimine complètement la source intrinsèque de danger et le potentiel de dommage.

Si, sur la base de ce qui précède, nous estimons que la stratégie fondamentale du stockage géologique consiste à isoler les déchets de l'homme et de l'environnement sur une durée déterminée, il nous faut disposer de critères concrets pour mesurer la réussite d'un dispositif à réaliser cet objectif. De ce point de vue, nous pouvons voir dans les calculs des doses radiologiques des indicateurs ou contrôles du degré de réussite de la stratégie. À vrai dire, le calcul des risques comme celui des doses reposent sur des modèles très incertains de la biosphère et du comportement des populations futures, qui sont indépendants du comportement du système de stockage. Si l'on considère les critères radiologiques et de risque sous ce jour, en tant qu'indicateurs parmi d'autres et non en tant qu'objectifs premiers, la variabilité observée des critères et des approches réglementaires ainsi que le choix de critères distincts pour des situations ou des échelles de temps différentes deviennent plus compréhensibles et défendables. De fait, il ne serait pas surprenant que l'utilisation de ces indicateurs varie selon les milieux culturels et les organismes réglementaires.

Dans ce contexte, il convient aussi de reconnaître que la limitation des doses pouvant résulter de l'ingestion de substances radiotoxiques éventuellement relâchées d'un dépôt dans l'environnement n'est pas le seul objectif de protection. Il faut également protéger les humains, aujourd'hui et à l'avenir, contre une exposition directe aux rayonnements ionisants des déchets de haute activité, car si on laissait des humains entrer en contact physique direct avec ces déchets, ils pourraient être exposés à des doses inacceptablement élevées d'irradiation externe, même dans un avenir très éloigné. Il convient en outre de protéger les déchets du risque de vol ou de détournement à des fins malfaisantes (mesures de sauvegarde et de protection physique). Les critères réglementaires et les processus décisionnels prennent bien entendu tous ces objectifs de sûreté en considération. Le calcul des doses par ingestion, s'il est un élément important de la procédure d'approbation réglementaire, est donc complété par d'autres indicateurs de protection ou de performance liés à l'objectif global de sûreté.

Si l'objectif de sûreté essentiellement visé est le confinement et non des impacts radiologiques sans conséquences pour la santé ou si les deux objectifs sont importants, il importe d'établir d'autres indicateurs de performance. Selon le contexte, il peut exister des situations où les indicateurs associés à d'autres fonctions de sûreté seront plus utiles que les doses calculées. Il pourrait s'agir de preuves de conformité à des critères de conception complémentaires autres que ceux associés aux résultats prévus (similaires à ceux utilisés dans la conception de structures civiles et mécaniques classiques). À plus long terme, ces critères de conception des installations pourraient être complétés par d'autres critères applicables aux barrières géologiques (temps importants de cheminement du dépôt à la biosphère, délais importants de rétention des eaux souterraines, atténuation par absorption, comparaisons avec les flux naturels de radionucléides, etc.). Des critères de cette nature peuvent être mieux compris que les calculs de doses relatifs à des individus critiques hypothétiques, même si ces calculs illustrent utilement la sûreté du dépôt dans un cas de figure donné.

La sûreté englobe aussi la notion de contrôle : une source de danger contrôlée est jugée plus sûre qu'une source de danger non contrôlée, même si le risque chiffré est identique. Pour instaurer la confiance dans la sûreté future, il faut soit établir un contrôle (institutionnel, par exemple), soit instaurer un degré élevé de confiance dans les dispositifs de sûreté et dans l'évaluation de la sûreté. Il est peut-être plus facile d'instaurer la confiance dans une fonction de sûreté (le confinement, par exemple) qu'une confiance fondée sur un calcul chiffré dont le résultat serait inférieur à un critère spécifié.

## *Annexe 6*

### **INSTAURATION D'UN CLIMAT DE CONFIANCE : ANALYSE**

Bon nombre des activités des sociétés actuelles auront des conséquences susceptibles de compromettre la sûreté des générations futures. L'obligation d'assurer la sûreté sur de longues échelles de temps nécessite un niveau élevé de confiance dans les décisions qui vont être prises aujourd'hui et dans un avenir proche. En raison de leurs éventuelles retombées à long terme sur les générations futures, ces décisions doivent être prises dans un esprit de grande responsabilité vis-à-vis d'individus qui n'ont aucune possibilité d'y participer. Qui plus est, dans une société démocratique pluraliste, l'approbation de grands projets ne réclame pas seulement la confiance des milieux techniques, mais aussi celle de la population.

Pour obtenir la confiance nécessaire de la part du public, il faut que celui-ci ait foi en trois éléments fondamentaux :

- Foi dans les institutions intervenant dans le processus de décision.
- Foi dans le processus de décision.
- Foi dans le concept technique et dans l'évaluation de son aptitude à prévenir ou éviter des dommages.

#### **Foi dans les institutions**

Plusieurs organismes ou institutions interviennent dans le processus de décision associé au stockage des déchets radioactifs, notamment l'exploitant, le régulateur, les organismes consultatifs, le public et les pouvoirs publics, ces derniers à plusieurs titres : en tant que responsables de l'élaboration des politiques, en tant que décisionnaires et en tant que responsables du contrôle et du suivi institutionnels. Les fonctions de chacun de ces organismes doivent être clairement définies et bien comprises. La confusion des rôles, ou leur opacité, inspirent la méfiance ; il faut donc les éviter. Un sentiment de confiance dans la capacité de chacune des institutions à accomplir les tâches qui lui seront confiées doit également exister.

S'agissant du rôle du régulateur en particulier, il est indispensable que son indépendance à l'égard de l'exploitant et de toute ingérence politique puisse être démontrée. Il faut aussi que la crédibilité, l'intégrité et l'honnêteté de son personnel, ainsi que de l'organisme réglementaire en tant qu'institution, suscitent la confiance. La transparence et l'ouverture d'esprit du processus de décision réglementaire sont des éléments essentiels à l'instauration de ce climat de confiance.

Il importe également que l'autorité réglementaire soit jugée compétente et qualifiée. Les organismes de réglementation doivent disposer de moyens financiers et d'un personnel suffisants pour accomplir leur travail ; ils doivent également être bien gérés et ne pas perdre de vue leur mission, leur mandat et leurs valeurs de manière à remplir les responsabilités qui leur ont été confiées au nom du public. Il importe que le régulateur adhère à un code de conduite qui assure un dialogue ouvert et non conflictuel avec toutes les parties intéressées. Les procédures internes de vérification de la qualité et les revues des pairs externes comptent parmi les instruments qui lui permettent de montrer au public que l'autorité réglementaire conserve toute sa compétence et son professionnalisme en tant qu'institution.

## **Foi dans le processus de décision**

S'il convient de bien définir les fonctions des différentes institutions participant au processus de décision, il en va de même pour les étapes de ce processus. Le champ d'application de chaque décision et les règles en vertu desquelles elle est prise doivent être clairs et cohérents. Toute ambiguïté de l'un ou l'autre de ces éléments ébranlera la confiance dans le processus. De la même manière, des procédures et des critères soumis à des évolutions permanentes créent la confusion et compromettent la confiance.

Le rôle du public dans les différentes étapes du processus de décision est un élément crucial pour l'instauration d'un climat de confiance. Des dispositifs permettant au public de soumettre des propositions et de participer à la procédure doivent être mis en place.

Le processus par étapes est un élément majeur de la procédure de décision qui est de plus en plus utilisé au niveau international. Ce dispositif prévoit le suivi des résultats de chaque décision et l'utilisation des informations émanant de ce suivi dans la formulation de l'étape suivante, ce qui permet de diminuer la probabilité d'un résultat final inacceptable.

Pour qu'un processus par étapes soit véritablement utile, il faut qu'une décision prise au cours d'une étape antérieure puisse être annulée ou modifiée si le résultat de son application ne satisfait pas aux critères établis. De même, le suivi ne sera profitable que si ses résultats peuvent donner lieu aux ajustements appropriés.

Un processus par étapes permet de définir des critères adaptés à chaque phase, en tenant compte des conditions de sûreté particulières et des échelles de temps. Il permet également d'appliquer le concept d'« assurance raisonnable ». Parce qu'il donne la possibilité d'apporter en permanence des améliorations, d'envisager d'autres issues aux futures décisions, et de procéder à des modifications après analyse des résultats de décisions antérieures, il est moins nécessaire de s'appuyer sur la vérification d'une stricte conformité aux critères de protection à chaque étape. Il facilite aussi l'utilisation de plusieurs axes d'argumentation et d'une approche multi-critères.

## **Foi dans le concept technique et dans les mesures de contrôle**

Pour ce qui est du projet lui-même, il doit se fonder sur des données scientifiques solides, faire l'objet d'une analyse rigoureuse et transparente, et être assujéti à une évaluation séparée des autorités de réglementation et du public, avec l'aide d'experts-conseils indépendants. Les critères sur lesquels se fonde l'évaluation d'un projet ne se limiteront pas aux seuls critères de protection, mais en comporteront d'autres tels que la sûreté passive, la robustesse, l'utilisation des sols, la récupérabilité des colis de déchets, et la faisabilité d'appliquer un programme de surveillance et de procéder à des mesures correctives.

Les méthodes en fonction desquelles la sûreté est assurée et évaluée doivent être appropriées, vérifiées et clairement établies. À cet égard, il importe de noter que différentes analyses peuvent être conduites à des fins diverses : on peut ainsi retenir une approche majorante prudente pour démontrer la robustesse des conclusions en matière de sûreté, ou une approche réaliste ou centrée sur la conception pour démontrer que le comportement escompté du système ainsi que la dépendance de ce comportement avec les différentes caractéristiques de conception, les processus naturels, etc. sont bien compris.

L'élaboration et l'évaluation d'un dossier de sûreté ne reposent pas seulement sur des calculs. Qui plus est, dans le cadre d'un processus par étapes, le niveau de détail et le contenu du dossier varieront probablement d'une étape à l'autre. S'il est douteux que l'on puisse déterminer avec

certitude chaque étape, y compris la définition des méthodes et critères qui seront utilisés, au début d'un processus qui peut lui-même s'étendre sur plus d'une génération, il importe, pour des raisons de transparence, d'en établir clairement les lignes directrices dès les phases initiales.

Le rôle du contrôle institutionnel dans l'instauration de la confiance mérite une attention particulière. Cette question doit être abordée dès les phases initiales des processus de planification et de concertation. D'une part, l'aptitude à contrôler un système est un élément majeur pour susciter la confiance dans la sûreté ; d'autre part, étant donné notre inaptitude à garantir que ce contrôle pourra être exercé, par les sociétés dans un avenir éloigné et le sera effectivement, le système doit être conçu de manière à pouvoir assurer le niveau de sûreté requis, même en l'absence de contrôle à l'avenir.

S'agissant des échelles de temps relativement courtes, durant lesquelles il existe un degré raisonnable de confiance en la capacité des institutions et gouvernements en place à assurer un contrôle permanent, des mesures de contrôle institutionnelles actives et passives peuvent constituer une composante essentielle des dispositions de sûreté (par exemple dans le cas du dossier de sûreté pour le stockage des déchets radioactifs à vie courte). Incontestablement, l'aptitude du régulateur ou d'autres institutions à contrôler qu'un programme de surveillance est appliqué et que des mesures correctives sont prises en cas de défaillance peut s'avérer déterminante pour emporter l'adhésion du public à un projet qui concerne le court terme.

Sur des échelles temporelles beaucoup plus longues, et bien que l'intention d'assurer un suivi, une surveillance et un contrôle puisse intervenir dans l'instauration et l'approfondissement d'un climat de confiance, il est impossible, à terme, d'établir un argumentaire convaincant démontrant que les contrôles institutionnels continueront d'assurer une protection (contre les risques d'intrusion, par exemple) dans un futur indéterminé. Le dossier de sûreté pour le long terme doit donc pouvoir démontrer que même en cas de défaillance des contrôles prévus et supposés, le système continuera globalement à assurer un niveau de sûreté acceptable. En conséquence, les mécanismes de contrôle institutionnels, notamment les dispositions relatives à la surveillance, doivent être conçus de manière à ce que leur présence ou leur absence physique ne compromettent pas la sûreté, surtout après que les dispositifs de suivi ne seront plus exploités ni entretenus.





## *Annexe 7*

### **ANALYSE DES ASPECTS ÉTHIQUES**

Tout examen des critères de sûreté à long terme pour le stockage des déchets radioactifs soulève inévitablement une question d'équité intergénérationnelle : des déchets sont produits aujourd'hui, par des activités de production d'énergie dont les bénéficiaires sont les consommateurs actuels, mais la production de ces déchets peut avoir des répercussions de très longue durée sur les générations futures.

À l'origine, l'approche de cette question a été définie par le principe 4 des Fondements de la sûreté de l'AIEA [6] : « Les déchets radioactifs doivent être gérés de façon que leurs effets prévus sur la santé des générations futures ne soient pas supérieurs aux niveaux pertinents qui sont acceptables aujourd'hui ». Ce principe a été repris dans divers documents nationaux.

Il semble correspondre assez étroitement à ce que le KASAM [11] a dénommé le « principe de justice fort » : « La génération actuelle a pour obligation d'exploiter ou de consommer les ressources naturelles de façon à ce que les générations futures aient la possibilité de jouir d'une qualité de vie équivalente à celle dont elle jouit elle-même » ; et à ce que la National Academy of Public Administration des États-Unis [12] a appelé 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. »

Les réflexions actuelles sur l'équité intergénérationnelle reconnaissent cependant que plus le cadre temporel est long, plus notre aptitude à garantir que les limites en vigueur seront respectées avec un degré de confiance acceptable diminue en raison des incertitudes concernant les modèles physiques et techniques, mais aussi (voire surtout) de notre aptitude à prévoir et à influencer le comportement, les besoins et les aspirations des générations dans un avenir lointain.

Le rapport du KASAM, par exemple, établit que le principe de justice fort est approprié lorsqu'il s'applique aux générations qui nous succéderont dans un avenir relativement proche (les 150 prochaines années environ), mais qu'au-delà, notre aptitude à prédire et évaluer les facteurs qui seront alors jugés concourir à une qualité de vie équivalente (par opposition aux besoins fondamentaux) diminue ; par ailleurs, notre capacité directe à influencer sur les activités futures s'amenuise à tel point que le maintien du principe de justice fort devient problématique.

S'agissant de la période suivante (le KASAM propose les 150 à 300 années suivantes), le rapport prône l'application du « principe de justice faible », à savoir : « La génération actuelle a pour obligation morale d'exploiter les ressources naturelles de façon à ce que non seulement ses contemporains, mais aussi les générations futures puissent satisfaire leurs besoins fondamentaux ». Si nous ne pouvons influencer l'avenir ni prévoir correctement quelles seront les attentes des générations futures en termes de qualité de vie, il n'en demeure pas moins que nous pouvons raisonnablement prévoir quels seront leurs besoins fondamentaux, et avons donc pour responsabilité d'assurer leur protection avec un degré élevé de certitude.

Par la suite (le KASAM suggère au-delà de 300 ans), le « principe de justice minimal » entre en jeu : « la génération actuelle a l'obligation morale d'exploiter ou de consommer les ressources naturelles sans compromettre les possibilités de vie des générations futures ». Ce principe s'applique à une époque suffisamment éloignée pour que nous n'ayons plus pleinement confiance en notre capacité à prévoir de quelle façon les besoins fondamentaux seront satisfaits, ou en quoi les activités actuelles peuvent peser sur eux. Quoi qu'il en soit, il nous faut tout de même faire en sorte, au minimum, que les activités actuelles ne constituent pas une menace pour la vie des générations futures.

On peut également juger qu'outre les obligations de sûreté envers les générations futures, la génération actuelle a pour devoir de ne pas compromettre leur liberté de choix (dont on peut estimer qu'elle fait partie de leurs aspirations). Or, l'obligation de préserver la liberté de choix des deux ou trois générations suivantes risque d'être incompatible avec deux autres obligations : celle de garantir la sûreté des générations plus éloignées et celle, immédiate, de protéger la génération actuelle et les générations suivantes. Il nous faut donc trouver le moyen de ne pas laisser aux générations futures la charge d'avoir à prendre des décisions et des mesures visant à améliorer les solutions que nous avons retenues tout en leur laissant la possibilité de le faire si elles le souhaitent. Dans le même temps, nous devons continuer de tenir compte de nos obligations plus immédiates envers la génération actuelle et celles qui lui succéderont.

À cet égard, l'approche de la NAPA modifie le principe de durabilité par l'application du « 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. » Les retombées de nos décisions sur les générations éloignées sont modifiées par les activités des générations intermédiaires, et nos obligations envers ces générations éloignées sont donc moins directes que celles des générations immédiatement postérieures à la nôtre. Nous pouvons donner à cette notion le nom de « présent à horizon mobile » : chaque génération a une responsabilité fondamentale envers les générations immédiatement postérieures, et seulement secondaire à l'égard des générations plus éloignées, dont la responsabilité première revient aux générations intermédiaires. C'est tout particulièrement le cas pour des projets tels que le stockage des déchets, dont l'exécution doit s'étendre sur plusieurs générations, et dans le cadre desquels un dispositif de décision par étape est parfois suivi, puisqu'il est clair dans un tel cas que les générations immédiatement postérieures doivent être en mesure de prendre des décisions et des mesures qui modifieront substantiellement les retombées de celles qui sont prises aujourd'hui. À l'instar de l'approche du KASAM, cette notion préconise la possibilité de s'écarter des normes actuelles sur le long terme ou dans des scénarios de risque à faible probabilité. Dans tous les cas, tout écart de cette nature est subordonné à l'obligation fondamentale établie dans le « Principe de la responsabilité fiduciaire » : « Chaque génération est garante des intérêts des générations futures. »

La notion de « présent à horizon mobile » tient aussi compte de ce que, dans une large mesure, le meilleur moyen pour nous de remplir nos obligations envers les générations futures éloignées consiste à prendre pour intermédiaire les générations immédiatement postérieures à la nôtre. En tant qu'individus, le moyen le plus efficace pour nous de remplir nos obligations vis-à-vis de nos petits-enfants consiste à faire en sorte que nos enfants disposent des ressources et des systèmes de valeurs qui leur permettront d'être eux-mêmes de bons parents. De la même manière, en tant que société, l'une de nos obligations majeures dans le cas du stockage consiste à veiller, dans toute la mesure du possible, à ce que les générations suivantes disposent du bagage technique, de la capacité et des ressources nécessaires pour remplir leurs fonctions durant l'exécution par étapes d'un projet. L'importance que nous accordons à l'évaluation de la sécurité des générations éloignées ne doit pas nous faire perdre de vue la priorité absolue de cette obligation envers nos successeurs plus immédiats.

L'approche suggérée par l'EKRA [13] à la question des obligations envers les générations futures (encadré 1) s'articule similairement selon trois principes, présentés dans l'ordre inverse. Un principe fondamental de « sûreté », analogue au « principe de justice minimal » du KASAM, s'appliquerait en permanence. Sur des échelles temporelles assez courtes pour que la génération actuelle puisse garantir la stabilité des institutions et transmettre le savoir, un principe plus fort d'« équité » interviendrait, et sur les échelles les plus courtes, il serait complété par un principe encore plus fort d'« acceptation », très proche du « principe de justice fort » du KASAM.

L'analyse de l'équité intergénérationnelle et de la viabilité du principe est associée au thème du développement durable. Le débat portant sur les déchets radioactifs à vie longue, pour sa part, s'écarte des théories générales relatives au développement durable sur deux points importants. Le premier est que dans de nombreux pays, les décisions portant sur la marche à suivre à l'égard de ces déchets sont prises séparément des décisions concernant le développement de l'énergie nucléaire, et même quand ce n'est pas le cas, le débat sur les déchets radioactifs intervient bien après la décision de poursuivre le développement générateur de ces déchets. Quel que soit l'aboutissement des décisions concernant l'évolution future de l'énergie nucléaire, le problème des déchets existants doit être résolu. Or, quand le développement de l'énergie nucléaire n'est pas pris en compte dans le débat, un élément notable du paradigme du développement durable fait défaut, et des difficultés sont à prévoir pour appliquer le paradigme complet.

#### Encadré 1. Une approche de la question des obligations envers les générations futures

EKRA [13]

Une hiérarchie de trois critères éthiques, par ordre décroissant du niveau d'obligation imposé :

1. Sécurité de l'homme et de l'environnement

*Toute personne doit être en sécurité pour pouvoir agir, prendre des décisions et faire usage de sa liberté. La sûreté est d'une importance primordiale pendant toute la durée de vie des déchets et doit être prise en compte dès aujourd'hui. Le maintien de la sûreté doit imposer des contraintes aussi faibles que possible aux générations futures.*

2. Équité

*Il doit exister une équivalence intragénérationnelle et intergénérationnelle en matière d'opportunités et de protection. Toutefois, les périodes de gestion des déchets radioactifs sont si longues qu'elles vont au-delà des possibilités dont notre société dispose en termes de transmission de son savoir-faire et de stabilité des institutions politiques et sociales. Lors de l'étude de modèles de gestion, il est nécessaire d'établir une distinction entre les différentes époques, à savoir l'époque se trouvant à portée de notre société actuelle et l'époque pendant laquelle il est impossible d'assurer la sûreté au moyen d'une présence ou d'une intervention humaine.*

3. Acceptation sociale et individuelle

*Au moment de la construction et de l'exploitation d'une installation, cette dernière doit être acceptable pour la majorité des personnes, en particulier les habitants de la région où l'implantation a lieu. L'installation doit également être conçue de manière à être acceptable pour les générations futures. L'acceptation sociale et individuelle est mise en troisième position car le fait de privilégier les générations présentes ou immédiatement futures dans le cadre du processus décisionnel est contraire, dans une certaine mesure, au principe d'équité entre les générations.*

La deuxième différence majeure par rapport à la plupart des pratiques industrielles est la prise en considération de très longues échelles temporelles (ce qui est paradoxal, puisque beaucoup d'autres risques industriels ne diminuent pas avec le temps). La pratique en vigueur dans la plupart des industries,

même pour la gestion des déchets dangereux dont la dangerosité ne diminue pas, semble consister à ne considérer qu'un nombre très restreint de générations, et à ne pas prendre généralement en considération les échelles temporelles plus longues analysées ici. Une tendance semble certes se dessiner en ce sens dans d'autres secteurs que l'industrie nucléaire, mais cette pratique n'est pas encore généralisée. C'est pourquoi nous ne pouvons espérer que les questions que nous étudions aient été en bonne part résolues ailleurs, même si les autres secteurs peuvent nous apporter des éclairages utiles.

Pour revenir aux normes internationales en vigueur pour la gestion des déchets radioactifs, l'un des objectifs de la Convention commune (article 1) est de « 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. » La condition de ne pas compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs besoins et leurs aspirations semble conjuguer le principe de justice fort (aspirations) et le principe de justice faible (besoins).

Dans la pratique, toutefois, l'obligation de protéger les aspirations des générations futures peut s'avérer difficile à respecter. Au-delà d'un nombre très réduit de générations, il est difficile de prévoir quelles seront ces aspirations. Il nous sera donc parfois impossible de juger si les rejets calculés pour un stockage dans plusieurs centaines d'années compromettront la capacité des individus à les satisfaire ; nous pouvons au mieux estimer s'ils pèseront sur leur aptitude à satisfaire à leurs besoins fondamentaux. Sur de plus longues échelles temporelles, même un jugement sur ce dernier point serait sujet à caution.

Exprimé en termes de dose et de risque, le principe de justice faible pourrait éventuellement être assimilé à une stipulation que les déchets radioactifs doivent être gérés de manière à garantir que leur stockage ou leur gestion ne menacera pas la santé et la sécurité des générations futures, autrement dit que le niveau de protection à établir garantit, dans la mesure des connaissances actuelles, que des effets négatifs observables sur la santé seront évités<sup>1</sup>. Le degré de protection à assurer est donc moins rigoureux que les niveaux fixés en fonction de la radioprotection opérationnelle, ou de risques très faibles (de  $10^{-5}$  à  $10^{-6}$ ). Ces chiffres constituent des ordres de grandeur inférieurs aux niveaux auxquels des retombées seraient observables, soit directement sur les individus, soit au travers d'observations épidémiologiques sur les populations.

Il va de soi que l'objectif de conception d'un stockage de déchets à long terme soit le même qu'à court terme ; le principe de justice fort ou de durabilité est un objectif qu'il est souhaitable de s'efforcer d'atteindre, même à très long terme. Ce qui décroît à long terme n'est pas tant le besoin pour la génération présente de remplir sa responsabilité à l'égard des générations futures que sa capacité à assurer que le degré souhaité de protection sera obtenu avec une marge précise de sûreté ou à un degré déterminé de confiance.

On peut également tenir compte du fait que sur des échelles temporelles encore plus longues, où les processus géologiques (tectoniques, par exemple) domineraient, notre aptitude à démontrer la conformité aux critères de protection devient encore plus discutable. Par ailleurs, la définition de la sûreté sur des échelles temporelles de cette importance, autrement dit bien plus longues que la durée

---

1. Pour paraphraser le principe de durabilité du Royaume-Uni qui nous invite à « veiller à ce que les ressources naturelles nécessaires à la vie restent intactes et soient léguées intactes aux générations futures », on pourrait formuler l'objectif de protection à long terme de la manière suivante : « veiller à ce que les conditions naturelles nécessaires à la vie ne soient pas dégradées par la présence du stockage de déchets pendant tout le temps où celui-ci représente un risque inhabituel ».

d'existence d'une espèce donnée, telle qu'*Homo sapiens*, ne va pas de soi. L'essentiel ici consiste peut-être à reconnaître qu'un texte qui ferait mention d'obligations perpétuelles ne serait tout simplement pas réaliste. Sur des échelles de temps extrêmement longues, toute assertion quant aux répercussions des activités actuelles et aux obligations des sociétés contemporaines envers les générations futures perd à terme sa signification.

Au vu des considérations qui précèdent, nous pouvons conclure que la responsabilité envers les générations présentes et futures est, comme la perception du dommage, fonction du contexte. Les calculs d'impact dans le futur ne peuvent ainsi nous fournir qu'un degré d'assurance progressivement décroissant. À court terme, nous devons veiller à ce que les impacts ne soient pas supérieurs à ceux qui seraient acceptés aujourd'hui. À plus long terme, tout en continuant de viser cet objectif, nous reconnaissons que nous ne sommes peut-être pas en mesure de certifier pleinement que les niveaux actuels seront respectés. Ainsi, alors que nous n'accepterions pas un concept de stockage pour lequel les impacts dans le futur devraient être supérieurs à ceux qui seraient acceptables aujourd'hui, nous pourrions en accepter un qui ne les exclurait pas totalement. Même ainsi, nous devons être capables de garantir que les impacts ne mettront pas en danger la santé et la sûreté des générations futures (dans le contexte des principes de la NAPA, afin de respecter les principes de la responsabilité fiduciaire et de la chaîne d'obligations). Au lieu d'essayer d'apporter la garantie absolue que nous pouvons prévenir tout dommage dans l'avenir, il nous faudrait peut-être viser l'objectif plus réaliste consistant à réduire le risque de dommages futurs au niveau le plus faible qu'il nous est possible d'atteindre, et de démontrer en particulier que le risque d'impacts importants ou directement observables est très bas.



## Annexe 8

### PROBLÈMES DE MISE EN ŒUVRE ASSOCIÉS AUX ÉCHELLES DE TEMPS<sup>1</sup>

Une difficulté essentielle dans l'élaboration des dossiers de sûreté pour les dépôts géologiques tient aux longues périodes pendant lesquelles les déchets radioactifs qui y sont stockés demeurent dangereux. En effet, de nombreux phénomènes et processus caractérisés par des échelles de temps très diverses agissent sur le stockage et son environnement. Ces phénomènes et processus, les incertitudes qui les accompagnent et leurs effets éventuels sur l'évolution et la performance du stockage doivent être définis, évalués et mentionnés dans le dossier.

Le traitement des questions associées aux échelles de temps a été débattu au cours d'un colloque OCDE/AEN qui s'est tenu à Paris en 2002 ; les enseignements dégagés et les questions soulevées à cette occasion ont fait l'objet d'un bref rapport publié en 2004 (NEA, 2004a)<sup>2</sup>. On observe toutefois une évolution des connaissances relatives à la nature des questions associées aux échelles de temps et à la façon dont elles doivent être abordées. Cette évolution est à l'origine du présent rapport qui se fonde sur l'analyse des réponses à un questionnaire auquel ont répondu vingt-quatre organismes, représentant à la fois des exploitants et des autorités de réglementation de treize pays membres de l'OCDE, ainsi que sur les débats qui ont eu lieu lors de réunions ultérieures.

Le rapport s'adresse aux parties intéressées qui connaissent déjà bien les méthodes d'évaluation de la sûreté et les dossiers de sûreté, notamment les spécialistes de l'évaluation et les autorités de réglementation, les responsables de projet et les spécialistes des disciplines scientifiques concernées. Il a pour objet de :

- Faire le point sur la situation et les débats actuels concernant les questions d'échelles de temps dans le stockage en formations géologiques profondes des déchets radioactifs à vie longue.
- Mettre en lumière les domaines consensuels et les points de divergence entre les programmes nationaux.
- Déterminer s'il est possible d'améliorer encore la façon de traiter ces questions dans le cadre de l'évaluation de la sûreté et de l'élaboration et de la présentation des dossiers de sûreté.

Le traitement des questions d'échelles de temps dans les dossiers de sûreté est fonction de diverses considérations générales que nous présenterons d'abord ici. Nous examinerons ensuite trois grands domaines associés à la réglementation et aux pratiques de planification et de réalisation des stockages qui sont influencés par les questions d'échelles de temps :

- La sélection du site et la conception du stockage, et les niveaux de protection prescrits par les règlements.
- La planification des mesures préalables et postérieures à la fermeture.
- L'élaboration et la présentation d'un dossier de sûreté.

---

1. Ce texte reprend la synthèse de l'Initiative et rapport sur les échelles de temps « Consideration of Timescales in Post closure Safety of Geological Disposal of Radioactive Waste », Novembre 2006, NEA/RWM/IGSC(2006)3.  
2. *Gestion des échelles de temps dans l'évaluation de la sûreté en phase post-fermeture, Enseignements tirés de l'atelier d'avril 2002 à Paris (France), OCDE/AEN Agence pour l'énergie nucléaire, Paris (France), 2004.*

Le rapport s'achève par un résumé de conclusions, dont un examen des déclarations présentées dans le rapport de 2004 sur « les enseignements dégagés », à la lumière des analyses exposées ici. Bon nombre des questions abordées durant le projet se prêtent à diverses interprétations et restent ouvertes au débat dans les programmes nationaux, ainsi qu'à l'échelon international. Les conclusions du présent rapport ne doivent donc pas être jugées définitives ; elles visent plutôt à faire avancer le débat et à comprendre les similarités et les divergences des différentes approches suivies par les programmes nationaux.

## **Considérations générales sur le traitement des questions d'échelles de temps**

### ***Principes éthiques***

Compte tenu des échelles de temps pendant lesquelles les déchets radioactifs présentent un danger, les décisions de gestion des déchets prises aujourd'hui et dans un avenir proche peuvent influencer sur les risques auxquels les générations éloignées seront éventuellement exposées. Il convient donc d'examiner les questions éthiques ayant trait, par exemple, à notre devoir de protection des générations futures et aux niveaux de protection à assurer. Les décisions relatives à la planification et à la réalisation progressive des stockages, surtout celles consistant à définir s'il convient de fermer un stockage dès que possible ou de prévoir un prolongement de la période d'ouverture, présentent également des aspects éthiques. En effet, elles influent sur la marge de manœuvre laissée aux générations futures pour prendre leurs propres décisions et sur la responsabilité qui leur est léguée. Les principes éthiques concernés, tels que l'équité inter- et intragénérationnelle et la durabilité, sont ouverts à différentes interprétations et rivalisent parfois. Les interprétations retenues et l'équilibre établi entre des principes concurrents sont une question d'appréciation et peuvent varier selon les pays et les groupes d'intervenants ; ils continuent de faire l'objet de débats au niveau international, par exemple au sein du groupe de travail sur les critères de sûreté à long terme (LTSC) du Comité de la gestion des déchets radioactifs (RWMC) de l'OCDE/AEN.

### ***Évolution des risques***

Les risques liés aux déchets radioactifs résultent essentiellement des doses de rayonnement externes et internes susceptibles d'intervenir en l'absence d'un isolement (blindage compris) et d'un confinement suffisants des déchets. Bien que la radioactivité des déchets diminue sensiblement avec le temps, la présence de radionucléides à vie très longue fait que les déchets peuvent continuer de présenter un degré de risque sur des périodes extrêmement longues.

### ***Incertitude de l'évolution du système de stockage***

Le lieu d'implantation des stockages géologiques et leur conception sont choisis de manière à assurer la protection de l'homme et de l'environnement contre les dangers des déchets radioactifs à vie longue en isolant et en confinant les déchets. Si les sites et la conception des barrières artificielles sont généralement choisis pour leur stabilité et leur prévisibilité à long terme, l'évolution des stockages n'en est pas moins fonction d'incertitudes inévitables qui augmentent généralement au fil du temps. Par ailleurs, les modes d'exposition radiologique, qui sont étroitement liés aux habitudes individuelles des humains, ne peuvent être prévus de manière fiable qu'à très court terme. La moindre sollicitation du système suite à l'amenuisement des risques liés aux déchets compense les contraintes croissantes que les incertitudes font peser sur l'évaluation de la sûreté. Dans tous les cas, si certains risques perdurent extrêmement longtemps, l'augmentation des incertitudes signifie qu'il existe des limites pratiques aux garanties que l'on peut apporter quant à la protection qu'un système offre contre les risques. Les dossiers de sûreté doivent prendre ces limites en considération.



### ***Stabilité et prévisibilité de l'environnement géologique***

Les sites de stockage sont choisis pour leur stabilité géologique et leur prévisibilité générale. Bien que les prévisions d'évolution des sites, y compris les plus stables, deviennent peu sûres sur des échelles de temps assez longues, beaucoup de programmes nationaux ont retenu des sites jugés stables et suffisamment prévisibles sur des millions d'années au moins, ce jugement se fondant sur l'examen de leur évolution géologique sur des échelles de temps encore plus longues. D'autres prévoient de rechercher des sites de cette nature. En Allemagne, par exemple, tout processus de sélection d'un nouveau site suit généralement la procédure établie par le groupe interdisciplinaire d'experts (Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte – AkEnd), qui exige le choix d'un site comportant une « zone de roches isolantes » et qui, à en juger d'après son évolution normale, restera intacte pendant au moins un million d'années.

### **Sélection du site, conception du stockage et niveaux de protection exigés par la réglementation**

La robustesse du système est l'élément primordial dans le choix du site de stockage et la conception des barrières artificielles complémentaires. Ainsi, les phénomènes et processus susceptibles d'avoir des effets préjudiciables sur l'isolement et le confinement, de même que les sources d'incertitude qui gêneraient l'évaluation de l'évolution et de la performance du stockage sur des échelles de temps appropriées sont, autant que raisonnablement possible, évités ou réduits en termes d'ampleur, de probabilité ou d'impact.

La protection des êtres humains par l'isolement des déchets est considérée comme une fonction essentielle de l'environnement géologique et doit toujours être envisagée dans un dossier de sûreté. Par ailleurs, cet environnement de même que les barrières artificielles permettent d'assurer un confinement des radionucléides, et les rôles des différentes composantes du système à cet égard peuvent varier en fonction du temps. La plupart des programmes visent à confiner la majeure partie de l'inventaire de radionucléides au moins dans un rayon de quelques mètres du périmètre du site, et dans tous les cas dans la couche géologique ou la masse rocheuse immédiate du site de stockage, même si certains concepts prévoient que les radionucléides plus mobiles, comme le  $^{36}\text{Cl}$  et le  $^{129}\text{I}$ , migreront assez rapidement (en termes d'échelles temporelles géologiques) s'ils sont relâchés du dépôt. Il convient d'évaluer les conséquences de ces relâchements et de tout autre type de relâchement.

Le cadre réglementaire spécifie les éléments à mettre en évidence, et parfois les échelles de temps concernées, pour que le site et la conception proposés soient jugés offrir des niveaux acceptables de protection vis-à-vis de ce risque.

Les niveaux minimums de radioprotection requis dans la réglementation des installations nucléaires sont généralement exprimés en termes de critères quantitatifs de dose ou de risque. Dans le cas des stockages géologiques, ces critères s'appliquent sur des échelles de temps de 1 000 ou 10 000 ans au moins, et parfois sans limite temporelle. La réglementation et les dossiers de sûreté reconnaissent toutefois que les niveaux effectifs de dose et de risque auxquels les générations futures seront éventuellement exposées ne peuvent être prévus avec certitude sur de tels horizons temporels. Les modèles utilisés comportent certaines hypothèses stylisées, par exemple en ce qui concerne la biosphère et les activités ou les modes de vie humains. De plus, la « dose » calculée est ce que les spécialistes de la radioprotection appellent une « dose potentielle ». Il ne faut donc pas voir des prévisions dans les valeurs calculées, mais plutôt des indicateurs servant à vérifier l'aptitude du système à assurer l'isolation des déchets et le confinement des radionucléides.

Par ailleurs, le concept « d'optimisation sous contrainte » évoqué par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) dans la CIPR-81 devient souvent une obligation des réglementations nationales ; il est désigné sous plusieurs termes, mais recouvre les concepts exposés

dans la CIPR-81 selon lesquels un ensemble de principes techniques et administratifs, tels que de bonnes pratiques d'ingénierie et un programme complet d'assurance-qualité, sont des éléments indispensables pour développer la confiance dans la sûreté. S'agissant des dépôts géologiques, l'optimisation est généralement jugée effective quand toutes les décisions de conception et d'exécution ont été prises en vue de garantir un niveau de sûreté élevé pendant les opérations et après la fermeture du dépôt, et si des dispositions visant à réduire la possibilité et les retombées d'intrusions humaines ont été appliquées. Certaines réglementations exigent des argumentaires de natures différentes ou complémentaires en matière de protection, et prescrivent des argumentaires privilégiant les aspects qualitatifs, ou leur donnant plus de poids, lorsque l'on traite des échelles de temps supérieures à 1 000 ou 10 000 ans, en considération du fait qu'avec l'augmentation des incertitudes, les doses ou risques calculés peuvent perdre en pertinence.

De manière générale, même si les mesures de protection spécifiées dans les réglementations peuvent varier suivant les échelles de temps, cette variation ne traduit pas forcément l'idée qu'il est acceptable d'exposer les générations futures à des niveaux de dose ou de risque différents de (et supérieurs à) ceux qui sont acceptables aujourd'hui. Elle tient plutôt à des limites pratiques et techniques, notamment en ce qui concerne le poids que l'on peut donner aux résultats des calculs portant sur des horizons temporels de cette ampleur, et la signification des doses estimées à une époque où même une évolution de l'espèce humaine est possible. Des discussions sont en cours sur la question de savoir comment définir et juger les critères de protection dans un avenir très éloigné afin de formuler des décisions aujourd'hui (voir par exemple les travaux en cours au sein du groupe de travail sur les critères de sûreté à long terme (LTSC) du Comité RWMC).

### **Les politiques nationales de planification des mesures préalables et postérieures à la fermeture**

Les programmes nationaux en vigueur varient considérablement en ce qui concerne les prévisions de prolongation de la période d'ouverture avant le remblayage et la fermeture définitive d'un dépôt. Le principe éthique selon lequel les générations futures doivent pouvoir disposer d'une marge de manœuvre pour prendre leurs propres décisions plaide en faveur de l'attribution à ces générations des décisions concernant le remblayage et la fermeture. D'un autre côté, on peut considérer qu'un remblayage et une fermeture rapides du dépôt sont plus conformes au principe éthique qui veut que l'on ne transmette pas de charges excessives aux générations futures et qu'ils prémunissent aussi contre de possibles évolutions ultérieures de la société qui pourraient donner lieu à des défaillances dans la maintenance et la sécurité nécessaires. Une autre crainte, qui concerne surtout les dépôts situés dans des couches géologiques saturées en eau, est que des modifications préjudiciables au système ou des événements se produisent pendant la période d'ouverture, dont la gravité s'intensifierait pendant cette période. Si tel est le cas, il serait prudent d'envisager la fermeture peu après le remplissage du dépôt. Il est néanmoins admis que ces considérations techniques doivent être appréciées à la lumière d'autres facteurs, comme les politiques de surveillance et de récupérabilité des colis de déchets, qui exigent parfois une période d'ouverture plus longue, ou l'avis de la collectivité locale. Dans tous les cas, il est généralement admis que la période d'ouverture ne doit pas se prolonger au point de compromettre la sûreté à long terme.

Le suivi de nombreux paramètres, à l'intérieur et autour du dépôt, sera en toute vraisemblance effectué avant la fermeture, et une partie de ce travail pourra s'effectuer après la fermeture. D'autres obligations pourront s'appliquer après la fermeture, dont des mesures passives, comme la tenue de registres, et des mesures actives, comme la restriction de l'accès au site. Il faut veiller, lorsque l'on planifie ces mesures, à ce qu'elles ne menacent ni l'isolement des déchets, ni le confinement des radionucléides. La durée d'application prévue des mesures actives, suivi compris, varie d'un programme à l'autre, de même que la période durant laquelle les mesures, actives ou passives, peuvent être jugées fiables dans un dossier de sûreté, en particulier pour empêcher les intrusions humaines.

L'approche généralement retenue est prudente ; elle ne table pas sur l'efficacité de ces mesures pour empêcher ou pour réduire la probabilité d'une intrusion humaine au-delà de quelques centaines d'années, et ce en raison de l'évolution potentielle de la société et de notre inaptitude à prévoir les priorités des générations futures. Dans le cas des mesures actives, l'horizon temporel visé peut toutefois aller plus loin, pour relever le niveau d'acceptation et de confiance de la société, par exemple. Par ailleurs, les mesures passives, comme les marqueurs durables ou la tenue de registres, pourront informer les générations futures de l'existence et de la nature d'un dépôt sur des périodes allant bien au-delà de quelques centaines d'années.

### **Élaboration et présentation des dossiers de sûreté**

Pour obtenir, échanger et comprendre les informations relatives à un système qui évolue sur de longues échelles de temps, il est utile de définir et de mettre au point des outils permettant d'aborder différents horizons temporels sous un angle scientifique et logique.

Le problème essentiel dans l'élaboration d'un dossier de sûreté a trait aux incertitudes généralement croissantes quant à l'évolution et à la performance du dépôt. Les modèles d'évaluation quantitative de la sûreté portent généralement sur les relâchements potentiels de radionucléides d'un dépôt vers la biosphère. Les incertitudes qui pèsent sur ces modèles peuvent généralement être quantifiées, ou regroupées et traitées dans le cadre d'une évaluation de la sûreté en formulant, par exemple, des hypothèses prudentes ou en évaluant plusieurs cas couvrant la plage d'incertitude.

Quand les conséquences des relâchements calculés sont exprimées en termes de dose ou de risque, il faut également modéliser la biosphère. La biosphère est influencée par les activités humaines et par les phénomènes de surface relativement rapides et imprévisibles ; il est donc généralement admis que ces modèles doivent être établis à partir de « biosphères stylisées ». Autrement dit, les représentations de la biosphère peuvent se fonder sur des hypothèses dont il est reconnu qu'elles sont simplifiées et pas nécessairement réalistes, mais qui sont acceptées et jugées valides, au plan international, pour des études de modélisation.

Lorsque les réglementations ne précisent pas explicitement sur quels horizons temporels la protection doit être analysée, le gestionnaire des déchets doit décider du niveau et du type d'évaluation à réaliser sur différentes échéances, qui seront ensuite soumises à l'examen des autorités de réglementation. Le calcul des relâchements ne peut cependant être étendu à l'infini. Plusieurs facteurs entrent en jeu pour décider de la durée que doivent couvrir les calculs des relâchements des radionucléides :

- Les incertitudes concernant l'évolution du système, qui augmentent généralement avec le temps.
- La diminution de la radiotoxicité des déchets – comme indiqué plus haut, les combustibles usés et d'autres déchets à vie longue restent dangereux extrêmement longtemps.
- Le moment où les doses ou les risques calculés atteignent leur niveau maximum.
- La nécessité d'une couverture adéquate des processus très lents et à long terme et des phénomènes occasionnels.
- Le besoin de tenir compte des préoccupations des parties intéressées.

En arrêtant les calculs trop tôt, on risque de perdre des informations qui pourraient, par exemple, mettre sur la piste d'améliorations possibles du système. Surtout, si les hypothèses sur lesquelles se fondent les modèles peuvent être remises en question à une échéance donnée, il conviendra d'exprimer des réserves lors de la présentation des résultats afin que ceux-ci puissent être convenablement interprétés. Dans les analyses de sûreté récentes, les échelles de temps couvertes par les modèles vont de dix mille ans à cent millions d'années ; un million d'années apparaît toutefois comme l'horizon temporel le plus communément admis.

Pour analyser la sûreté au-delà des horizons temporels couverts par les calculs de relâchement, certains programmes ont élaboré des argumentaires fondés sur la comparaison entre la radiotoxicité des déchets suite à une ingestion et celle des phénomènes naturels (les gisements d'uranium, par exemple ; les limites de ces arguments sont toutefois connues). D'autres analyses invoquent la stabilité géologique du site s'il a été bien choisi, et peuvent par exemple prouver que, sur des échelles de millions d'années ou plus, les déchets n'apparaîtront pas à la surface sous l'effet de la subsidence et de l'érosion des sols. Dans la pratique, plusieurs lignes d'argumentation peuvent être présentées, et des argumentaires complémentaires peuvent fournir la confiance nécessaire sur différentes échelles de temps, et à différents publics.

Pour communiquer efficacement avec les parties concernées et renforcer leur confiance, les dossiers de sûreté doivent être présentés de manière à indiquer clairement de quelle manière la sûreté sera assurée à différentes époques : à court terme, c'est-à-dire la période pendant laquelle le confinement total des radionucléides est prévu, et à des périodes ultérieures, quand de légers relâchements pourront se produire. Les publics non spécialisés s'inquiètent souvent davantage (mais pas toujours) de la sûreté sur de courtes échéances – de l'ordre de quelques centaines d'années après l'installation du dépôt. Lorsque l'on présente les dossiers de sûreté à ce type de public, il peut être utile de souligner les arguments forts en faveur de la sûreté sur cette échelle de temps. Il peut aussi être utile de consacrer un chapitre du rapport de sûreté à la gestion des différentes échelles de temps, à la façon dont les incertitudes sont traitées (et en quoi elles évoluent avec le temps), à la manière dont plusieurs indicateurs de sûreté et de performance sont utilisés, et au mode d'interprétation des résultats en fonction du temps.

### **Approfondissement des principales questions d'échelles de temps à partir des travaux à la base du présent rapport**

Le présent rapport a réexaminé les différentes questions précédemment traitées dans le rapport « Lessons Learnt » de 2004, et s'est penché sur de nouveaux domaines tels que la planification des actions avant et après la fermeture d'un dépôt. Dans certains cas, les théories n'ont pas évolué par rapport à celles exposées dans le document de 2004 ; dans d'autres, en revanche, des différences sont détectables.

#### ***Les échelles de temps sur lesquelles fonder les dossiers de sûreté***

Le rapport de 2004 faisait valoir que les considérations éthiques impliquent que l'impact d'un stockage sur la sûreté doit être évalué pour toute la période pendant laquelle les déchets présentent un risque. Le présent rapport reconnaît qu'il existe des principes éthiques divergents, et parfois concurrents, qu'il convient de mettre en balance. Apparemment, le débat sur la façon de parvenir à un point de vue équilibré et acceptable au plan social en est toujours à un stade préliminaire dans de nombreux pays et à l'échelle internationale. Il faut en outre que la participation de nombreuses parties prenantes vienne l'enrichir, ce qui va au-delà du mandat du groupe de travail qui a établi le présent rapport.

#### ***Les limites de prévisibilité du comportement du stockage et de son environnement***

Les deux rapports estiment que les dossiers de sûreté doivent reconnaître les limites de prévisibilité du comportement d'un stockage et de son environnement.

#### ***Arguments relatifs à la sûreté sur différentes échelles de temps***

Les deux rapports notent que les arguments et les indicateurs de performance et de sûreté utilisés ou privilégiés peuvent varier selon l'échelle de temps considérée. Le présent rapport évoque la tendance actuelle des différentes méthodes à segmenter l'avenir en périodes distinctes et souligne les innovations introduites en matière d'analyse phénoménologique et fonctionnelle des différentes échelles de temps.

Le document de 2004 observe que les réglementations fournissent de plus en plus d'orientations sur l'utilisation d'arguments venant compléter l'évaluation de la dose et du risque. Cette observation est confirmée ici dans l'examen des réglementations récemment adoptées ou prévues en Suède et aux États-Unis. Le rapport souligne que des argumentaires complémentaires s'imposent, non seulement pour compenser les incertitudes grandissantes qui pèsent sur les calculs des relâchements à des périodes éloignées, mais aussi pour traiter d'autres aspects de la sûreté, notamment l'isolement permanent, même à des époques plus lointaines que celles pour lesquelles des évaluations quantitatives peuvent être justifiées. Ces arguments complémentaires peuvent, par exemple, se fonder sur l'absence de ressources susceptibles de provoquer une intrusion humaine par inadvertance et sur la stabilité géologique du site, qui afficherait de faibles taux de subsidence et d'érosion. L'argumentaire de sûreté sur le très long terme est cependant un sujet de débat permanent qui nécessite certainement de tenir compte des principes éthiques dans la mesure où il est lié à notre capacité et à notre responsabilité de protection de l'environnement dans un avenir très lointain.

### ***Interprétation des doses et risques calculés dans les évaluations de la sûreté à long terme***

Les deux rapports prennent note du consensus international selon lequel il convient de voir dans les évaluations de doses et de risques contenues dans les analyses de sûreté des illustrations des effets potentiels sur des individus hypothétiques et de modes de vie stylisés fondées sur un ensemble convenu d'hypothèses. Les hypothèses sont spécifiques à chaque site. Les éléments sur lesquelles elles se fondent, leur définition et leur degré de prudence peuvent varier sensiblement ; c'est pourquoi les résultats calculés contenus dans les dossiers de sûreté doivent être soigneusement analysés en cas de comparaison entre différents programmes nationaux.

### ***Indicateurs complémentaires de sûreté et de performance***

Le rapport de 2004 établit que l'utilisation d'indicateurs complémentaires, leur pondération pour différentes périodes de temps, ainsi que les valeurs de référence servant aux comparaisons sont autant de points qui devraient faire l'objet de recommandations réglementaires supplémentaires. Les directives réglementaires récentes citées ici montrent que les indicateurs et critères de sûreté ne sont pas seulement quantitatifs, mais peuvent aussi recouvrir des notions plus qualitatives, telles que les meilleures techniques disponibles (BAT) et l'optimisation. La question de l'évaluation de la conformité aux critères exprimés en termes d'indicateurs qualitatifs mériterait cependant un examen approfondi, de même que l'interprétation de l'optimisation de la protection lorsqu'il s'agit d'évaluer les impacts à différents horizons temporels.

### ***Répondre aux préoccupations de la population***

Les deux rapports notent que les documents destinés au public devraient prêter une attention particulière à la période couvrant les quelques centaines d'années suivant le stockage des déchets. Le présent rapport formule d'autres recommandations particulières quant à la communication d'informations sur la façon dont la sûreté est assurée à des échelles de temps différentes.

### **Conclusion**

En conclusion, la diversité des échelles de temps que les dossiers de sûreté doivent couvrir représente un énorme défi. La pression décroissante sur la performance des systèmes due à la diminution des risques associés aux déchets au fil du temps compense en partie celle que l'incertitude croissante (et la réduction de la prévisibilité) fait peser sur l'évaluation de la sûreté. En tout état de cause, comme on l'a souligné ici à plusieurs reprises, alors que la source de danger peut subsister sur des durées extrêmement longues, l'accentuation des incertitudes avec le temps fait que l'on peut

difficilement appréhender le niveau de protection qu'offre un système de stockage contre ces dangers à long terme. Ainsi, le temps et le degré de protection (et la garantie de la sûreté) sont liés. Ces limites pratiques doivent être signalées dans les dossiers de sûreté.

Les diverses méthodes examinées ici montrent qu'il existe aujourd'hui de nombreuses approches permettant d'élaborer et de présenter les dossiers de sûreté. Il est en outre possible de les améliorer, par exemple en tenant compte de l'expérience acquise à l'occasion d'échanges avec les parties prenantes pour mettre au point des présentations des dossiers adaptées aux besoins de publics moins spécialisés.

Une conclusion générale se dégage des réponses au questionnaire sur les échelles de temps : de nombreux programmes attribuent à l'exploitant une part substantielle de la responsabilité finale de la gestion des échelles de temps dans les dossiers de sûreté. La mission du régulateur, outre la définition des critères de sûreté (qui peuvent varier ou non au fil du temps), consiste généralement à examiner et signaler tout problème dans le mode de gestion des questions liées aux échelles de temps retenu par l'exploitant. Quel que soit le responsable ultime, un dialogue entre l'exploitant, le régulateur et les autres parties prenantes est un moyen efficace d'apporter des solutions largement acceptées ; de nombreux programmes se sont engagés dans cette voie.

## *Annexe 9*

### **SYNTHÈSE DES POINTS DE VUE EXPRIMÉS AU COURS DU COLLOQUE DE NOVEMBRE 2006**

#### **Contexte**

Le colloque avait pour objectif d'analyser différents aspects de la réglementation de la sûreté à long terme en considérant que :

- (1) Ce processus ne fait pas seulement intervenir des considérations techniques, mais reflète forcément les attentes de la société sur certaines questions, par exemple celle du juste équilibre entre les risques résultant d'une activité dangereuse et les avantages que procure cette activité.
- (2) Les différences constatées entre les critères nationaux sont probablement dues en grande partie à ces considérations non techniques.

Pour étudier ces aspects plus généraux de la réglementation, le colloque a réuni non seulement les autorités réglementaires, les gestionnaires des déchets et les techniciens spécialisés dans la gestion des déchets radioactifs, mais aussi des philosophes, des théologiens, des chercheurs, des experts en éthique, des sociologues et d'autres experts.

Divers points de vue ont été exprimés lors des exposés et des débats qui les ont suivis. Ces opinions ont été rassemblées et structurées en six grandes catégories. Les participants au colloque ont passé en revue le présent compendium et formulé des observations, reprises ici pour raisons de commodité. On trouvera des informations plus précises et détaillées dans le compte rendu du colloque et dans les exposés qui y ont été présentés.

#### **Nécessaire diversité des processus réglementaires et de la réglementation**

- Les critères chiffrés diffèrent considérablement. Il convient toutefois de les examiner dans le cadre plus vaste des :
  - Méthodes d'évaluation (« prudentes/majorantes » ou « réalistes », et mode de traitement des sources d'incertitude, par exemple).
  - Fondements des critères (risque absolu, dose fondée sur les critères de radioprotection en vigueur, ou dose fondée sur des comparaisons avec les niveaux naturels d'exposition).
  - Appréciations de la conformité (limite ou cible, « rigoureuse » ou « flexible », etc.).
  - Décisions visant à définir si les critères doivent évoluer avec les échelles de temps et, le cas échéant, de quelle manière.
- Pour les raisons qui précèdent, une comparaison directe des critères chiffrés de long terme utilisés dans les différents pays membres risque de donner une image erronée de la situation, sauf si le contexte plus large de la stratégie d'implémentation de ces critères est pris en compte. D'autres raisons soulignées dans le document ont trait à la complexité du processus de décision réglementaire et aux types d'organisations mises en place dans les différents pays ; aux méthodes distinctes employées pour caractériser et définir la protection à long terme ; aux approches

différentes concernant le traitement des questions éthiques relevant de la nature des obligations de la société contemporaine vis-à-vis des générations futures ; et, en liaison avec ces difficultés à l'évolution en cours depuis quelque temps des recommandations internationales (voir le récent exercice d'élaboration de lignes directrices de la CIPR).

- Le processus décisionnel et le cadre réglementaire ne s'appuient pas seulement sur des éléments techniques. Ils prennent en compte les attentes de la société civile, l'expérience internationale, les considérations éthiques et les nécessités pratiques pour l'implantation d'un stockage. En conséquence, il importe d'examiner « le cadre réglementaire » en général ou le processus de décision institutionnel plutôt que la seule réglementation technique. Le processus décisionnel peut faire intervenir, outre l'autorité réglementaire responsable de la procédure d'autorisation et d'agrément, diverses institutions nationales, dont l'administration publique, le parlement et d'autres acteurs.
- Dans la mesure où l'on doit supposer qu'à terme, le contrôle institutionnel d'une installation de stockage ne sera pas maintenu, on peut voir dans l'autorisation d'un stockage géologique un acte qui implique la confiance non seulement dans l'autorité réglementaire, mais dans l'ensemble du cadre réglementaire et du processus de décision.
- Globalement, les participants au colloque ont approuvé les nouvelles recommandations de la CIPR (version préliminaire de 2006) qui reconnaissent que les processus de décision peuvent dépendre des préoccupations particulières de chaque collectivité et estiment que la participation de toutes les parties concernées est nécessaire pour aboutir à des décisions prises dans le cadre d'un processus plus flexible et plus durable.

### **Assurer la radioprotection à long terme**

- Un consensus s'est dégagé parmi les participants quant à la nécessité d'assurer un degré élevé de radioprotection. En revanche, il conviendrait de reconnaître dans le cadre de la réglementation qu'il n'est pas possible de garantir une protection active perpétuelle.
- Le public et les individus concernés par l'implantation d'un stockage seront plus disposés à accepter le projet si la formulation d'une stratégie de vérification de la performance du stockage a pris en considération, outre les aspects techniques, les aspects culturels, sociétaux et éthiques plus proches de leurs préoccupations. L'autorité de réglementation peut avoir intérêt à engager un dialogue avec le public sur ces aspects particulier et à prendre en compte les préoccupations exprimées.
- Au colloque de Cordoue (1997), il a été unanimement reconnu que les critères quantitatifs de radioprotection applicables au stockage des déchets radioactifs n'étaient pas des limites strictes à ne pas dépasser (juridiquement parlant) mais doivent être considérés sur le long terme comme des valeurs de référence ou des indicateurs par rapport aux objectifs de sûreté ultimes. Plusieurs aspects importants ont été soulignés, tels que la nature des évaluations de la performance à long terme d'un stockage, qui ne sont pas de véritables prévisions, mais plutôt des illustrations du comportement attendu du stockage et de son niveau de sûreté. Le concept d'exposition potentielle<sup>1</sup> a été mis en évidence.
- L'évolution récente des recommandations internationales (voir CIPR-81) indique qu'au-delà de quelques centaines d'années, la dose et le risque peuvent perdre leur pertinence en tant que

---

1. Les doses et les risques – tels qu'utilisés dans le cadre de la gestion à long terme des déchets – sont les doses et les risques potentiels au sens de la CIPR-81. En vertu de ce document, le concept « expositions potentielles » renvoie à des situations dans lesquelles il est possible, mais pas certain, qu'une exposition se produise, autrement dit à des situations préoccupantes à long terme après la fermeture d'une installation de stockage de déchets radioactifs solides [par. 24].



mesures des dommages à la santé ; néanmoins, les doses et risques calculés à long terme peuvent servir d'indicateurs de la protection assurée par le système de stockage. Les autres indicateurs de performance font aussi l'objet d'incertitudes à long terme. C'est pourquoi une importance grandissante est accordée à la vérification de l'utilisation par l'exploitant du stockage de pratiques d'ingénierie éprouvées et à l'introduction progressive de nouveaux concepts (optimisation sous contrainte (« best available technique » ou BAT et application de principes de gestion solides pour la conception et la réalisation du stockage, par exemple). Ces nouveaux concepts prennent en considération le degré de confiance obtenu par une démonstration de la capacité du système de stockage à assurer les fonctions de sûreté qui lui ont été attribuées.

- Il semblerait que les gestionnaires de déchets fassent aujourd'hui *davantage* appel au concept de fonctions de sûreté, en vertu duquel un ou plusieurs composants du système de stockage peuvent contribuer à une fonction de sûreté unique ou, à l'inverse, un composant unique peut contribuer à plusieurs fonctions de sûreté<sup>2</sup>. Les exploitants utilisent le concept de fonction de sûreté pour mettre au point, décrire et évaluer la performance du système de stockage.
- Le colloque de Cordoue (1997) observait qu'il n'existait peut-être pas de fondement universellement accepté à la définition de limitations dans le temps pour l'évaluation des performances, bien que celles-ci puissent fournir une base concrète aux décisions réglementaires. En conséquence, certains pays pourront choisir de se limiter à un intervalle de temps qui évite d'avoir à prendre en compte une nouvelle période glaciaire susceptible d'influer à tel point sur tous les aspects de la vie des générations concernées que les conséquences de la présence du stockage auraient une importance mineure en comparaison ; d'autres pourront décider que les conséquences du stockage sur les prochaines générations sont plus importantes que celles intervenant dans des millions d'années. Les différentes approches correspondent à des contextes nationaux distincts. Il a été précisé qu'en cas de recours à des limitations dans le temps, le fondement de ce choix et la manière dont il est traité devraient être expliqués<sup>3</sup>.
- Comme le montre l'étude du groupe IGSC sur la gestion des échelles de temps, les conséquences sanitaires de l'exposition externe au rayonnement direct de certains déchets radioactifs de haute activité demeurent significatives sur de très longues périodes qui vont au delà de plusieurs centaines de milliers d'années et au-delà des périodes habituellement couvertes par la réglementation<sup>4</sup>. *L'isolement* des déchets (c'est-à-dire leur mise à l'écart de l'environnement accessible) est donc une fonction du stockage très importante et sur des périodes beaucoup plus longues que celles indiquées par les seuls calculs de dose fondés sur des hypothèses d'ingestion (radiotoxicité).
- Il serait utile, pour la prise de décision, que le dossier de sûreté établisse une comparaison avec d'autres procédés de gestion. Il devrait également décrire comment évoluera le stockage à très long terme.
- Il conviendrait aussi que les pays qui définissent une stratégie de radioprotection et des tests de performance à long terme du stockage prennent en compte, pour choisir les critères de performance et les échelles de temps outre les aspects techniques, les considérations sociétales, culturelles et

---

2. Voir par exemple le paragraphe 3.1.3 du document sur les échelles de temps de l'IGSC

<http://www.nea.fr/html/rwm/docs/2006/rwm-igsc2006-3.pdf>

3. a) Il a été demandé que les réglementations n'aillent pas au-delà de périodes raisonnablement prévisibles ; b) les échelles de temps limitées sur la base de la radiotoxicité par ingestion sont fragilisées par le fait que l'exposition externe aux rayons gamma émanant du combustible usé (et des déchets de haute activité) demeure élevée pendant plusieurs millions d'années (voir également le point suivant).
4. L'étude de l'IGSC, NEA/RWM/IGSC(2006)3, montre qu'un fragment relativement petit de déchet de haute activité vitrifié ou de combustible usé peut libérer, s'il n'est pas protégé par un blindage, des doses de l'ordre de millisieverts par heure pendant des périodes de plusieurs millions d'années.

éthiques. Les efforts internationaux devraient viser à encourager le dialogue entre les nations afin de comprendre les fondements des objectifs de sûreté et des stratégies d'évaluation des performances et de recenser les similarités et les disparités entre les différentes approches.

### **Instruments de démonstration de la performance de l'installation de stockage**

- Les participants au colloque ont estimé que pour démontrer la conformité aux objectifs de radioprotection, il convenait de disposer d'outils permettant de s'assurer que la performance du système de stockage était acceptable. Pour renforcer la confiance du public, de nombreux pays cherchent actuellement à s'appuyer sur un ensemble d'indicateurs en complément de la dose et du risque, et à utiliser des approches fondées sur des bases de raisonnement de différentes natures. Lorsque des indicateurs complémentaires sont utilisés, il importe de vérifier qu'ils permettent effectivement de contribuer à la démonstration de la conformité aux objectifs de radioprotection. Ils doivent notamment porter sur les fonctions du système de stockage les plus importantes en termes de performance.
- Les approches favorisant l'optimisation sous contrainte, l'utilisation des meilleures techniques disponibles (BAT), le recours à des approches multi-critères, y compris celles utilisant des indicateurs autres que la dose et le risque, semblent susciter un intérêt grandissant. Les concepts ALARP (aussi faible que raisonnablement possible) ou BAT mériteraient néanmoins d'être approfondis et de faire l'objet d'une réflexion internationale. On mentionnera notamment les points suivants :
  - Le processus d'optimisation est contraint par d'autres facteurs que la radioprotection, notamment les contraintes sociétales, économiques et technologiques. Il prend donc en compte les résultats des analyses de performance, mais aussi à d'autres aspects.
  - L'optimisation appelle un équilibre entre protection à court et à long terme. Ainsi l'ouverture prolongée d'une installation de stockage pour des raisons autres que la sûreté doit être mise en balance avec le risque d'une augmentation des accidents pour le personnel minier.
  - Certains programmes établissent une distinction entre optimisation et BAT. La première cherche à réduire les effets (radiologiques) au niveau ALARP en fonction, par exemple, d'un critère de dose ; les secondes ont trait au choix de techniques qui réduisent au minimum, dans toute la mesure du raisonnable, la possibilité que des relâchements se produisent au travers des systèmes de barrière (robustesse du système, choix raisonné du site et pratiques d'ingénierie éprouvées).
  - À long terme les doses calculées ne sont que l'évaluation d'une « exposition potentielle ». On peut voir dans l'utilisation des meilleures techniques disponibles (BAT) une ultime garantie de sûreté. Il est important de reconnaître que le concept de BAT recouvre non seulement les aspects technologiques, mais aussi la gestion du processus, et par conséquent une procédure adéquate pour le choix du site et des pratiques d'ingénierie éprouvées; il convient aussi de reconnaître qu'il intègre la notion de bonne possibilité de mise en œuvre (voir la définition des meilleures techniques disponibles dans la directive PRIP de la Commission européenne<sup>5</sup>).
  - Reconnaître la priorité des BAT sur l'optimisation de la radioprotection est un moyen d'affirmer que la sûreté est une propriété intrinsèque du système tel qu'il a été conçu et construit. Si la sûreté est une propriété intrinsèque du système tel qu'il a été conçu et construit, seul des indicateurs (tests ou mesures) associés aux caractéristiques et fonctions du système, c'est à dire les indicateurs associés aux BAT permettent de l'appréhender. C'est pourquoi il a été proposé de considérer des indicateurs complémentaires, tels que les flux de radionucléides à travers les composants du système et les concentrations de radionucléides dans les eaux souterraines.

---

5. <http://ec.europa.eu/environment/ippc/index.htm>

- La fiabilité que l'on peut accorder aux évaluations de doses et de risques s'amenuise avec le temps<sup>6</sup>, d'où la nécessité croissante d'envisager à long terme des indicateurs appropriés à l'application des BAT.
- Les conditions dans lesquelles les valeurs de référence des indicateurs de sûreté peuvent être déduites de mesures dans l'environnement ne sont pas universellement acceptées.
- Le dossier de sûreté doit justifier les hypothèses relatives aux scénarios représentant le futur et montrer qu'ils sont correctement appréhendés. Il faut se rendre compte que, parfois, les calculs d'impact radiologique sont fondés sur des scénarios qui ne peuvent être qu'hypothétiques. Par exemple, des hypothèses conventionnelles sont retenues telles que les *biosphères de référence* et le postulat que les futurs êtres humains pris en compte dans les analyses de sûreté ne seront pas différents de nous. Pourtant, la race humaine (*homo sapiens*) n'existe que depuis 200 000 ans environ<sup>7</sup>.
- Les participants au colloque sont convenus qu'il existe toute une panoplie de moyens techniques pour évaluer la performance potentielle d'un stockage à long terme. Chacun de ces moyens présente des avantages et des inconvénients pour leur application et leur utilisation dans le cadre d'un système réglementaire. Lorsqu'ils procéderont au choix des méthodes d'évaluation, les pays devront utiliser une gamme étendue de moyens différents en s'interrogeant dans chaque cas s'ils peuvent renforcer la confiance du public et servir d'indicateurs pour satisfaire aux critères réglementaires.

### **Problèmes éthiques : charges et responsabilités, devoirs et possibilités**

- Les considérations éthiques jouent un rôle important dans l'établissement des obligations réglementaires.
- Beaucoup de programmes de gestion des déchets se sont presque exclusivement focalisés sur les aspects techniques ou ont fait appel à des techniciens pour traiter des questions éthiques. Cette situation peut et doit être améliorée.
- La plupart<sup>8</sup> des experts en éthique admettent qu'une génération a des responsabilités envers les générations suivantes bien que leurs vues diffèrent quant à la nature de ces obligations et à leur durée. D'aucuns estiment que cette responsabilité perdure tant que les effets persistent, autrement dit qu'il n'existe pas de point final à cette responsabilité. À ce principe rigide s'oppose l'idée plus pragmatique que la responsabilité doit nécessairement diminuer avec le temps, en fonction de la capacité à l'assumer. Même si l'on fait valoir, s'agissant de la responsabilité envers les générations futures, que le *devoir de protection* n'évolue pas avec le temps, il est manifestement admis que notre *capacité* à accomplir ce devoir est fonction du facteur temps.
- Les échelles de temps sur lesquelles nous devons projeter nos obligations et responsabilités envers les générations futures peuvent se subdiviser comme suit :
  - L'échelle de temps socioculturelle (quelques générations).

- 
6. On se souviendra que la CIPR-81 indique que la dose et le risque ne doivent pas être considérés comme des mesures des dommages à la santé au-delà de quelques centaines d'années (après la mise en place des déchets).
  7. À vrai dire, ne pourrait-on évoquer cet argument pour justifier l'application de la réglementation à des périodes de temps limitées ? [On notera que nous suivons le même type de raisonnement lorsque nous disons a) qu'on ne peut raisonnablement conserver des archives plus de 500 ans ; b) qu'on ne peut effectuer un suivi et une surveillance active pendant plus de 200 ans ; c) que nos obligations majeures concernent les périodes que nous pouvons appréhender, à savoir les périodes qui caractérisent nos institutions démocratiques (200 ans)].
  8. Certains soutiennent qu'une génération a effectivement des responsabilités envers les générations futures, mais les arguments sur lesquels se fonde cette théorie ne sont pas largement acceptés.

- L'échelle de temps sur laquelle les calculs des analyses de sûreté sont raisonnablement fiables.
  - Les échelles de temps sur lesquelles la performance des matériaux et les processus géologiques sont raisonnablement prévisibles.
  - Les échelles de temps au-delà desquelles les processus ne peuvent faire l'objet de prévisions quantitatives raisonnables<sup>9</sup>.
- On s'accorde de plus en plus à reconnaître que la période d'exploitation d'une installation de stockage, même si l'on ne prévoit pas explicitement la récupérabilité des déchets, couvre plusieurs générations, c'est-à-dire une période peut-être équivalente à l'échelle de temps socioculturelle mentionnée ci-dessus.
  - On ne peut éviter de transmettre ces obligations aux générations suivantes. Conformément au principe de durabilité, si nous leur transmettons des responsabilités, nous devons aussi leur donner des droits et des moyens.
  - Il serait utile de disposer de tests pour vérifier que a) les obligations qui peuvent raisonnablement être remplies le sont dans les faits ; b) celles qui ne le sont pas sont transférées de la manière la plus responsable possible aux générations suivantes afin de leur laisser une marge de manœuvre maximale pour accomplir leurs obligations ; c) les contraintes transférées (coûts, risques, charges) sont, partiellement au moins, compensées par un transfert d'information et de ressources et par la continuité des responsabilités en matière d'éducation, de qualifications et de recherche.

### **Établir des objectifs clairs et transparents en matière de stockage final**

- Il faut que les réglementations soient expliquées au public et que celui-ci les comprenne ; il est en outre indispensable que les critères et obligations réglementaires soient formulés de manière à ce qu'une « démonstration de la conformité » puisse être effectuée de manière crédible. Il importe également de veiller à ce que les objectifs et éléments fondamentaux de sûreté et de radioprotection présentent un minimum de cohérence à l'échelon international. Dans ce contexte :
  - Un des défis à relever pour le régulateur consiste à ne pas promettre et à ne pas réclamer l'impossible.
  - Des concepts tels que « sûreté », « assurance raisonnable », « dose potentielle » et « risque potentiel », de même que les indicateurs de sûreté complémentaires et autres critères utilisés à l'échelon national ou international, doivent être clairement définis. Des définitions approuvées au niveau international seraient particulièrement avantageuses pour des concepts de stockage dont les objectifs globaux sont communs à tous les programmes. Un exemple type est celui du concept de « sûreté ».
  - Les exigences réglementaires doivent établir clairement et franchement ce que l'on entend par « sûreté » (par exemple, « absence de dommage » n'a pas la même signification que « absence d'exposition »), ne pas demander au système de stockage ce qu'il ne peut raisonnablement pas apporter, et fournir dans le dossier de sûreté des informations qui étayent et éclairent les décisions à prendre aux différents stades d'avancement en matière de sûreté.
  - La durabilité est un concept qui n'est pas bien défini dans le contexte du stockage des déchets radioactifs à vie longue. Il serait utile de réfléchir aux possibilités qu'il peut offrir et aux difficultés qu'il peut présenter pour l'autorité de réglementation et le gestionnaire des déchets. Il n'est pas évident que les termes de la Convention commune (« besoins et aspirations des générations futures ») soient applicables sous l'angle normatif que l'on attend des réglementations de sûreté.

---

9. On n'a pas la capacité d'exercer des responsabilités sur de telles échelles.

- Le principe de précaution s'applique à toutes les options de gestion des déchets pouvant être envisagées, y compris à celle consistant à ne rien faire ou celle consistant à introduire des retards excessifs dans la prise de décision.
- Le public semble plus exigeant en ce qui concerne la protection contre les dangers des déchets radiotoxiques que des déchets chimiotoxiques<sup>10</sup>. Il serait peut-être utile d'en étudier les raisons de manière à s'assurer que les politiques et objectifs établis dans le cadre du processus réglementaire répondent effectivement à ces préoccupations.

### **Prévoir et expliquer le processus décisionnel**

- Compte tenu de la durée du projet (peut-être plus de 100 ans), l'installation de stockage connaîtra des progrès technologiques et un développement progressif. Les autorités de réglementation et les réglementations devront s'adapter à cette réalité. Dans ce contexte :
  - Le lien entre réglementation et processus de décision par étapes suscite un intérêt grandissant. Les questions à prendre en considération sont les suivantes : la formulation des réglementations doit-elle être assimilée à un processus par étapes ? Dans l'affirmative, comment expliquer au mieux ce processus et les obligations qu'il crée ? De quelle manière les questions d'appréciation seront-elles traitées ? Dans la même veine, comment concilier les objectifs de protection à court et à long terme ? Quelles sont les caractéristiques d'un processus robuste ? Comment garantir une certaine stabilité des positions réglementaires, par exemple pour offrir aux gestionnaires de déchets un certain niveau de sécurité juridique et de sécurité d'investissement ?
  - Le dialogue entre les autorités de réglementation et les gestionnaires de déchets est important dans toutes les procédures d'agrément. Dans le cas d'un processus de décision par étapes, il est crucial que ce dialogue s'engage dès les premières étapes et se poursuive tout au long de l'exercice. Il devrait être organisé de manière à ce que l'indépendance de l'autorité de réglementation soit clairement préservée.
- La capacité à intervenir (contrôle) est au cœur des pratiques réglementaire courantes et du concept de sûreté. Le renoncement à ce contrôle exige de la part de la génération actuelle un acte de confiance vis-à-vis de la technologie et des régimes juridiques et réglementaires, au nom des générations futures. Les éléments du processus décisionnel devraient être conçus de manière à améliorer l'image de légitimité du processus et relever le niveau de confiance.
- Dans l'intérêt du public et des responsables politiques, il faut pouvoir distinguer les éléments factuels et les éléments subjectifs des directives réglementaires et des décisions d'autorisation. Une difficulté rencontrée par les citoyens est que l'application pratique des réglementations est une tâche qui incombe aux experts et qui peut paraître opaque aux yeux du public. C'est pourquoi certains pays membres conviennent que les collectivités qui accueillent des sites de stockage puissent souhaiter consulter des experts sur les questions techniques examinées.
- Le grand public tient souvent à ce que les décisions concernant la réalisation de l'installation suivent un processus légitime, à savoir un processus établi par avance et soumis à une ratification démocratique. Les éléments qui conditionnent le succès du processus sont les suivants : ouverture et transparence ; processus par étapes ; participation ; droit de retrait ; partenariat ; et avantages pour la collectivité. Cette approche peut également avoir des conséquences pour les autorités de

---

10. Selon le Comité britannique du développement durable, « il est impossible de garantir la sûreté d'un stockage de longue durée des déchets (nucléaires) », ce qui implique que les centrales nucléaires devraient être fermées ; dans le même temps, dans le même pays, le CoRWM, le comité chargé de la gestion des déchets radioactifs, préconisait le stockage géologique des déchets existants comme solution généralement acceptable.

réglementation, les obligeant par exemple à assurer la transparence de leur processus décisionnel, à améliorer la cohérence des réglementations et à prendre en compte les préoccupations sociétales.

- On pourrait avancer que les modèles de participation apparus ces dernières décennies doivent évoluer de manière à donner au public la possibilité de participer comme il convient au processus de décision, y compris à celui suivi par les autorités de réglementation.

## RÉFÉRENCES

1. Agence pour l'énergie nucléaire, « Regulating the Long-term Safety of Radioactive Waste Disposal », Cordoba, Espagne, 20-23 janvier 1997.  
(<http://193.51.64.1/html/rwm/reports/1997/cordoba.pdf>)
2. Agence pour l'énergie nucléaire (1995), *Fondements environnementaux et éthiques de l'évacuation géologique*, OCDE, Paris.
3. Agence internationale de l'énergie atomique (2006), « Geological Disposal of Radioactive Waste », Safety Requirements No. WS-R-4, Vienne.
4. Agence pour l'énergie nucléaire (2004), *Le contrôle réglementaire de la gestion des déchets radioactifs*, NEA n° 3598, OCDE, Paris.
5. Agence pour l'énergie nucléaire (2005), *La fonction réglementaire et la gestion des déchets radioactifs – Panorama international*, NEA n° 6042, OCDE, Paris.
6. Agence internationale de l'énergie atomique (1995), *Principes de gestion des déchets radioactifs*, Collection Sûreté n° 111-F, Vienne.
7. Agence internationale de l'énergie atomique (1997), *Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs*, Circulaire d'information INF/546, Vienne.
8. Commission internationale de protection radiologique (2000), « Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-Lived Solid Radioactive Waste », ICRP Publication 81.
9. Conseil de l'Union européenne (1996), *Directive 96/61/CE du Conseil du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution*, Bruxelles.
10. Agence pour l'énergie nucléaire (2006), *Créer un lien durable entre une installation de gestion de déchets et sa collectivité d'accueil*, NEA n° 6177, OCDE, Paris.
11. Statens Råd För Kärnavfallsfrågor (KASAM) (2004), *Nuclear Waste State-of-the-art Report 2004*, Stockholm.
12. National Academy of Public Administration (1997), « Deciding for the Future: Balancing Risks, Costs and Benefits Fairly Across Generations », Washington.
13. Expertengruppe Entsorgungskonzepte Für Radioactive Abfälle (EKRA) (2000), *Disposal Concepts for Radioactive Waste – Bundesamt für Energie, rapport final*, Berne.
14. Agence pour l'énergie nucléaire (2004), *Comprendre les attentes de la société dans la gestion des déchets radioactifs et s'y adapter*, NEA n° 5297, OCDE, Paris.
15. Agence pour l'énergie nucléaire (2004), *La prise de décision par étapes dans la gestion à long terme des déchets radioactifs*, NEA n° 6039, OCDE, Paris.
16. Agence pour l'énergie nucléaire (1999), « Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories », NEA n° 1809, OCDE, Paris.
17. Agence pour l'énergie nucléaire (2004), *Dossier de sûreté post-fermeture d'un dépôt en formation géologique*, NEA n° 3680, OCDE, Paris.
18. Agence pour l'énergie nucléaire (2003), *Image et rôle des autorités réglementaires dans la gestion des déchets radioactifs*, NEA n° 4828, OCDE, Paris.

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