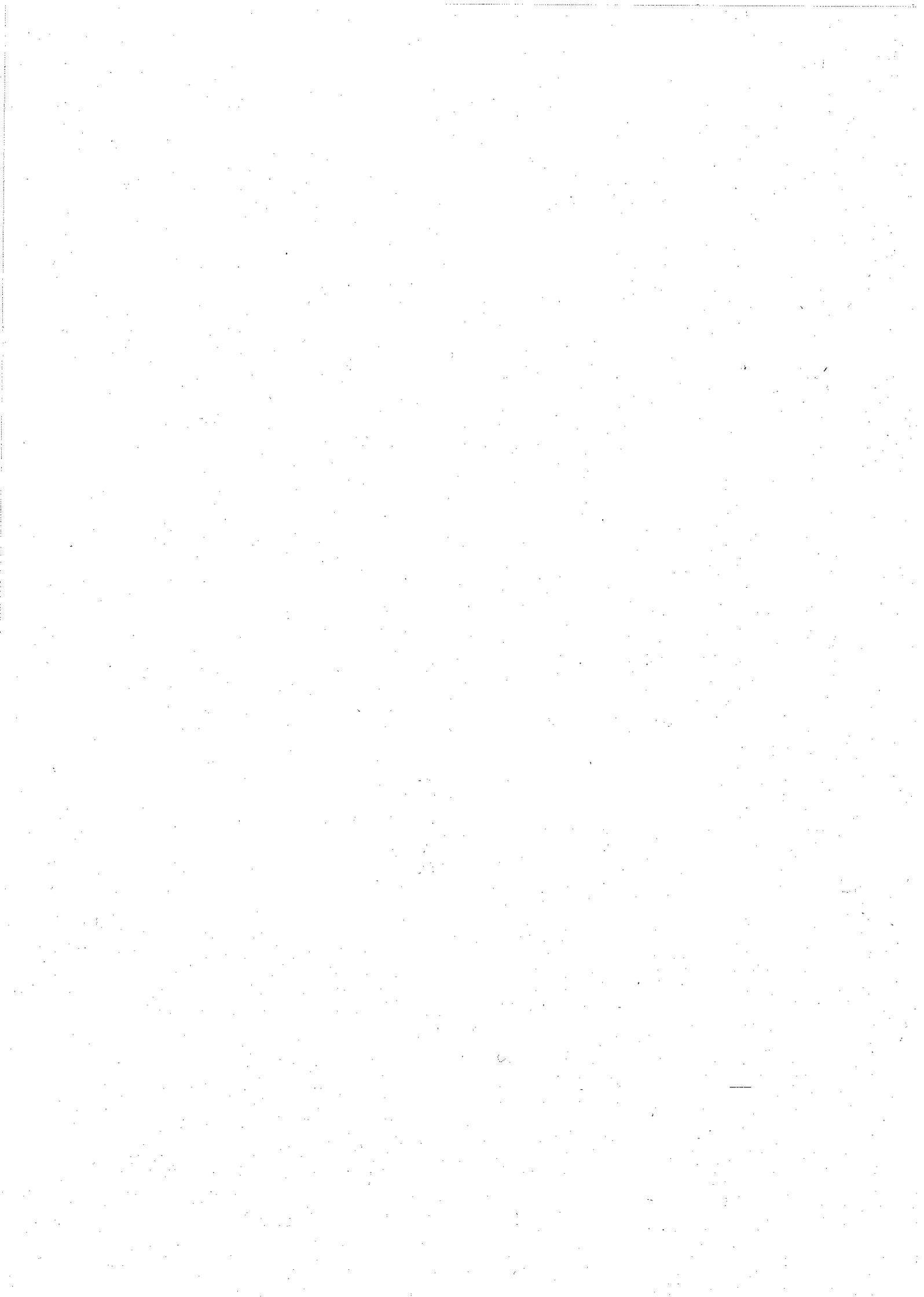


Évacuation des déchets de combustible nucléaire du Canada

*Rapport du
groupe d'examen
de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE*

Le 27 avril 1995



Évacuation des déchets de combustible nucléaire du Canada

*Rapport du
groupe d'examen
de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE*

Le 27 avril 1995

À noter: Traduction du document anglais
"The Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste -
Report of the OECD Nuclear Energy Agency Review Group"

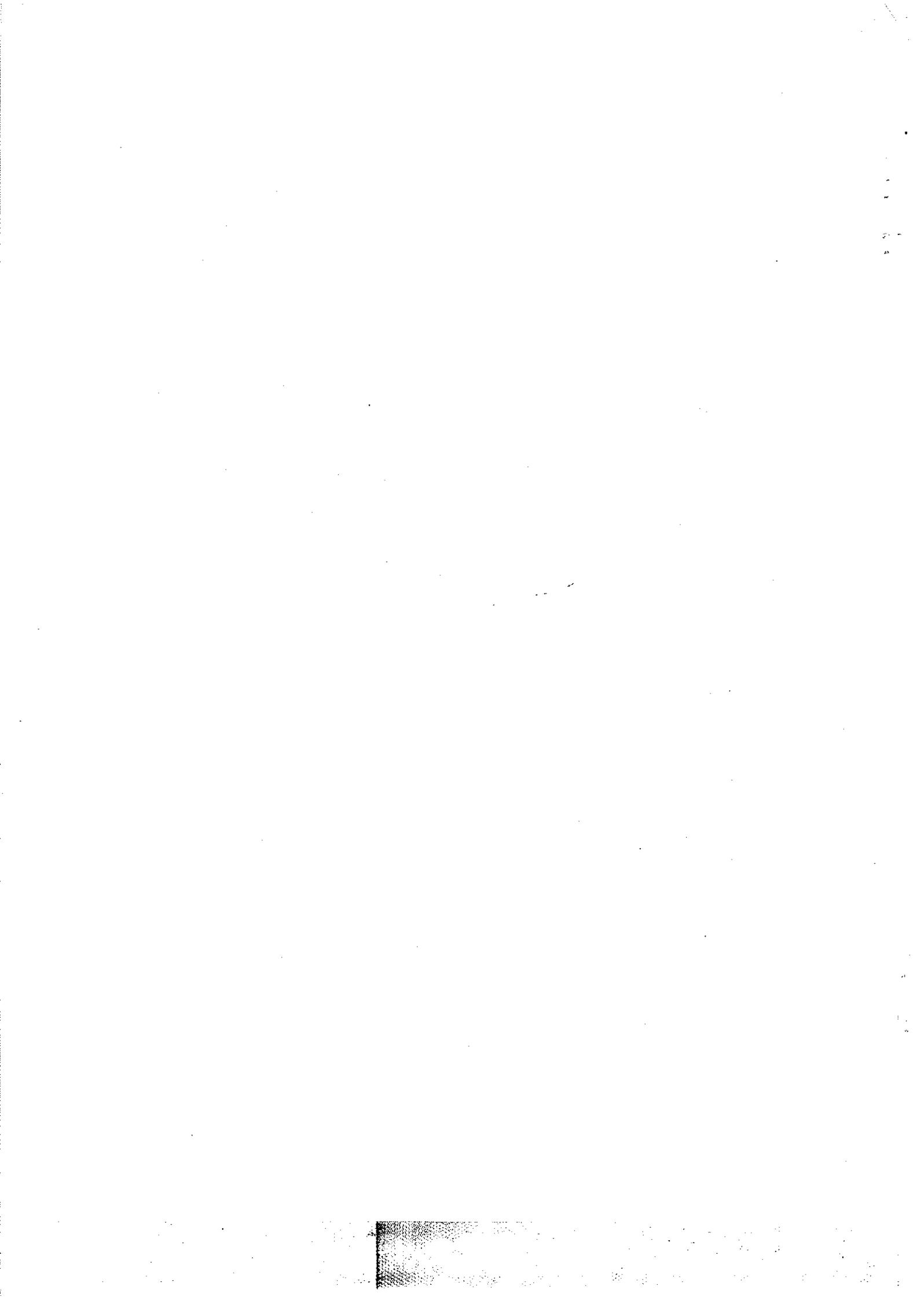


TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1	
Introduction	
1.1 Informations générales concernant l'examen	1
1.2 Le Groupe d'examen de l'AEN de l'OCDE	1
1.3 Structure du rapport	3
Chapitre 2	
Le concept canadien de stockage permanent	
2.1 Le concept dans un contexte international	4
2.2 Nature et fonction du concept	4
Chapitre 3	
Évaluation après fermeture : Compréhension de la performance des barrières individuelles de sûreté	
3.1 La voûte	6
3.1.1 Les déchets conditionnés	6
3.1.2 Le conteneur	7
3.1.3 Les matériaux-tampons et le remblai	8
3.1.4 Analyse de la voûte	8
3.2 La géosphère	9
3.2.1 Le modèle de la géosphère	9
3.2.2 Géochimie	11
3.3 Le modèle de la biosphère	11
Chapitre 4	
Évaluation après fermeture : Performance de l'ensemble du système	
4.1 Réglementation	13
4.2 Méthodologie de l'EP	14
4.3 Résultats de l'EP	15
4.4 Fiabilité et confiance	16
Chapitre 5	
Choix du site et construction d'un dépôt	
5.1 Choix du site	18
5.2 Étude technique	19
Chapitre 6	
La documentation de l'EIE et ses conclusions et recommandations générales	
6.1 La documentation	21
6.2 Conclusions de l'EIE	21
6.3 Recommandations de l'EIE	24

Chapitre 7	
Conclusions générales du Groupe d'examen de l'AEN	25
Annexe 1	
Responsabilité des divers organismes participant au processus d'examen	27
Annexe 2	
Mandat du groupe d'examen international par les pairs remis à l'AEN de l'OCDE par RNCan.	31
Annexe 3	
Expérience professionnelle des membres du Groupe d'examen de l'AEN de l'OCDE	35
Annexe 4	
Déclaration concernant les conflits d'intérêts	38

Chapitre 1. Introduction

1.1 Informations générales concernant l'examen

Le Programme canadien de gestion des déchets de combustible nucléaire existe depuis 17 ans et a été formellement établi en 1978. Un événement important vient de marquer le cours de son histoire : le concept d'évacuation sûr, dont l'élaboration est terminée, est aujourd'hui présenté pour évaluation en vue de se voir donner l'approbation lui permettant de passer à la seconde étape. La nouvelle phase des travaux proposée, dont la durée prévue est d'environ 25 ans, comprend le choix éventuel d'un site et la construction d'un dépôt de déchets souterrain en profondeur dans la roche du Bouclier canadien.

L'examen contenu dans le présent rapport a été réalisé parallèlement au processus d'examen fédéral dans le cadre duquel un certain nombre d'organismes et de groupes ont été approchés pour évaluer le produit de la première phase des travaux. Le processus d'examen a débuté officiellement en 1988, bien que les lignes directrices relatives au contenu de l'EIE (Énoncé des incidences environnementales) qui présente le concept n'aient pas été publiées avant 1992. L'EIE a été présenté au gouvernement canadien par EACL (Énergie atomique du Canada Ltée) en octobre 1994¹. L'EIE est accompagné d'un rapport en neuf volumes constitué par les Références principales contenant des renseignements sur l'élaboration de l'EIE et sur les projets de travaux relatifs au choix du site qui devraient débiter après l'acceptation des recommandations de l'EIE.

Ressources naturelles Canada (RNCan) est responsable de l'élaboration de politiques en matière de déchets radioactifs et, en plus du ministre des Ressources naturelles ayant proposé au ministre de l'Environnement de soumettre le concept à un examen public fait par une Commission d'examen indépendante, a également fait appel à un groupe d'examen international formé par des pairs. RNCan a approché l'AEN (Agence pour l'énergie nucléaire) de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) pour effectuer cette dernière tâche et le présent rapport fait état des résultats de l'examen par des pairs.

1.2 Le groupe d'examen de l'AEN de l'OCDE

RNCan a présenté le mandat au groupe d'examen (que nous appellerons simplement désormais «le Groupe»), qui figure en entier à l'annexe 2. Le Groupe est constitué de cinq membres participant activement à des programmes nationaux de gestion des déchets, dont un consultant international, deux représentants de l'AEN de l'OCDE et deux observateurs membres d'organismes de réglementation. Les noms et l'expérience professionnelle de chacun des membres du Groupe figurent à l'annexe 3. Le D^r Charles McCombie est président du Groupe.

Après avoir étudié les documents fournis, les membres du Groupe se sont rencontrés à Paris le 24 novembre 1994 et ont interprété le mandat pour en venir aux conclusions suivantes :

- En effectuant cet examen, nous devrions non seulement tenir compte des documents fournis, mais aussi avoir recours, à titre de groupe d'examen international de pairs, aux connaissances que nous avons déjà du programme canadien dans le cadre d'autres programmes nationaux semblables élaborés en parallèle et échanger fréquemment nos idées et notre expertise en ce qui a trait au programme canadien;

¹Le rôle d'EACL, d'Ontario Hydro et des divers organismes gouvernementaux participant au Programme de gestion des déchets de combustible nucléaire du Canada et au processus d'examen est indiqué à l'annexe 1.

- nous devrions également recourir aux connaissances particulières acquises grâce à l'expérience de notre propre programme national ou d'autres programmes nationaux;
- étant donné l'importance du cas de sûreté présenté dans l'EIE et le rôle central de l'EP (Évaluation des performances) lorsqu'il s'agit de déterminer l'acceptabilité d'un système de dépôt et de guider la conception du système et le choix du site du dépôt, le Groupe a estimé que nos connaissances seraient mieux exploitées si nous regroupions les aspects de l'évaluation de sûreté après fermeture et les renseignements s'y rapportant. Par conséquent, nous avons établi les priorités suivantes concernant l'examen des rapports :

PRIORITÉ	OBJET
1	EIE; Évaluation de la sûreté après fermeture
2	Modèle de la voûte; modèle de la géosphère
3	Barrières ouvragées; présélection du site
4	Modèle de la biosphère; étude technique portant sur l'installation
5	Participation du public

- Il n'a pas été tenu compte du tout du Rapport d'évaluation de la sûreté avant fermeture dans le cadre de cet examen, non parce que nous sous-estimons l'importance capitale de cet aspect, mais surtout pour les raisons suivantes :
 - nous disposons d'une expérience plus étendue et transférable acquise dans d'autres installations existantes;
 - nous pouvons trouver des groupes compétents pour réaliser une étude technique;
 - nous croyons qu'une étude technique adéquate peut assurer la sûreté à cette étape-ci.

En outre, nous ne disposons ni du temps ni des ressources nécessaires pour approfondir les recherches dans le volume très considérable de rapports techniques, de documents et d'interprétations des données publiés au cours des 17 dernières années qui servent de fondement aux Références principales et nous y avons eu recours seulement dans certains cas particuliers.

EACL, instigateur de l'EIE, remarque que le contenu de la soumission finale diffère sous certains rapports des lignes directrices qui lui ont été remises par le groupe d'examen spécial indépendant. Toutefois, le Groupe n'a pas comparé les lignes directrices avec la structure de l'EIE, mais remarque que la structure et le contenu de l'EIE présentent des caractéristiques inhabituelles quant aux destinataires et aux objectifs, et que toute soumission de réglementation éventuelle serait plutôt différente. EACL remarque également le cas particulier où l'EIE, comparativement aux déclarations relatives à des développements importants, se concentre sur un concept plutôt que sur un site particulier et où il évalue un système hypothétique plutôt que de proposer un système réel.

Les membres du Groupe ont travaillé en équipe, répartissant l'évaluation détaillée de l'EIE et les Références principales entre eux de manière que chacun lise de façon détaillée les rapports classés dans la «priorité 1» et un ou plusieurs rapports classés dans les priorités 2 à 5. Nous avons eu quelque peu recours aux examens réalisés à l'interne par les employés membres des organisations des examinateurs ou par des contractuels lorsqu'un éclairage technique était considéré nécessaire.

Un premier examen des documents a été effectué en décembre 1994. Plus tard, une liste préliminaire des questions à approfondir a été établie et expédiée à RNCan au début de janvier 1995. Les membres du Groupe se sont rencontrés une fois de plus à Winnipeg le 22 janvier pour analyser les commentaires et les questions avant la rencontre de trois jours avec EACL aux Laboratoires Whiteshell du 23 au 25 janvier, au cours de laquelle ont eu lieu des présentations et des séances de questions et réponses avec les employés techniciens d'EACL. Le Groupe a également visité le LSR (Laboratoire souterrain de recherches) pour éclaircir certains points concernant la nature et les propriétés de la roche dont il est question dans l'évaluation de sûreté de l'hypothèse de référence (voir le chapitre 3).

Les membres du Groupe se sont rencontrés de nouveau à Toronto les 26 et 27 janvier pour résumer leurs résultats; nous avons présenté nos conclusions préliminaires devant un petit groupe constitué de représentants de RNCan, de la Commission d'examen indépendante, d'EACL et d'Ontario Hydro.

Le rapport final est fondé sur les conclusions préliminaires tirées lors des séances d'examen au Canada et sur une version provisoire complète préparée par le Secrétariat de l'AEN et le D' Chapman, ayant oeuvré à titre de consultant pour l'AEN en février et mars 1995. Le rapport final ne prétend pas faire état de tous les échanges et de toutes les observations détaillées échangées verbalement au cours des séances d'examen; il se concentre plutôt sur les questions considérées les plus importantes selon le mandat de l'examen par les pairs. Le rapport a été approuvé en avril 1995 par tous les membres du Groupe à la suite d'observations envoyées par courrier et l'édition finale a été réalisée par le Secrétariat.

1.3 Structure du rapport

Outre le chapitre d'introduction, l'examen est présenté comme suit :

- **Cinq chapitres qui commentent l'EIE**
 - **Chapitre 2 :** Le concept canadien d'évacuation
 - **Chapitre 3 :** Évaluation après fermeture : Compréhension de la performance des barrières individuelles de sûreté
 - **Chapitre 4 :** Évaluation après fermeture : performance de l'ensemble du système
 - **Chapitre 5 :** Choix du site et construction du dépôt
 - **Chapitre 6 :** La documentation relative à l'EIE, ses conclusions et recommandations générales
- **Chapitre 7 :** Conclusions générales de l'examen de l'AEN

Chapitre 2. Le concept canadien d'évacuation

2.1 Le concept dans un contexte international

L'aperçu du concept canadien d'évacuation du combustible nucléaire irradié par enfouissement dans une série de barrières ouvragées dans un dépôt souterrain profond est semblable à celui adopté par d'autres pays. Bien que les détails de la conception du système d'évacuation varient d'un pays à l'autre, la raison d'être et les fonctions définies pour chaque composante importante ont été bien établies en se fondant sur les résultats d'une recherche internationale comparative et sur des programmes d'évaluation de sûreté pendant une période de 15 à 20 ans. Ainsi, les propositions canadiennes suivent la tendance générale dans un contexte international global.

Le concept n'envisage aucune «option zéro» consistant à ne rien faire et à préserver le *statu quo* concernant la gestion des déchets. Encore une fois, ce comportement s'inscrit dans une façon de penser internationale, en ce sens qu'il incombe à la génération actuelle de trouver une solution aux problèmes d'aujourd'hui (voir le document de la publication «Opinion collective» du Comité de gestion des déchets radioactifs de l'AEN portant sur le sujet).

2.2 Nature et fonction du concept

Les objectifs du Programme canadien de gestion des déchets de combustible nucléaire, qui concernent la sûreté et la faisabilité de l'évacuation et qui ont mené à la production de l'EIE, sont énoncés par EACL comme suit :

- Élaborer et démontrer la technologie applicable au choix du site, à la construction, au fonctionnement, à la mise hors service définitive et à la fermeture d'un système d'évacuation dans la roche plutonique;
- élaborer et démontrer une méthodologie servant à évaluer la sûreté d'un système d'évacuation contre des critères de sûreté établis, des lignes directrices et des normes;
- déterminer si des sites d'évacuation techniquement convenable sont susceptibles d'être mis en place au Canada.

L'EIE est fondé sur deux études de cas, l'une d'elles étant une évaluation avant fermeture, et l'autre, une évaluation après fermeture. Comme il a été mentionné plus tôt, le Groupe a examiné cette dernière, qui comprend une présentation du concept, un échange sur les façons de le mettre en oeuvre et une évaluation de sûreté fondée sur le système d'évacuation d'une hypothèse de référence.

Le Groupe reconnaît que le but de l'EIE est de présenter un concept souple et solide qui atteint les buts visés susmentionnés et qui, s'il est mis en oeuvre, permettrait l'évacuation sûr des déchets de combustible nucléaire au Canada. La phase actuelle de l'examen vise à évaluer ce concept et à déterminer s'il est acceptable de procéder à la phase suivante du programme qui consistera, entre autres, à déterminer le site du dépôt. En ce sens, le Groupe reconnaît que EACL propose d'aller au-delà de la démonstration de la méthodologie contenue dans les objectifs susmentionnés et qu'elle souhaite maintenant, en démontrant la réalisation technique et la faisabilité de la sûreté, passer à la phase de mise en oeuvre.

EACL a choisi de fonder son cas de sûreté sur une hypothèse de référence constituée à partir de renseignements obtenus sur un site réel. Ainsi, EACL est allé au-delà d'une présentation purement

générique du concept. Cette démarche est secondée par le Groupe, puisqu'en utilisant des données recueillies sur un site réel et en les intégrant à un site, les critiques dénonçant le caractère «abstrait» qui sont parfois soulevées ailleurs à l'égard d'exercices semblables peuvent être évitées. Toutefois, une analyse fondée sur les propriétés particulières d'un site ne règle pas la question de la transférabilité de la sûreté et de l'application des aspects réalisables de la construction à d'autres sites, étant donné que les autres sites ont des caractéristiques différentes, c'est-à-dire qu'avant de choisir un site, seul un concept peut être étudié.

La contribution technique à l'EIE a été puisée dans les travaux réalisés pendant plus d'une décennie par EAACL, Ontario Hydro et les contractuels travaillant pour eux. Au cours de cette période, les instigateurs ont dirigé un vaste programme d'examen sur le terrain et en laboratoire et ont participé à un certain nombre d'études internationales portant sur l'évacuation en profondeur dans des formations géologiques. Le programme a coûté environ 500 M de dollars canadiens. Selon l'expérience et l'opinion du groupe, le Programme compte parmi les projets internationaux figurant en tête de liste pour l'évacuation dans la roche dure et fissurée, et il a été réalisé en respectant des normes élevées sur le plan technique.

Le Groupe reconnaît que l'information contenue dans le Programme à inclure dans l'EIE a jusqu'à un certain point été inutilisée autour de 1990, bien qu'on ait utilisé par la suite quelques résultats de R et D dans l'étude. Même si les travaux de développement continuent à porter sur des questions importantes, il n'est pas possible de regrouper tous les résultats dans un grand projet comme la production de l'EIE. Cette pratique est courante lorsqu'on effectue une évaluation de système, et dans le cadre des échanges avec EAACL, le Groupe a pu découvrir un certain nombre de domaines donnant accès à de nouveaux renseignements qui ajoutent à ceux contenus dans l'EIE. Il faut comprendre que même si le concept canadien est considéré prometteur, il est toujours important de suivre de façon continue les développements internationaux et effectuer des travaux de R et D au Canada.

Chapitre 3. Évaluation après fermeture : Compréhension de la performance des barrières individuelles de sûreté

Le présent chapitre décrit l'examen du Groupe portant sur le rôle et la performance des composantes du système utilisé comme fondement pour l'évaluation de sûreté après fermeture. Une grande partie des renseignements évalués est regroupée dans le volume intitulé «Évaluation de la sûreté après fermeture» des références principales de l'EIE. On trouve également des renseignements additionnels dans plusieurs parties de l'EIE et dans les références principales.

Le chapitre est divisé en sections portant sur la voûte et les sous-systèmes de la géosphère et de la biosphère.

3.1 La voûte

3.1.1 Les déchets conditionnés

Les études portant sur le modèle et sur l'hypothèse de référence traitent surtout de l'évacuation du combustible irradié, bien qu'il puisse peut-être également être nécessaire de stocker de façon permanente les DHA (déchets de haute activité) vitrifiés provenant du retraitement du combustible irradié. Le Groupe estime que l'évacuation des DHA ne nécessiterait pas de concept d'évacuation très différent, ni de méthodologie d'évaluation de sûreté différente et croit que les travaux actuels pourraient facilement être adaptés pour régler ce cas particulier. Toutefois, si des déchets autres que des DHA étaient également considérés à des fins d'évacuation dans les formations géologiques, le concept devrait probablement être réétudié et il faudrait peut-être réaliser d'autres travaux.

Du point de vue de l'évacuation, le combustible des réacteurs CANDU possède des caractéristiques plus favorables que le combustible utilisé pour les LWR (réacteurs à eau ordinaire) : le fait que sa grappe de combustible soit plus courte le rend plus facile à manipuler; sa gaine non-fléchissante en zircaloy améliore la stabilité mécanique des barres de combustible en éliminant le jeu entre les pastilles de combustible et le gainage et sa combustion lente assure une sortie de chaleur relativement faible, une désintégration relativement rapide jusqu'à l'obtention de la même activité que le minerai d'uranium original, et limite davantage la possibilité que des effets non souhaitables de radiolyse se produisent. Ces propriétés permettent un peu de latitude dans le choix de la taille du conteneur et la densité de l'emplacement.

Le Canada possède une expertise considérable en matière de déchets conditionnés, particulièrement dans l'évaluation des propriétés et le comportement du combustible irradié après l'évacuation. EACL se trouve au centre des activités dans ce domaine; elle fournit des données et élabore des modèles visant à évaluer la performance à long terme du combustible irradié sous forme de déchets conditionnés, notamment par le biais d'une grande visibilité internationale et d'une participation active dans un groupe de travail conjoint Suède-Canada-États-Unis sur le combustible irradié.

Le traitement du comportement à long terme du combustible dans l'évaluation après fermeture est considéré parallèlement aux pratiques et à la compréhension internationales actuelles. Les quantités manquantes de radionucléides (p. ex. ces radionucléides que l'on suppose être libérés immédiatement après une rupture) sont choisies de façon conservatrice à la lumière de données canadiennes et suédoises plus récentes. Les durées de dissolution de la matrice de combustible sont prévues de manière à être réalistes plutôt que conservatrices. Comparativement à d'autres évaluations internationales, les valeurs réalistes choisies semblent justifiables. Dans tous les cas, les résultats de l'évaluation de sûreté ne sont pas très sensibles à ce facteur.

L'étude de l'EIE fait appel à un ensemble de propriétés représentatives de la majorité des grappes de combustible CANDU, ce qui constitue la démarche adéquate à suivre pour entreprendre cette phase de la conception. Plus tard, à mesure que le programme canadien progressera, l'attention devra être portée sur d'autres types de grappes de combustibles CANDU non normalisés. Par exemple, le Groupe se souvient que, dans le passé, un nombre limité de barres de combustible ont été fabriquées et comportaient une chambre de répartition des gaz, donc une gaine non-fléchissante.

3.1.2 Le conteneur

Le modèle global comprend un certain nombre d'options pour le matériau du conteneur, mais l'étude de l'hypothèse de référence est fondée sur l'utilisation d'une enceinte dont la surface interne comporte du titane. Le titane a été choisi comme matériau de référence en raison de son excellente résistance à la corrosion dans une grande variété de conditions environnementales.

Un vaste programme de travaux couvrant tous les modes de corrosion a été effectué au cours des ans. Le Groupe a estimé que ces études, y compris les travaux portant sur la corrosion microbologique, sont représentatives de la technologie de pointe. Le modèle de corrosion semble conservateur. Des questions ont été soulevées quant à la possibilité que la fissuration due à l'hydrogène soit retardée à basse température. Des données récentes ont été fournies par EACL et elles ont tempéré jusqu'à un certain point cette question, bien que des interrogations subsistent quant à l'initiation de ce mécanisme de corrosion. Le cuivre est également considéré comme un autre choix de barrière contre la corrosion.

De façon générale, le Groupe estime que

- la durée de vie minimale de référence du conteneur, qui est de 1 000 ans dans l'évaluation de sûreté, est techniquement raisonnable et acceptable dans le cadre réglementaire actuel;
- la durée de vie du conteneur corrodé peut effectivement être beaucoup plus grande que 10 000 ans, tel que proposé par EACL, mais cela pourrait être adéquatement justifié², que ce soit pour le Ti ou le Cu;
- les incertitudes résiduelles concernant la durée de vie dépendent de la partie du conteneur présentant une rupture. Cette dernière dépend de la présence possible de défauts de fabrication et les estimations actuelles sont fondées sur des statistiques calculées pour les procédés de fabrication existants. Des valeurs plus justes peuvent être obtenues seulement si l'ensemble du processus de fabrication, y compris la soudure et d'autres opérations en cellule de haute activité, sont démontrées).

L'utilisation, dans les colis de déchets, de quantités relativement grandes de matériaux à base de fer, comme les charpentes d'appui des enceintes, est jugée non souhaitable dans l'EIE, bien qu'aucune analyse quantitative des problèmes de production et d'élimination de l'hydrogène n'ait été incluse. Les membres du Groupe estiment qu'une décision finale concernant la mise en place de matériaux à base de fer devrait tenir compte davantage de cet aspect et qu'elle devrait se fonder sur la démonstration finale que le conteneur de l'hypothèse de référence possède, effectivement, la stabilité mécanique nécessaire. En ce sens, le comportement de cimentation des particules de matière tassées dans l'enceinte et dans les paniers d'irradiation présente encore quelques problèmes en raison des vibrations pendant le transport et pendant

² Toutefois, le seul moyen d'assurer l'isolement à long terme des radionucléides consiste à employer des conteneurs ayant une durée de vie très longue (p.ex. >10⁵ ans).

les phases avant et après fermeture (cette dernière étant une conséquence possible de l'exposition répétée et à long terme aux vibrations sismiques). La capacité qu'ont les particules de matière de remplir tout espace libre utilisable devra aussi être démontrée plus tard avec les grappes actuelles dans une opération à cellule de haute activité. Dans les cas d'octroi de licences à venir, il sera nécessaire de fournir une analyse plus complète du conteneur dans différents scénarios.

Finalement, étant donné la réussite actuelle de la cueillette des données relatives à la corrosion à court terme et les durées prévues, très longues, pour le choix du site et la construction du dépôt réel, le Groupe conseille aux gestionnaires du programme canadien de mettre sur pied un programme parallèle d'études à long terme sur les conditions *in situ*.

3.1.3 Les matériaux-tampons et le remblai

Le matériau-tampon à base d'argile entourant chaque conteneur à déchets et les matériaux de remblayage à être mis en place dans les galeries jouent un rôle important dans l'évaluation de sûreté de l'hypothèse de référence (voir la section 3.1.4.). Le programme de R et D pour ces matériaux est vaste et détaillé; il comporte de bons recoupements avec d'autres programmes nationaux et avec des exercices internationaux, p. ex. le projet de Stripa et un programme de travail bien ciblé au LRS.

Le choix du matériau-tampon (un mélange d'argile et de sable) et du matériau pour le remblai (granite concassé/argile de lac) est pratique, visant à constituer un compromis entre les propriétés de chaque composante et constitue une combinaison souhaitable de certaines propriétés, telles la pression de gonflement, la conductivité hydraulique et thermique, la déformation sous une charge, l'aptitude à la fabrication, etc. Ce choix va au-delà des propositions faites dans d'autres pays, où des argiles pures compactées constituent souvent l'hypothèse de référence - bien que les tendances dans la direction de la méthode canadienne soient évidentes.

Le comportement à long terme des matériaux-tampons et du matériau constituant le remblai est une question importante dans tout programme d'évacuation nationale. Le groupe a estimé que les questions importantes concernant la performance du matériau-tampon et du remblai à titre de barrières de diffusion ont été identifiées adéquatement et, dans le cas des argiles, examinées d'encore plus près. Le Groupe a apprécié les expériences de gonflement avec des argiles de champs à titre de substances naturelles analogues, étant donné qu'elles fournissent des indices importants relativement à la capacité continue des argiles à gonfler même après de longues périodes dans des conditions non saturées. Par la suite, le Groupe a conclu que la décision récente visant à limiter la température maximale de l'argile à 90°C est conservatrice et que cela assurerait que la limite de conception initiale de 100°C soit respectée.

Comme pour d'autres programmes nationaux, le comportement du remblai/matériau-tampon pendant la phase dite de «resaturation» du dépôt n'est pas directement évalué et on suppose qu'il y a resaturation instantanée après la fermeture. Il va sans dire que d'autres travaux devront inévitablement être effectués pour des soumissions de sûreté particulières et ces travaux pourraient constituer une partie du programme de travail à venir. En particulier, des calculs de resaturation seraient utiles pour le renforcement du cas de sûreté, étant donné que les durées de resaturation pourraient être importantes comparativement à la période d'observation obligatoire de 10⁴ années et que le mouillage irrégulier pourrait avoir une incidence sur les contraintes du conteneur, causées par des pressions hétérogènes attribuables au gonflement.

3.1.4 Analyse de la voûte

L'analyse de la voûte dans l'hypothèse de référence est grandement influencée par les propriétés

extrêmement favorables de la roche, qui sont examinées de façon détaillée à la section 3.2. La qualité supérieure des matériaux de remplissage (remblai) et de la roche réceptrice assurent que le transport à travers le matériau-tampon et le remblai et dans la roche s'effectue seulement par diffusion. Dans la plupart des autres programmes pour la roche dure, la possibilité d'un écoulement horizontal près du tunnel est permise. Comme EACL souhaite également inclure des roches réceptrices plus fissurées à titre de candidates pour les dépôts, des analyses de ce genre seront un jour nécessaires.

À l'heure actuelle, le transport à partir de la voûte est calculé suivant un modèle simple à une dimension soutenu par des calculs de modèle à trois dimensions. C'est une pratique courante dans les évaluations de sûreté des dépôts géologiques profonds, où on a recours à des modèles de recherche plus complexes pour fournir des données pour des concepts d'évaluation de la sûreté simplifiés. Une justification plus explicite de la pertinence et de la validité de la modélisation à une dimension auraient été utiles.

Dans l'hypothèse de référence d'EACL, le transport prévu des radionucléides dépend beaucoup des positions relatives des déchets, des matériaux-tampans, du remblai et de la zone d'écoulement la plus près dans la roche. En particulier, la zone d'écoulement se situe au-dessus du niveau de la voûte et ainsi, lorsque les radionucléides se déplacent vers le haut et vers les côtés en direction de la zone d'écoulement, ils sont «attirés» et retenus par la grande dépressions absorbante constituée des matériaux de remblai mis en place dans les galeries de la voûte au-dessus des colis de déchets. Le remblai serait une barrière beaucoup moins efficace si la zone d'écoulement était située sous la voûte. Cette observation n'a pas échappé aux chercheurs d'EACL, mais n'est pas entièrement décrite dans l'EIE.

Dans l'évaluation de sûreté de l'hypothèse de référence, la voûte est subdivisée en différentes «régions de libération». Cette segmentation est possible seulement si l'on suppose la présence de roche fissurée par endroits et l'absence d'une zone d'excavation endommagée (ZEE). L'absence supposée d'une ZEE importante a été justifiée par les expériences effectuées au LRS. S'il y a confirmation de cette hypothèse *in situ*, ces résultats mettraient la roche plutonique granitique canadienne à part des autres types de roches semblables dans d'autres programmes nationaux. Les gestionnaires du programme canadien travaillent activement à cette question et au problème connexe de l'effritement de la roche dans un milieu de contraintes élevées. On propose en particulier de construire des galeries de forme elliptique pour l'emplacement interne, ce qui permettrait d'éviter la concentration des contraintes sur les surfaces des galeries et ce qui éliminerait la possibilité d'effritement. L'emplacement interne réduirait également la dépendance de la performance du dépôt sur l'emplacement d'une zone d'écoulement, qu'elle soit au-dessus ou sous l'horizon du dépôt. Le Groupe estime que ces études pourraient fort bien être introduites dans n'importe quel programme de R et D à venir au LRS.

En raison principalement de la décision de ne pas employer de colis de déchets à base de fer, les questions de la production de gaz et de l'écoulement en deux phases n'ont pas été réglées intégralement dans l'évaluation de la sûreté. Le Groupe a senti qu'il serait prudent et qu'il conviendrait de garder une certaine souplesse lors du traitement de ces questions si des calculs de rétention étaient présentés pour soutenir les assertions purement qualitatives.

3.2 La géosphère

3.2.1 Le modèle de la géosphère

À l'instar d'autres pays travaillant dans la roche dure, il existe de grandes incertitudes concernant la conception de modèles géologiques et hydrogéologiques régionaux qui constituent le fondement des évaluations de sûreté. Par exemple, nous ne possédons pas beaucoup de preuves à l'effet que les zones importantes de fissuration agissent comme des figures planes continues lorsqu'elles sont traitées en trois

dimensions. EACL est consciente de cette question et a mis au point des modèles d'écoulement et des modèles de transport en deux et en trois dimensions. Le Groupe pourrait prévoir que, comme dans d'autres programmes nationaux, le Programme futur continuerait à explorer les incidences de la variabilité spatiale et de l'hétérogénéité de l'écoulement des eaux souterraines à l'intérieur et autour d'un dépôt. Le but déclaré d'EACL qui consiste à utiliser les analyses hydrogéologiques pour «ajuster» la position de la voûte est partagé par un grand nombre d'autres programmes. Les outils de mesure et d'analyse nécessaires pour une telle étape requièrent davantage de perfectionnement.

Comme il a été mentionné au paragraphe 3.1, les membres du Groupe ont constaté qu'à partir de leur propre expérience dans des roches granitiques d'autres pays, les propriétés de la roche réceptrice employée comme dépôt dans l'étude de l'hypothèse de référence sont inhabituelles en ce qu'elle est fissurée en si peu d'endroits. Aucun autre pays n'a localisé de masses rocheuses non fissurées de cette taille (c.-à-d. ne comportant aucun réseau macroscopique de fissures interreliées) dans lesquelles choisir le site d'un dépôt. Par conséquent, aucun autre modèle ne peut se fier sur la modélisation de la simple diffusion pour le transport des radionucléides loin du dépôt dans une évaluation de sûreté. Une telle roche compacte et l'absence éventuelle d'une ZEE réduisent également (sans toutefois l'éliminer) la nécessité de comprendre la modélisation de la minéralisation, de la formation et du transport de colloïdes, de l'écoulement dans les fissures, des propriétés d'oxydoréduction locales, etc. L'équipe d'EACL présente un cas convaincant concernant l'existence et la disponibilité potentielle de la roche fissurée par endroits, soutenue par une visite au LRS du Groupe pour examiner d'abord ses propriétés.

EACL reconnaît également qu'il est nécessaire de traiter de façon plus détaillée ces différentes questions si la recherche de sites adéquats ne doit pas se limiter aux formations rocheuses de grande qualité comme on en trouve dans le LRS. Autrement, l'existence répandue dans le Bouclier de roche possédant d'excellentes propriétés de confinement semblables doit être établie dans le cadre d'un programme de choix du site. Actuellement, l'hypothèse de référence se fonde grandement sur des observations faites au LRS. Dans le cadre du processus de choix d'un site, il serait avantageux que les facteurs pétrologiques et tectoniques qui contrôlent la production et la distribution de la roche fissurée par endroits dans le Bouclier puissent être établis de façon plus claire. Des pourparlers plus détaillés sur les avantages de se trouver dans une «zone d'ombre tectonique» et des comparaisons plus simplifiées avec le Bouclier scandinave amélioreraient les échanges.

Même si les propriétés de la roche fissurée par endroits sont au centre de l'évaluation de sûreté de l'hypothèse de référence, il n'existe pas actuellement de programme substantiel portant sur ses caractéristiques hydrogéologiques (p. ex. essais de ventilation, essais à l'échelle), et l'information hydrochimique n'est disponible que depuis peu. Apparemment, des travaux de ce genre sont prévus ou sont déjà commencés, bien que les travaux actuels se concentrent sur la roche modérément fissurée. Le Groupe serait grandement en faveur d'un programme plus vaste de travaux sur les propriétés hydrauliques, hydrochimiques et géotechniques de la roche fissurée par endroits. Les processus de transport par dissolution sont déterminés par les caractéristiques à petite échelle de la masse rocheuse.

Bien que la roche fissurée par endroits soit une caractéristique clé de l'hypothèse de référence, le Groupe reconnaît que l'expérience internationale et l'opinion canadienne indiquent que la roche «moins bonne» (c.-à-d. plus fissurée) pourrait également constituer des marges adéquates de sûreté, bien que les analyses du comportement de la roche fissurée seraient très différentes de celles employées dans l'hypothèse de référence. Des progrès à venir dans le choix du site et l'évaluation de sûreté seraient avantagés par le développement continu de la modélisation et des méthodes de caractérisation pour une telle roche.

3.2.2. Géochimie

Le traitement des aspects géochimiques dans l'étude de l'hypothèse de référence a été considéré approprié par le Groupe. Toutefois, un certain nombre de questions ont été identifiées pour lesquelles des travaux ultérieurs doivent être recommandés, à mesure que le programme de choix du site avance.

La réconciliation détaillée des observations hydrochimiques générales et de grande qualité accompagnées de modèles d'écoulement des eaux souterraines dans le secteur de recherches de Whiteshell n'est pas très avancée actuellement et les renseignements utilisés pour soutenir l'analyse de l'hypothèse de référence sont plutôt limités. Le recours à l'hydrogéochimie pour la «validation» des modèles d'écoulement des eaux souterraines en fonction du temps en ayant recours à des techniques paléo-hydrogéologiques est un secteur important qui pourrait être examiné de façon plus approfondie dans un avenir rapproché. Ces techniques deviendront probablement un aspect important du programme de choix du site et EACL a consacré passablement de ressources à mettre au point une méthode de premier ordre visant à prélever et analyser des échantillons d'eau souterraine.

L'importance globale de la compréhension des contrôles géochimiques dans le milieu du dépôt est appréciée par EACL et le développement ultérieur d'une approche géochimique (plutôt que principalement hydrogéologique) pour le choix du site du dépôt est recommandé. Par exemple, les contrôles des conditions de l'oxydoréduction et de la salinité des eaux souterraines nécessitent des évaluations plus approfondies pour établir de meilleurs modèles mécaniques, dont la compréhension pourrait alors avoir une incidence sur le programme de choix du site. Ces facteurs hydrochimiques contrôlent de nombreux processus importants liés à la performance, comme la corrosion, l'évolution du matériau-tampon, ainsi que la solubilité et la caractérisation des radionucléides.

La question du transport des colloïdes des radionucléides n'est pas traitée dans l'hypothèse de référence, étant donné que la roche fissurée par endroits et le matériau-tampon agissent à titre de filtres efficaces pour n'importe quels colloïdes produits en champ proche. Il a été convenu au sein du Groupe que cette démarche était acceptable pour l'hypothèse de référence. Toutefois, cela peut bien ne pas être le cas pour d'autres sites où de la roche plus fissurée peut être présente, et des études en continu des colloïdes des eaux souterraines naturelles, ainsi que ceux produits dans les barrières ouvragées doivent être recommandées.

3.3 Le modèle de la biosphère

L'analyse de la biosphère est indiscutablement l'une des études les plus complètes et détaillées à avoir été effectuée dans n'importe quel pays. Elle dépend grandement des données actuelles recueillies sur le terrain et cela est appréciable. Le Groupe a considéré que l'accent mis sur la biosphère était approprié dans le contexte du souci national pour l'environnement au Canada, où il peut y avoir une demande pour des discussions portant principalement sur les incidences dans toutes les parties du milieu naturel. De façon générale, d'autres pays ne s'occupent que de la question de l'incidence sur l'humain, comme si cela devait protéger, indirectement, les autres espèces. Il est important de remarquer que le traitement de la question de la biosphère qui est inhabituellement très détaillé, ne semble pas résulter en niveaux d'efforts investis qui soient proportionnels, étant donné qu'il semble que les études d'évacuation des déchets dans la biosphère sont bien intégrées dans d'autres évaluations environnementales d'EACL.

Les travaux relatifs au modèle de la biosphère ont tiré profit de la collaboration internationale dans le cadre du programme BIOMOVIS (Étude de validation des modèles de la biosphère). L'élaboration et l'utilisation d'une biosphère de référence dans ce contexte international est une démarche utile et importante. Le Groupe recommande l'engagement en continu du programme canadien dans ces activités, et en particulier des analyses plus approfondies et de la documentation récente portant sur les modèles

canadiens et d'autres modèles. Ces comparaisons améliorent la confiance dans les résultats des analyses de la biosphère.

Un point important est que le Groupe a estimé que le groupe critique sélectionné pour les analyses peut bien être conservateur inutilement. Il pourrait être réévalué pour s'assurer qu'il est fondé sur des «assomptions prudentes et raisonnables» (tel que formulé dans les lignes directrices ICRP-46).

Chapitre 4. Évaluation après fermeture : Performance de l'ensemble du système

Le présent chapitre consiste en commentaires sur la méthodologie et les résultats de l'évaluation complète de la sûreté du système, qui a utilisé l'information et les modèles de conception décrits au chapitre précédent.

4.1 Réglementation

Les fondements de la protection à long terme des humains et du milieu naturel, et l'utilisation de différentes périodes pour lesquelles les résultats de l'évaluation sont présentés afin de refléter l'incertitude croissante des calculs de dose ou de risque est une pratique courante. Toutefois, la façon de traiter ces sujets varie d'un pays à l'autre et le groupe a été quelque peu surpris d'apprendre qu'aucune discussion directe n'a été engagée entre EACL et la CCEA sur le sujet de l'interprétation des lignes directrices réglementaires. Il y a place à l'interprétation dans ces parties de la réglementation canadienne associée aux périodes, particulièrement :

- La «durée de la période de restriction à l'utilisation du site» de 10 000 ans au-delà de laquelle les calculs de dose ne sont plus requis.
- La signification de libérations «soudaines et dramatiques» et de doses «aiguës» chez des individus pour des durées supérieures à 10 000 ans.
- Qu'attend-t-on d'un «argument raisonné» pendant cette période?
- La définition de groupe critique dans différentes circonstances.

La durée de la période de restriction de 10 000 ans semble être entièrement liée au commencement d'une glaciation éventuelle. S'il s'agit là de la vraie raison pour laquelle ce chiffre a été indiqué, il faut qu'un individu investi de pouvoir ou un organisme de réglementation et qu'un instigateur en discutent dans ce contexte. Constitue-t-elle une limite précise ou un ordre de grandeur, ou est-elle liée positivement à la glaciation en termes des processus qui sont modélisés pendant la période du processus jusqu'à la période de restriction à l'utilisation du site? L'EIE interprète cela comme une limite précise, bien qu'apprécié par les membres du Groupe, les calculs sont faits jusqu'à 100 000 ans. Il est raisonnable de faire ces calculs de dose jusqu'à cette date conformément à ce que font les autres pays, mais cela soulève des questions à savoir quel genre d'évaluation est requise (particulièrement en ce qui a trait à la biosphère, pour les périodes où le pays traverse une période de glaciation ou lorsqu'il est soumis à un permafrost prolongé. De telles conditions peuvent dominer une grande partie des 10 000 prochaines années. Les principaux facteurs qui peuvent mener à des «augmentations soudaines et dramatiques» de la libération (si ce n'est pas la dose) au-delà d'une période de 10 000 ans sont le permafrost et la glaciation causée par un changement climatique et les processus physiques associés à la glaciation, de sorte qu'un certain type de considération quantitative des processus engagés semble requis. Par exemple, après 5 000 ans, le permafrost pourrait recouvrir des régions substantielles au Canada.

L'interprétation quantitative de «soudaines et dramatiques» soulève également des questions. EACL estime que les doses prévues pour la période dépassant 10 000 ans seraient importantes seulement si elles s'approchaient du niveau «aigu». Toutefois, il n'est pas difficile de trouver des cas où les doses prévues augmenteraient d'ordres de grandeur après 10 000 ans, mais cela reste bien sous les niveaux aigus³. L'importance à attacher à de tels cas devrait être discutée.

³ Par exemple, la dose annuelle estimée dans la simulation de la valeur médiane augmente de plusieurs ordres de grandeur entre 10 000 et 100 000 ans et continue à augmenter par la suite.

L'interprétation du groupe critique nécessite davantage de développements. Dans le cas du scénario d'intrusion humaine, il est nécessaire de faire la distinction dans l'analyse entre les expositions possibles des personnes qui participent vraiment à l'intrusion et les expositions des tierces personnes. Le risque d'exposition plus élevées pour 'la personne qui participe à l'intrusion' est un résultat inévitable de la stratégie acceptée pour isoler plutôt que disperser les déchets.

Le Groupe recommande que, dans le cadre de développement de modèle ultérieurs, des pourparlers soient engagés avec la CCEA pour régler ces problèmes. Ces pourparlers doivent également traiter de la question des mesures de performance qui conviennent pour soutenir quantitativement les «arguments raisonnables» requis pour la période débutant après 10 000 ans.

4.2 Méthodologie de l'EP

Les membres du Groupe estiment que la documentation de l'EIE ne reflète pas adéquatement l'état de la méthodologie canadienne de l'évaluation des performances comparativement à celle d'autres pays. Il faudrait porter attention à l'étape du pas en avant réalisé par EACL dans l'élaboration du code SYVAC et la démarche probabiliste de l'évaluation de sûreté. SYVAC jouit d'une réputation internationale et a été utilisé dans un certain nombre d'autres programmes (par exemple en Suède, en G.-B.); l'accent mis sur la méthode de l'APS (analyse probabiliste de sûreté) est cependant, plus prononcé dans le programme canadien que dans la plupart des autres programmes.

Étant donné le rôle central du SYVAC dans les analyses, il aurait été appréciable de trouver dans la documentation quelques discussions portant sur les avantages et les inconvénients de la démarche (par opposition à une démarche plus discrète ayant recours au scénario et à l'analyse des conséquences). Nous croyons que les avantages en sont les suivants :

- Il illustre le comportement de l'évolution non perturbée de l'hypothèse de référence en mettant l'accent sur les résultats escomptés plutôt que sur les valeurs extrêmes. Cette démarche est répandue et acceptée internationalement.
- Il s'agit d'une manière efficace d'effectuer et de présenter des analyses sensées et d'incorporer l'incertitude et la variabilité des paramètres.
- Il explore systématiquement les aspects entourant les paramètres et permet l'intégration logique de tous les sous-systèmes du modèle.

Les inconvénients liés à la manière d'appliquer le SYVAC dans l'EIE sont les suivants :

- L'observation est évaluée par le risque plutôt que par les conséquences extrêmes. Toutefois, cela ne signifie pas qu'il soit sans intérêt de connaître l'ampleur des conséquences extrêmes et des probabilités qui y sont associées.
- Les différents types d'incertitudes, de variabilité et de probabilité de scénarios qui gravitent autour des essais du SYVAC peuvent mener à un manque de transparence dans les analyses de comportement du système d'évacuation. Le code tient compte de près de 7 000 paramètres, bien que seulement quelques-uns d'entre eux soient utiles. Il serait pratique pour le lecteur de savoir s'il s'agit ou non d'un paramètre important, comme par exemple dans le cas des calculs liés au ^{14}C . En outre, il n'est pas dit assez clairement si les paramètres ont des valeurs fixées, déterminées.

- Il est difficile pour le lecteur de déterminer la séquence des événements et des processus qui découlent des circonstances de n'importe quel scénario donné (bien que l'utilisateur du code puisse apparemment faire cela).
- Le problème découlant du fait que les scénarios ne sont pas complets est quelque peu obscurci (une distribution de fréquence des résultats représente-t-elle adéquatement les probabilités réelles que quelque chose se produise?).

La relation entre les codes de recherche et les modules de SYVAC n'est pas directement proportionnelle et la capacité de SYVAC d'incorporer directement les codes de recherche est limitée en raison de l'utilisation d'intégrales de convolution.

4.3 Résultats de l'EP

Le Groupe remarque que, pour l'étude de cas, les résultats après 10 000 ans sont bien en-dessous de la limite de risque. Même après 100 000 ans, c'est encore le cas, bien qu'il y ait eu une augmentation marquée dans les doses calculées.

Les principales barrières visant à empêcher la libération des substances sont les suivantes :

- système efficace de barrières ouvragées, dont la probabilité de rupture rapide du conteneur est faible et la libération provenant des déchets conditionnés est très lente;
- le transport par diffusion très lent des radionucléides à travers le remblai et aussi à travers la roche en champ proche qui est caractérisé par le fait de n'avoir aucun réseau fissuré s'y rattachant.

Ce sont les caractéristiques les plus importantes du système. Le Groupe a identifié un certain nombre de questions additionnelles concernant les résultats de l'évaluation de sûreté :

- Il est utile de détenir des calculs déterministes pour les comparer aux résultats de l'APS, mais il n'est pas évident de deviner pourquoi EACL a choisi la valeur médiane pour présenter les résultats. Il n'existe aucune manière facile de comparer les valeurs moyennes des calculs probabilistes et les résultats des calculs déterministes avec des paramètres de valeur moyenne. Ainsi, il aurait été instructif de considérer les résultats déterministes éloignés et à fortes conséquences et de discuter des circonstances dans lesquelles ils pourraient se produire.
- La transparence et la capacité d'interpréter et de présenter les résultats sont masquées par le mélange d'assumptions et de présentations conservatrices, moyennes et probabilistes. On doit rendre plus clair et défendre que ce qui est présenté est la variabilité du système modélisé dans un cadre conservateur.
- Les assumptions derrière l'élimination du ^{137}Cs par triage doivent être vérifiées. Est-ce que ceci est conservateur dans tous les scénarios?
- La confiance dans la convergence des résultats SYVAC lorsque seulement 40 000 essais ont été effectués devra éventuellement être appuyée, par exemple, par des études de cas avec un ordre de grandeur de plus d'essais.

- Le Groupe estime que l'extrapolation des résultats très positifs de l'hypothèse de référence comparativement à d'autres hypothèses dans le modèle, est plausible, mais certainement pas justifiée adéquatement par les renseignements disponibles dans le rapport.
- La question du traitement complet d'autres scénarios dans l'EIE n'a pas été abordée correctement. La méthodologie du choix des scénarios a éliminé des scénarios qui auraient pu être intéressants à analyser. Des essais ultérieurs portant sur la méthodologie des scénarios au cours des années à venir sont recommandés.
- L'analyse des résultats a permis de constater que de grandes portions de radionucléides dominants subsistent dans les déchets conditionnés et dans le conteneur pendant des périodes supérieures à 100 000 ans. Bien qu'il ait été prévu de souligner l'énorme potentiel de rétention dans l'hypothèse de référence, la présentation au public doit en même temps mettre l'accent sur ce qui est arrivé à cet inventaire qui reste - et à ce potentiel de risque presque inchangé - au cours de périodes très longues.

La question de "l'intrusion humaine" est une question difficile dans n'importe quelle évaluation. EACL a choisi de suivre une démarche hautement quantitative pour estimer les probabilités et les conséquences de l'intrusion. Le Groupe estime que cette démarche, semblable aux méthodes utilisées ailleurs, ne présentait pas de défi assez grand. Certaines recommandations récentes (p. ex. par la Royal Society de G.-B. et par un groupe de la National Academy of Sciences des États-Unis) ont revendiqué la séparation du scénario d'intrusion des autres analyses. Les assumptions des analyses d'EACL (particulièrement les probabilités) sont discutables et la prémisse entière de l'analyse est que le comportement humain futur est quantifiable. Le Groupe croit que le traitement d'intrusion humaine nécessite des discussions plus approfondies entre les organismes de réglementation et l'instigateur, puisqu'il peut ne pas être possible de la considérer dans le cadre d'une évaluation de sûreté normale. En ce sens, la situation au Canada diffère un peu de celle des autres pays.

4.4 Fiabilité et confiance

Le Groupe estime que la grande marge de sûreté exposée dans l'analyse de l'hypothèse de référence laisse croire que le concept est fiable et qu'il pourrait être mis en oeuvre de manière à rencontrer les buts visés en matière de sûreté dans des sites réels qui ne possèdent pas de caractéristiques trop dissemblables de celles du site de référence.

Le recours au jugement d'experts est une partie inévitable du processus d'interprétation et d'application des données dans une évaluation de sûreté. Il y a une pression croissante partout dans le monde pour s'assurer que le processus de divulgation est bien organisé et bien documenté. Une variété appropriée de points de vue de pairs, non seulement par des experts à l'interne, devrait être recherchée pour réduire au minimum le biais possible. L'expertise des fournisseurs de données doit être bien établie. Le Groupe estime que la façon avec laquelle cela a été fait dans l'EIE n'était pas claire, parce qu'il n'en est pas question dans la documentation. Des exercices ultérieurs devraient faire rapport du processus en particulier.

L'élaboration, les essais et la validation des modèles de processus, comme ceux employés dans l'EIE, est un processus continu et EACL possède un programme de travail s'inscrivant dans cette manière de pensée. Nous recommandons à EACL de continuer à développer sa stratégie, particulièrement concernant l'établissement des priorités pour les questions à étudier. L'aperçu des points de vue de EACL concernant

les exigences actuelles les plus importantes dans la validation n'est pas évident dans la documentation relative à l'EIE et serait utile.

Les procédures d'assurance de la qualité suivies lors d'une évaluation de la sûreté, particulièrement en ce qui a trait à la capacité de retracer les données et les décisions devraient être transparentes. Toutefois, le groupe ne s'est pas penché en particulier sur cette question. En pourparlers, l'équipe d'EACL a semblé suivre une démarche réfléchie, pragmatique, reconnaissant que les exigences en matière d'AQ augmenteront à mesure que l'on approche des phases de choix du site et d'octroi de licence.

Chapitre 5. Choix du site et construction d'un dépôt

Le présent chapitre traite des propositions faites dans la documentation de l'EIE pour une démarche relativement au choix du site d'un dépôt de combustible irradié et aux options d'études techniques pour sa conception et sa construction.

5.1 Choix du site

L'EIE présente une description détaillée de la manière dont devrait se réaliser le processus de choix du site. De façon générale, le groupe a été impressionné par le caractère complet du traitement de cette question, bien qu'il lui semble que la durée allouée (20 ans) puisse être plus longue que ce qui est techniquement nécessaire (voir plus loin). Le groupe a fait les commentaires particuliers suivants :

- Nous croyons que si les **territoires des sites choisis** n'étaient pas prescrits de façon trop stricte lors de la présentation, le choix du site se verrait attribuer la plus grande souplesse et la démarche volontaire serait maximisée.
- L'expérience au sein du groupe appuie la proposition de EACL voulant que le principe de volontarisme soit introduit dès les premières étapes du processus du choix du site.
- La liste d'attributs qualitatifs favorables avancés par EACL convient à l'étape initiale du choix du site. Des lignes directrices ou des critères prescrits qui sont présentés en termes trop quantitatifs peuvent ne pas être utiles, étant donné que le caractère adéquat ne dépend pas seulement des caractéristiques du choix du site, mais du comportement du système intégré.
- L'engagement du public dans le choix du site a été bien pesé et est bien décrit dans le rapport. La démarche est soutenue par le Groupe.
- Nous sommes d'accord avec le fait de recourir à des techniques de visualisation au moyen du GIS et de modèles graphiques tridimensionnels de simulation des formations géologiques pour illustrer et expliquer les caractéristiques des régions et des communautés qui seront importantes dans la prise de décisions.
- La démarche détaillée présentée pour la caractérisation des sites candidats est grandement liée à celle qui est employée ou proposée dans un grand nombre d'autres pays. Le groupe a estimé que les méthodologies visant à limiter certaines régions pour arriver à ces sites candidats devraient être repensées à une étape précédente, et ne devraient pas être trop longues ou comporter des études trop détaillées. En particulier, la période de douze ans proposée pour le site candidat unique parmi trois autres régions semble plutôt longue.
- Les études de caractérisation des sites doivent être fondées sur un large éventail et doivent mettre l'accent sur les examens de structure et les examens hydrogéologiques définissant les conditions actuelles et fondées sur la caractérisation de la stabilité chimique à long terme du système, particulièrement dans la région du champ proche, au moyen d'études hydrochimiques et néotectoniques de la stabilité du site.
- Il est important de mettre en place un programme d'assurance qualité au début de la sélection du site et de la caractérisation pour permettre que des décisions sensées et faciles à identifier soient prises.

- La coordination et l'intégration de l'évaluation des performances, de la conception et de l'examen du site sont essentielles à l'étape de la caractérisation du site afin de permettre des décisions opérationnelles bien fondées (p. ex. position des fondations, profondeur et orientation du dépôt, etc). Cela ne fait pas nécessairement appel à l'utilisation d'analyses de systèmes détaillées et complètes.
- Il n'est pas essentiel, ou même possible de localiser le «meilleur site». La roche fissurée par endroits (RFE) trouvée au LRS est sans contredit très pratique pour y établir une hypothèse sûre, mais elle assure des marges élevées de sûreté et trouver cela ailleurs n'est pas nécessaire. Toutefois, si l'on souhaite essayer de localiser une roche semblable, certains travaux semblent requis pour comprendre les raisons géologiques qui expliquent qu'une telle RFE existe.
- EACL propose de déterminer une profondeur ultime et un emplacement de la voûte dans un site choisi sur le fondement de la compréhension quantitative de l'hydrogéologie à une échelle qui convient. C'est également un objectif dans certains autres programmes nationaux. La résolution et la fiabilité de la modélisation hydrogéologique doit s'améliorer si cela doit être réalisable.

5.2 Étude technique

Le Groupe estime que l'installation du LRS et les travaux qui ont été effectués sur l'essai et la caractérisation du milieu géologique, sur les études techniques des matériaux, les dispositifs d'étanchéité, les remblais et les techniques d'excavation sont très impressionnants à cette étape de la conception d'un programme.

Le Groupe recommande les travaux de conception pratique qui sont prévus pour expérimenter le site d'un dépôt hypothétique sur le site du LRS afin de compter pour les caractéristiques géologiques particulières et les propriétés (contraintes). Cela permettra de faire preuve de davantage de souplesse dans la conception de la voûte pour intégrer les caractéristiques actuelles du site.

La période transitoire de resaturation, qui commence immédiatement après la fermeture du dépôt, n'est pas bien comprise, pourrait être très longue et peut avoir des effets importants sur l'évolution du système de barrières ouvragées. Elle n'est actuellement pas incluse dans la modélisation de l'évaluation des performances et, bien que cette démarche soit également adoptée actuellement dans la plupart des autres pays, les travaux futurs devraient viser à caractériser le processus de resaturation de façon plus détaillée.

La voûte elliptique, autre choix de l'emplacement du conteneur à l'intérieur, est intéressante et soulève un certain nombre de nouvelles questions qui devront être évaluées dans des essais à l'échelle :

- elle pourrait modifier les résultats de l'évaluation de sûreté, étant donné que la distance de diffusion à travers le remblai change;
- le comportement de réhydratation pourrait être complexe dans l'entourage immédiat des conteneurs (avec le modèle de carottage, cette question ne pose pas de problème);
- les contraintes et les conséquences de la zone d'excavation endommagée (ZEE) dans la conception nécessitent des essais;
- l'emplacement et le comportement de cimentation des différents blocs de de matériau-tampon et le remblai meuble nécessitera des essais;

- la question des interactions potentielles du bloc de béton et de la bentonite doit être réglée.

La ZEE est considérée par la EACL comme n'ayant aucune incidence dans la roche fissurée par endroits, mais des travaux ultérieurs doivent être effectués sur son comportement dans la roche modérément fissurée si le milieu géologique sur le site d'un dépôt est moins favorable qu'au LRS (voir les commentaires du chapitre 3).

Le Groupe est très en faveur d'une démarche globale pour le Programme qui assurerait l'intégration la plus juste de la conception du dépôt, l'évaluation des performances et la caractérisation du site. Nous croyons que ce point est bien compris par EACL.

La question de la surveillance des installations après leur fermeture est difficile du point de vue technique et social. La question que toute hypothèse de sûreté sensée puisse convenir pour la surveillance après fermeture peut faire l'objet d'un débat. Le système de dépôt devrait évoluer très lentement et il n'y a pas de paramètres de performance qui puissent très clairement être mesurés et aussi dépendants de la sûreté évidente. Toutefois, il peut y avoir une demande sociale pour un certain type de surveillance à respecter.

Chapitre 6. La documentation de l'EIE et ses conclusions et recommandations générales

Le présent chapitre présente d'abord des commentaires sur la nature globale de la documentation de l'EIE, puis étudie point par point les conclusions et les recommandations présentées dans la section finale de l'EIE.

6.1 La documentation

De façon générale, le Groupe estime que la documentation de l'EIE est bien écrite et bien présentée. La structure, qui met l'accent sur l'évaluation après fermeture, est bien pensée et met également en lumière la participation du public et l'évaluation de la phase avant fermeture. Certaines techniques de présentation visuelle des résultats de l'évaluation de sûreté sont innovatrices et constituent une aide pratique pour la compréhension. Le volume de l'EIE lui-même est bien présenté, très complet et adapte la présentation d'une manière acceptable pour une grande variété de lecteurs. Les références principales à l'appui, qui reflètent plus un biais «nucléaire», peuvent être plutôt répétitives et difficiles à suivre, en ce que toutes les idées ne sont pas encapsulées l'une dans l'autre à mesure qu'on avance d'un rapport de niveau plus bas à un rapport de niveau plus élevé. Elles pourraient bénéficier des points suivants :

- Un aperçu "vertical" du volume sur l'évaluation de sûreté après fermeture guiderait mieux le lecteur explicitement à travers les questions de performance clés, les aspects fragiles et la façon de les traiter. Cela pourrait constituer un rapport sommaire séparé.
- Dans les documents individuels, la présentation de plus de renseignements quantitatifs clés sur lesquels sont fondés les modèles ou les assumptions serait appropriée.
- L'EIE est une sélection réfléchie d'autres rapports et est considérée appropriée pour le but visé. Un rapport semblable, orienté vers la sûreté après fermeture, pourrait être utile, étant donné que ce sujet est traité seulement très brièvement dans l'EIE et de façon trop étendue pour un grand nombre de lecteurs dans les références principales recueillies.

6.2 Conclusions de l'EIE

Le chapitre 9 du rapport de l'EIE présente un certain nombre de conclusions. Ces conclusions sont commentées individuellement plus bas.

Nécessité de l'évacuation

La politique actuelle dans presque tous les pays est d'accord pour dire que l'évacuation des déchets radioactifs devrait être préparée maintenant et que l'évacuation dans les formations géologiques est la seule méthode viable à l'heure actuelle. C'est également l'opinion générale qui a émergé de l'atelier de l'AEN de l'OCDE sur les aspects éthiques de l'évacuation des déchets dans les formations géologiques en septembre 1994 et celle de la plupart des experts sur le plan international.

Protection de la santé humaine et du milieu naturel

Le concept d'évacuation à barrières multiples proposé est accepté de façon générale, et la barrière ouvragée et les déchets conditionnés conviennent pour assurer la sûreté. Toutefois, il a été remarqué que la démonstration particulière de sûreté après la fermeture convient pour l'étude de l'hypothèse de référence

seulement. Ces conclusions devraient être démontrées pour toute autre réalisation du concept également. L'étude de l'hypothèse de référence définit des marges de sûreté très élevées, plus élevées même que les normes requises actuellement. L'assertion de EACL qui veut que de nouvelles réalisations donnent des marges de sûreté égales ou supérieures doit être confirmée en effectuant des travaux ultérieurs alors que d'autres systèmes de dépôt sont considérés.

Nous croyons que la sûreté avant fermeture, y compris la sûreté pendant le transport, peut être réalisée en se fondant sur des technologies d'extraction minière ou de manipulation de substances radioactives raisonnablement réalisables ou démontrées au Canada et dans d'autres pays. Toutefois, cet aspect de l'EIE n'a pas été examiné par le Groupe.

La conclusion voulant que les exigences réglementaires actuelles pourraient être satisfaites est justifiée à l'heure actuelle, mais la confirmation finale devrait être faite sur une considération fondée sur le site.

On remarque que EACL a calculé les conséquences radiologiques pour des organismes autres que l'humain; cela va au-delà des exigences requises ou de ce qui a été fait dans la plupart des autres pays, où on prévoit que la protection de l'humain devrait englober celle des autres espèces.

Réduction du fardeau pour les générations futures

Le concept d'évacuation réduit le fardeau pour les générations futures tout en étant suffisamment souple pour donner aux générations qui nous suivent immédiatement la liberté d'agir (p. ex. en permettant la récupération).

Portée de la participation du public au cours de la mise en oeuvre du concept

Le Canada est un chef de file dans l'incorporation de la participation du public dans le processus de prise de décision. Les principes et la stratégie présentés sont bien formulés et le Groupe les appuie. La participation du public dans les secteurs clés de choix du site du dépôt, la conception et le fonctionnement des installations de surface et le choix de l'itinéraire du transport est considéré comme étant particulièrement important. Les procédures précises à suivre pour la participation du public dans le processus de choix du site restent, cependant, à élaborer.

Le concept d'évacuation convient au Canada

Le Groupe considère que l'évacuation dans les formations géologiques est la seule option d'évacuation viable pour chacun des pays à l'heure actuelle. La roche plutonique est considérée comme une option sensée pour l'évacuation dans les formations géologiques, comme l'indiquent des travaux dans d'autres programmes nationaux.

EACL reconnaît que le concept est fondé sur l'étude d'un milieu générique unique d'évacuation dans les formations géologiques (la roche plutonique du Bouclier canadien). Bien qu'il existe des solutions de rechange pour le choix du milieu d'évacuation, le Groupe estime que la décision première visant à mettre l'accent sur le programme était raisonnable et a rapporté quelque chose en permettant d'élaborer un concept logique à l'interne. D'autres pays (par exemple la Finlande, le Japon, la Suède et la Suisse) ont déjà démontré, par des projets semblables d'évaluation de la sûreté, qu'une solution acceptable peut être trouvée à l'aide d'un concept d'évacuation dans la roche dure, fissurée. Étant donné l'étendue du Bouclier canadien, le fait d'étendre la considération à d'autres formations géologiques pourrait être peu productif en ce que les efforts seraient dispersés. Nous mettons également en lumière que, pendant de nombreuses

années, l'opinion internationale voulait qu'il n'était pas possible de définir de «meilleure solution»; il est simplement nécessaire de trouver et de démontrer une solution clairement acceptable avec des marges de sûreté adéquates.

Le Groupe ne peut voir aucune raison technique pour suggérer que d'autres options géologiques aient besoin d'être évaluées au Canada. D'un autre côté, étant donné la longue période requise pour la mise en oeuvre finale du concept, il serait prudent de continuer à réaliser des études techniques pour les concepts à barrières ouvragées, y compris les autres choix de concepts.

Le concept d'évacuation pourrait être réalisé avec la technologie disponible ou la technologique que l'on pourrait élaborer

Le Groupe a un certain nombre d'arguments à présenter concernant cette conclusion.

- La technologie de caractérisation du site est directement disponible et suffisamment élaborée pour permettre le commencement de la mise en oeuvre.
- Le concept d'évacuation est fondé sur des matériaux et une technologie raisonnablement réalisables. Toutefois, la démonstration et les essais de quelques caractéristiques technologiques devront continuer ou être initiés.
- Une démonstration à grande échelle peut devoir être mise en place à une date ultérieure et serait nécessairement particulière au site à cette étape-ci.
- Le Groupe soutient le point de vue qu'il est prudent que le concept ne repose pas sur des contrôles institutionnels pour la sûreté à long terme.
- La nécessité et les exigences relatives à la surveillance après fermeture doivent être considérées davantage dans tous les pays et, si l'on considère qu'il s'agit là d'une marche à suivre souhaitable, les modèles et la technologie devraient être développés davantage.
- La capacité de récupérer est réalisable en principe dans la roche plutonique, mais elle peut avoir à être élaborée pour des modèles particuliers de dépôts. Toutefois, le traitement présenté à cette étape-ci par EACL est considéré adéquat.

Méthodologie de l'évaluation de sûreté

La méthodologie de l'évaluation de sûreté a été élaborée et démontrée à un niveau suffisamment élevé pour progresser au-delà de l'étape de production. Des développements ultérieurs seront requis pour mettre en application dans des conditions autres que les conditions de référence et le groupe estime que EACL a la capacité, la compétence et la maturité nécessaire pour réaliser cela. La mise en oeuvre du programme de choix du site donnerait une meilleure idée de la méthodologie qui aura besoin d'être élaborée. Nous n'avons pas examiné l'évaluation avant fermeture mais nous croyons que la sûreté avant fermeture peut être réalisée en se fondant sur une technologie d'extraction minière et de manipulation des substances radioactives raisonnablement réalisable ou démontrée au Canada et dans d'autres pays.

Sites convenables sur le plan technique

En se fondant sur une compréhension générale des roches cristallines, il est considéré très probable que des sites convenables existeront dans le Bouclier canadien. Toutefois, leurs propriétés peuvent bien être différentes de celles utilisées dans l'évaluation de l'étude de l'hypothèse de référence. Il est important de

se rendre compte que la barrière de sûreté extrêmement efficace fournie dans la roche à très faible conductivité hydraulique sur le site du LRS n'est pas essentielle pour l'emplacement d'un dépôt sécuritaire.

6.3 Recommandations de l'EIE

Le chapitre 9 du rapport de l'EIE présente aussi un certain nombre de recommandations. Ces dernières sont commentées individuellement ci-dessous.

La stratégie fondée sur l'évacuation dans la roche plutonique du Bouclier

Nous ne voyons aucune raison de modifier le concept actuel.

Structure organisationnelle de mise en oeuvre du concept

Ce n'est pas le rôle du Groupe de commenter les questions politiques ou organisationnelles. Toutefois, nous estimons que :

- une affectation claire des responsabilités est vitale;
- la préservation de l'expertise et des ressources humaines et intellectuelles est essentielle pour assurer la capacité de la mise en oeuvre;
- les participants du programme existant ont démontré une compétence élevée et ont accumulé considérablement d'expertise technique. On devrait tirer avantage de cela dans le futur programme.

Engagement de principes

Tous les principes dont il a été question dans le rapport et l'engagement proposé envers ces derniers sont soutenus par les membres du Groupe. Le programme canadien constitue un exemple positif par sa démarche ouverte.

Le Canada devrait procéder au choix du site

Nous sommes tout à fait d'accord avec la présente recommandation, qui est considérée être conforme à celle des autres pays qui ont atteint des niveaux semblables d'avancement dans leurs programmes. Ce progrès est considéré essentiel pour fournir l'élan nécessaire pour se concentrer sur le Programme et pour le faire avancer. Le commencement de la phase de choix du site est la façon la plus efficace d'utiliser les capacités qui ont été construites au cours des 17 dernières années et qui sont actuellement à leur summum.

Chapitre 7. Conclusions générales du Groupe d'examen de l'AEN

Le Groupe comprend que c'est l'intention de l'EIE de démontrer qu'une solution souhaitable peut être trouvée en appliquant le concept, mais que cette solution éventuelle peut sembler quelque peu différente de l'hypothèse de référence. Par conséquent, l'hypothèse de référence est considérée comme un exemple particulier, et il est reconnu que d'autres options ou variantes existent et peuvent nécessiter des études additionnelles. Nos recommandations portent ainsi sur la question que l'EIE, en tant qu'entité, a démontré des méthodologies solides et flexibles et de la technologie qui assure un fondement pour le déplacement vers la prochaine étape du choix du site.

Notre évaluation indique qu'un fondement conceptuel réfléchi pour la conception d'un dépôt sécuritaire existe. Il y a encore fort à faire pour ce qui est des travaux de développement pour plusieurs aspects de la conception de la voûte et des barrières ouvragées et les instigateurs ont démontré leur habileté à les utiliser. La situation est normale à cette étape-ci de l'élaboration du concept et semblable à celle d'autres pays, où des conceptions finales de systèmes seront attendue encore pendant plusieurs années. Le développement futur de la conception n'aura probablement aucune incidence sur le programme de choix du site proposé dans l'EIE. Par conséquent, le concept semble suffisamment souple pour permettre l'adaptation aux diverses caractéristiques géologiques de n'importe quel site qui serait géologiquement convenable pour un dépôt.

L'autre aspect majeur de l'application concerne la disponibilité des technologies appropriées pour le choix du site et l'examen. Les travaux effectués par EACL dans la région de WR et d'autres régions sont certainement à l'avant-garde de l'évaluation du site géotechnique. Toutefois, nous avons quelques réserves en ce qui concerne l'étendue des essais des méthodologies visant à examiner et à modéliser la roche dont les propriétés des fissures diffèrent grandement de celles du site du LRS. Le Groupe accepte que de telles méthodologies existent dans d'autres programmes et que les employés de EACL soient bien conscients et qu'ils discutent avec eux et qu'ils soient familiers et n'auraient aucune difficulté à s'adapter à un programme d'examen du site ultérieur. Par conséquent, nous ne croyons pas que cela constitue une raison voulant que le Programme ne soit pas prêt à être mis en oeuvre.

Une autre caractéristique importante du Programme, introduite autour de 1980, fut l'établissement du calendrier permettant de prendre le temps d'effectuer des examens étendus dans la phase de conception et de production du Programme d'évacuation. L'argument de la décision auquel nous sommes arrivés aujourd'hui était ainsi déjà prévu. Le temps additionnel nécessaire pour le processus de décision ne l'était pas. Près de six ans ont passé depuis que les instigateurs se sont considérés eux-mêmes comme étant dans une position sur le plan technique leur permettant d'élaborer et de documenter un concept et une évaluation de la performance de l'ensemble du système. Il est maintenant temps de faire un pas en avant, puisque les questions à clarifier peuvent seulement, et doivent, être résolues pendant l'étape du choix du site.

Remarques concluantes d'un point de vue international

Le Programme canadien de gestion des déchets de combustible nucléaire existe depuis 17 ans, et a acquis, pendant toutes ces années, une réputation internationale de chef de file dans ce domaine. Le Programme et ses équipes techniques ont de bons contacts et des liens avec des programmes semblables dans d'autres pays. Les contacts sont pertinents à tous les niveaux et ont contribué à des progrès globaux dans de nombreux pays dans le domaine de l'évacuation des déchets radioactifs.

Le document de l'EIE et les documents de référence qui l'accompagnent reflètent une excellente compréhension des questions scientifiques pertinentes relativement à la technologie de point reconnue

internationalement sur le terrain. Ces derniers reflètent un échange actif de connaissances et d'idées avec d'autres pays. Cette impression a été confirmée par les pourparlers détaillés qui ont été engagés dans le cadre de l'examen de l'AEN de l'OCDE. Ces pourparlers ont permis de constater l'évidence du degré élevé de compétence et de motivation des employés de EACL.

Considérant les points susmentionnés et les tendances actuelles dans les autres pays, nous estimons que:

- la mise en oeuvre prudente, par étape, du concept proposé représenterait un moyen acceptable par lequel le Canada peut stocker en permanence ses déchets de combustible nucléaire; et
- le Programme a atteint un état de connaissance et de maturité où il bénéficierait grandement d'aller de l'avant en passant à l'étape suivante proposée - soit l'initiation du processus de détermination du site de l'installation d'évacuation en profondeur dans des formations géologiques de la même manière que le progrès se fait aujourd'hui dans un certain nombre de pays. Le fait de mettre l'accent sur les questions réelles et hautement prioritaires qui vient de pair avec le passage à l'étape de la mise en oeuvre aidera à garder le programme canadien comme figure de proue. Nous anticipons le bon progrès du programme d'évacuation des déchets au Canada.

Annexe 1

Responsabilités des divers organismes participant au processus d'examen

Le Canada est une fédération de dix provinces et de deux territoires ayant à sa tête un gouvernement fédéral central. Chaque province possède son propre gouvernement provincial. En vertu de la Constitution, chaque province a la responsabilité (entre autres) de ses ressources naturelles et de la production d'électricité. En vertu de la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique* de 1946, le gouvernement fédéral a la responsabilité de la réglementation et du développement de l'énergie nucléaire. La Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) est l'organisme de réglementation fédéral mis sur pied pour administrer la *Loi* et pour réglementer l'industrie du nucléaire. L'Énergie atomique du Canada Limitée (EACL) a été créée pour élaborer et pour effectuer des activités de R et D liées au développement dans le domaine du nucléaire.

En 1978, les gouvernements du Canada et de l'Ontario ont annoncé conjointement le Programme canadien de gestion des déchets de combustible nucléaire visant à élaborer un dépôt souterrain profond pour l'évacuation du combustible nucléaire irradié dans la roche intrusive du Bouclier canadien. Le participant représentant le gouvernement fédéral, la EACL, s'est vue confier la responsabilité de l'élaboration du concept d'évacuation. Le représentant provincial, Ontario Hydro, a soutenu les travaux d'EACL et a élaboré des options pour le stockage provisoire et le transport du combustible nucléaire irradié. En développant ces technologies, le Canada et l'Ontario ont convenu que le choix du site ne devrait être déterminé qu'un fois que le concept d'évacuation aura été considéré sûr, acceptable et techniquement réalisable.

En 1988, après plus de dix années de R et D, EACL a estimé que le concept d'évacuation était prêt pour révision et a demandé au ministre des Ressources naturelles (à l'époque Énergie, Mines et Ressources) de référer le concept d'évacuation du combustible nucléaire irradié au ministre de l'Environnement aux fins d'un examen public. En 1989, le ministre de l'Environnement a nommé les membres d'une Commission d'examen indépendante pour entreprendre un (PEEE) processus d'évaluation et d'examen en matière d'environnement portant sur le concept d'évacuation en profondeur dans des formations géologiques des déchets de combustible nucléaire irradié au Canada et sur les questions de gestion des déchets s'y rapportant.

En 1990, la Commission a tenu une série de journées portes ouvertes et de réunions sur la portée des incidences partout au Canada dans les cinq provinces, au Nouveau-Brunswick, au Québec, en Ontario, au Manitoba et en Saskatchewan pour expliquer le processus d'examen PEEE et pour identifier les questions qui causent du souci aux Canadiens et qui devraient être réglées par EACL pendant la préparation de l'EIE (Énoncé des incidences environnementales) pour le concept d'évacuation. Une participation étendue et variée des citoyens, d'associations et de groupes environnementaux du secteur privé a permis d'identifier des questions de différents ordres liées à la gestion des déchets, allant d'un point de vue technique à des points de vue socio-économiques et éthiques.

Les renseignements présentés aux réunions sur la portée des incidences ont été utilisés par la Commission pour élaborer les lignes directrices de l'EIE envoyées à EACL en mars 1992. EACL a par la suite préparé l'EIE et l'a soumis à la Commission, accompagné de neuf références principales à l'appui, en octobre 1994. L'EIE est actuellement soumis à un examen public d'une durée de neuf mois afin de déterminer s'il satisfait aux lignes directrices. S'il n'y a pas de lacunes, les audiences publiques pourraient commencer plus tard cette année.

L'examen international par les pairs de l'AEN sera un examen important, indépendant du concept d'évacuation élaboré par EACL et sera réalisé par des experts. On prévoit que Ressources naturelles Canada fournira le rapport à la Commission, comme faisant partie de la documentation pour les audiences publiques à venir qui devraient débiter plus tard cette année. Ce rapport fera partie des renseignements considérés par la Commission puisqu'il vient avec ses recommandations aux deux ministres (ministre de l'Environnement et ministre des Ressources naturelles) concernant l'acceptabilité du concept d'évacuation et les prochaines étapes de gestion à long terme du combustible nucléaire irradié au Canada.

Principaux organismes et ministères engagés dans l'examen public et dans l'examen international du concept d'évacuation

Canada - Gouvernement fédéral

Ressources naturelles Canada

- Ministère du gouvernement fédéral responsable de l'élaboration de politiques portant sur les questions relatives aux déchets radioactifs et aux questions nucléaires au Canada, y compris les questions concernant la CCEA et EACL.
- En 1988, ce ministère a référé le concept canadien d'évacuation du combustible nucléaire irradié au ministre canadien de l'Environnement aux fins d'un examen public réalisé par une Commission d'examen indépendante.
- Commanditaire pour l'examen international par des pairs du concept d'évacuation.

Bureau fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement (Environnement Canada)

- Responsable de la nomination des membres de la Commission d'examen indépendante et des activités de soutien en secrétariat et effectue le processus d'évaluation et d'examen public en matière d'environnement sur le concept d'évacuation du combustible nucléaire irradié.
- Responsable de la coordination de la préparation du rapport de la commission à remettre aux deux ministres, soit celui d'Environnement et de Ressources naturelles.

Commission de contrôle de l'énergie atomique

- Organisme de réglementation du nucléaire et autorité responsable de l'octroi de licences pour toutes les installations nucléaires, y compris les installations de gestion de déchets radioactifs au Canada.

Énergie atomique du Canada Limitée

- Société fédérale de la Couronne responsable de la recherche et du développement dans le domaine du nucléaire au Canada.
- EACL a élaboré, en collaboration avec Ontario Hydro, le concept canadien d'évacuation du combustible nucléaire irradié.

Ontario

Ministère de l'Environnement et de l'Énergie

- Ministère du gouvernement provincial de l'Ontario responsable de donner des conseils en matière d'énergie (y compris le nucléaire et Ontario Hydro) et d'environnement pour le gouvernement de l'Ontario.

Ontario Hydro

- Organisme provincial responsable de la production d'électricité dans la province de l'Ontario.
- La plus grande centrale de 3 services publiques de production d'électricité à base d'énergie nucléaire responsable de plus de 90 pour cent du combustible nucléaire irradié produit au Canada.

Autres services publiques de production d'électricité à base d'énergie nucléaire

Hydro-Québec

- Organisme provincial responsable de la production d'électricité dans la province de Québec.

Commission d'énergie électrique du Nouveau-Brunswick

- Organisme provincial responsable de la production d'électricité dans la province du Nouveau-Brunswick.

Annexe 2

Mandat du groupe d'examen international par les pairs remis à l'AEN de l'OCDE par RNCan

Introduction

Un examen international du concept canadien de l'évacuation du combustible nucléaire irradié au Canada, réalisé par des pairs, devrait être effectué sous les auspices de l'AEN (Agence pour l'énergie nucléaire) de l'OCDE par un groupe d'examineurs indépendants nommés par l'AEN. Ce groupe d'experts de l'AEN de l'OCDE examinera le concept canadien du combustible nucléaire irradié élaboré par Énergie atomique du Canada Limitée (EACL) en collaboration avec Ontario Hydro.

Les résultats de cet examen international par des pairs sera soumis par Ressources naturelles Canada, à titre de documentation pour les audiences, à la Commission fédérale d'évaluation et d'examen en matière d'environnement, qui entreprend présentement un examen public du concept d'évacuation du combustible nucléaire irradié au Canada tout en traitant une grande variété de questions relatives à la gestion des déchets de combustible nucléaire. Cet examen public sera l'une des évaluations environnementales les plus importantes jamais entreprises au Canada et constituera le fondement essentiel des décisions futures à prendre concernant la gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire irradié.

Historique

En 1977, après plusieurs années de recherches, un groupe d'experts indépendants s'est formé pour étudier les options de la gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire irradié. Le rapport résultant de la Commission Hare concluait que l'évacuation dans les formations géologiques dans la roche cristalline ignée du Bouclier canadien est l'option la plus prometteuse et a recommandé que cette question soit approfondie.

En 1978, le Programme canadien de gestion des déchets de combustible nucléaire a été initié par le gouvernement du Canada et la province de l'Ontario pour évaluer si l'évacuation dans un dépôt souterrain profond dans la roche intrusive était une méthode sûre, sécuritaire et souhaitable d'évacuer les déchets de combustible nucléaire. En vertu de ce programme de recherche détaillé et exhaustif, EACL a mis sur pied un programme de recherche à long terme pour élaborer un concept d'évacuation sûr en profondeur dans la roche intrusive du Bouclier canadien. Ontario Hydro a appuyé les travaux d'EACL et poursuit ses propres études connexes sur le stockage provisoire et le transport du combustible nucléaire irradié. Le concept d'évacuation est fondé sur l'enfouissement à des profondeurs de 500 à 1000 mètres dans la roche stable du Bouclier canadien, en ayant recours à une méthode à barrières multiples composées d'une série de barrières ouvragées et de barrières naturelles.

En 1981, les gouvernements du Canada et de l'Ontario ont annoncé conjointement un processus d'évaluation du concept canadien d'évacuation des déchets de combustible nucléaire irradié. Il a été convenu que la question du choix du site ne serait pas traitée avant que le concept n'ait été lui-même évalué comme sûr, acceptable et techniquement réalisable.

En 1989, le ministre canadien de l'Environnement a nommé un groupe indépendant pour effectuer une évaluation et un examen environnemental et pour un examen du concept d'évacuation en profondeur dans des formations géologiques des déchets de combustible nucléaire irradié au Canada et pour traiter d'autres questions de gestion des déchets. Un groupe d'examen scientifique constitué d'experts indépendants

reconnus a été formé par la Commission pour effectuer un examen en profondeur particulier de l'acceptabilité scientifique du concept d'évacuation.

Processus d'examen international

L'examen international réalisé par des pairs sera un examen international effectué sous les auspices de l'AEN de l'OCDE dans le cadre de leur programme de services d'examen international par des pairs. Le Secrétariat de l'AEN de l'OCDE coordonnera l'examen international en incluant une sélection d'experts qualifiés pour l'examen. L'examen sera commandité par Ressources naturelles Canada.

Un examen indépendant réalisé par le groupe d'experts permettra au processus d'examen canadien d'avoir accès directement à toute une panoplie d'expertise, en tirant de l'expérience des meilleurs experts du monde dans ce domaine et en écoutant leur point de vue sur les démarches suivies par d'autres pays en matière de recherche et développement pour l'évacuation des déchets de combustible nucléaire et en matière de gestion à long terme de ces déchets. Les conseils reçus compléteront les points de vue et l'expertise de ces experts qui participent déjà au processus d'examen canadien. Dans le cadre de l'examen par des pairs, on prévoit que le groupe d'experts rencontrera d'autres scientifiques, groupes techniques et organismes gouvernementaux qui participent à l'examen public.

Portée de l'examen international

Le groupe d'experts produira un examen portant sur le concept canadien d'évacuation du combustible nucléaire irradié élaboré par EACL et Ontario Hydro pour déterminer si les renseignements servant de fondement au concept sont suffisamment représentatifs et fiables et s'ils ont été correctement analysés d'un point de vue scientifique et technique. Plus particulièrement, le groupe d'experts examinera, d'un point de vue international, la solidité et le caractère approprié des méthodologies utilisées et les arguments présentés qui constituent les fondements de l'élaboration du concept.

En effectuant l'examen, le groupe d'experts peut considérer le fait de présenter leurs opinions sur le concept canadien d'évacuation des déchets de combustible nucléaire irradié en se reportant à la démarche suivie par d'autres pays concernant la gestion et l'évacuation du combustible nucléaire irradié ou des déchets radioactifs de haute activité. En outre, le groupe d'experts peut vouloir indiquer que, si des travaux sont effectués dans le futur, des travaux scientifiques pourraient être requis pour faire la transition vers la mise en oeuvre le cas échéant.

La documentation de source pour cet examen sera principalement constituée de l'Énoncé des incidences environnementales, des Références principales, des références citées et d'autres renseignements (voir l'annexe pour la liste). (Remarque : D'autres renseignements pertinents utilisés par le groupe d'experts figureront sur une liste dans le rapport final résultant de cet examen international.)

L'examen devrait comprendre, d'un point de vue international et selon les procédures à suivre et la documentation du groupe d'experts pour cet examen :

- un examen et des commentaires sur les renseignements scientifiques et techniques venant appuyer la pertinence du concept en indiquant le degré de fiabilité et l'aspect complet dans le contexte d'une évaluation globale du concept d'évacuation;
- un examen des activités de modélisation et des techniques visant à bâtir la confiance, comme l'analyse des incertitudes, de la sensibilité et de la validation, avec une opinion concernant le système d'évacuation proposé et son comportement pendant des périodes suffisamment longues pour qu'il soit bien compris et évalué;
- un examen et des pourparlers portant sur les résultats de l'ensemble de l'évaluation de sûreté, notamment en ce qui concerne la solidité des conclusions finales avec les assumptions sous-jacentes et les jugements des experts utilisés dans l'évaluation, ainsi que le degré de conservatisme global de l'évaluation;
- une évaluation générale du degré de souplesse de la conception du concept et de son applicabilité aux conditions qui existent dans le milieu de roche intrusive plutonique du Bouclier canadien; et
- un examen et des commentaires sur l'état de la technologie associée au concept d'évacuation, en ce qui concerne la facilité avec laquelle il peut être mis en oeuvre.

Comme aucun site ne sera choisi avant que le concept d'évacuation ait été considéré comme sûr, le groupe d'experts ne devrait pas étudier n'importe quel site particulier ou n'importe quel critère qui pourrait être considéré comme étant particulier d'un site à part de ce qui est implicite dans l'étude de cas présentée par EACL.

Comme c'est le cas pour la Commission fédérale d'évaluation et d'examen en matière d'environnement et pour le groupe d'examen scientifique, la portée de l'examen international comprendra les politiques en matière d'énergie du Canada et des provinces canadiennes; le rôle de l'énergie nucléaire à l'intérieur de ces politiques, y compris la construction, l'exploitation et la sûreté des nouvelles centrales nucléaires ou des centrales déjà existantes; le retraitement du combustible irradié comme politique en matière d'énergie et les applications dans le domaine militaire de la technologie nucléaire. En outre, la portée de l'examen international ne comprendra pas d'évaluation socio-économique ou de considérations politiques, ni de questions liées aux arrangements concernant le moment ou la mise en oeuvre institutionnelle de l'évacuation.

On prévoit que l'examen international par les pairs s'effectuera sur une période de six mois et qu'il sera terminé vers mars 1995.

Communication des résultats

Un rapport résumant les résultats de l'examen international par des pairs sera soumis à Ressources naturelles Canada. Ce rapport constituera un document public et les membres de la Commission pourront se le procurer dans le cadre de l'examen public du concept d'évacuation.

Technology, elle s'est jointe au USNRC en 1981 où elle s'est concentrée sur l'élaboration de normes de radioprotection en milieu de travail. À titre de conseiller supérieur pour le directeur exécutif et le président du USNRC, elle a participé à l'élaboration de politiques réglementaires en matière d'utilisation par des civils de substances radioactives, y compris l'octroi de licences et le fonctionnement des centrales nucléaires, des applications médicales et industrielles, ainsi que la gestion des déchets et la mise hors service définitive. En 1991, M^{me} Federline a été choisie pour le service exécutif principal, pour gérer les applications de la gestion des déchets. Dans le cadre de son poste actuel de gestionnaire, M^{me} Federline dirige les programmes USNRC concernant la réglementation relative à l'évacuation des déchets de faible activité et de haute activité, la récupération de l'uranium et la mise hors service définitive.

Charles McCombie (Nagra, Suisse; président du Groupe)

Charles McCombie est physicien et possède 25 années d'expérience dans le domaine du nucléaire, dont plus de quinze années ont été consacrées à la gestion des déchets radioactifs. Il a obtenu un B.Sc à Aberdeen (Écosse) en 1967 et un doctorat (physique des semi-conducteurs) à Bristol (Angleterre) en 1971. Il occupe actuellement les postes de directeur technique de Nagra, coopérative suisse pour l'évacuation des déchets radioactifs et il est membre du comité de gestion de GNW, coopérative chargée de la construction et du fonctionnement des installations d'évacuation des déchets d'activité faible à moyenne en Suisse. Il fait partie du Comité consultatif international pour la gestion des déchets radioactifs (CCIGDR) de l'AIEA, du CGDR (Comité sur la gestion des déchets radioactifs) de l'AEN de l'OCDE, du Board on Radioactive Waste Management de la National Academy of Sciences des États-Unis, du Scientific Advisory Board du German Research Centre for Environmental Studies (GSF), et du comité du programme scientifique de gestion des déchets de l'Institut Paul Scherrer de la Suisse (PSI).

Alexander Nies (BMU, Allemagne)

Alexander Nies est un mathématicien possédant plus de treize années d'expérience dans le domaine de l'évacuation des déchets radioactifs. Il a obtenu un diplôme en mathématique pure et appliquée en 1981 à l'Université de Munich, puis il consacra trois années à la recherche dans le cycle du combustible nucléaire à l'Université technique de Berlin. Il a élaboré une version probabiliste d'un code d'évaluation des performances pour des dépôts de sel au cours des sept années qu'il passa au centre de recherches GSF à Braunschweig, en dernier à titre de directeur adjoint de la division de l'évaluation de la sûreté. De 1988 à 1991, il fut président du Groupe de l'évaluation probabiliste de la sûreté de l'AEN de l'OCDE. Depuis 1991, il travaille pour le ministère fédéral de l'Environnement où il occupe un poste de gestionnaire superviseur du projet de dépôt Konrad (pour les déchets radioactifs à faible dégagement de chaleur). Il a publié une vingtaine de documents portant sur l'évacuation des déchets radioactifs.

Sören Norrby (SKI, Suède; observateur)

Sören Norrby est chimiste et possède plus de vingt années d'expérience dans le domaine de la gestion et de l'évacuation des déchets radioactifs. Il a obtenu sa M.Sc en chimie à l'Université d'Uppsala (Suède), en 1970. Il a travaillé pendant plus de cinq ans à l'Université de Uppsala sur des projets de recherche principalement dans le domaine des techniques de séparation chimique des radionucléides. Il a ensuite travaillé pendant huit années à l'INPR (Institut national de protection contre les radiations) de la Suède sur la question de la gestion et de l'évacuation des déchets radioactifs. Il a joint le Nuclear Power Inspectorate de la Suède en 1980 et, depuis 1987, il est directeur du Bureau des déchets radioactifs. Il a participé à l'examen réglementaire des applications de la gestion des déchets radioactifs et de l'évacuation pour l'industrie nucléaire suédoise (p. ex. une installation de stockage intermédiaire du combustible irradié et un dépôt pour les déchets de faible activité et de moyenne activité). Il est maintenant engagé dans l'examen du programme suédois sur l'évacuation et définitif du combustible nucléaire irradié. Il a participé à plusieurs comités gouvernementaux pour examiner la législation suédoise en matière de déchets radioactifs. Il est membre du CCIGDR (Comité consultatif international pour la gestion des déchets

radioactifs de l'AIEA, et membre du CGDR (Comité sur la gestion des déchets radioactifs) de l'AEN de l'OCDE.

Jean-Pierre Olivier (AEN de l'OCDE; Secrétariat)

Jean-Pierre Olivier est chimiste et possède plus de trente années d'expérience en radioprotection, en sûreté nucléaire et en gestion des déchets radioactifs. Il a obtenu une «licence ès Sciences» à l'Université de Clermont-Ferrand (France), en 1961, puis a suivi des cours d'études supérieures en métallurgie nucléaire à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires, à Saclay. Il s'est joint à l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE en 1964, et depuis le début des années 70, il est au centre de la plupart des activités de l'AEN dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, y compris la mise sur pied du Comité sur la gestion des déchets radioactifs en 1975. Pendant cette période, il fut tour à tour directeur adjoint de la division de la sûreté nucléaire de l'AEN (de 1979 à 1981) puis directeur de la division de la radioprotection et de la gestion des déchets (depuis 1981). Occupant ce dernier poste, il a organisé tous les examens internationaux par des pairs effectués jusqu'ici par l'AEN, parfois en collaboration avec la Commission des communautés européennes. Il a fait partie de nombreux groupes d'experts nationaux et internationaux et il est actuellement membre de la commission française responsable de l'évaluation du programme français de gestion des déchets radioactifs.

Claudio Pescatore (AEN de l'OCDE; Secrétariat)

Claudio Pescatore est un ingénieur en sciences nucléaires et en chimie ayant plus de quinze années d'expérience à son actif dans le domaine de l'évacuation des déchets radioactifs. Il a obtenu un diplôme en physique appliquée à l'Université de Bologne en 1975, après quoi il a travaillé sur des projets de recherche en dynamique des gaz raréfiés. Il a alors fréquenté l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign où il a, en 1982, obtenu un doctorat pour sa thèse portant sur la modélisation de la lixiviation des déchets nucléaires conditionnés. Il a travaillé pendant dix années au Laboratoire national de Brookhaven sur des projets de recherche et des projets techniques relatifs à la performance des matériaux des colis de déchets dans des conditions d'évacuation dans divers milieux, à la performance du combustible irradié en stockage provisoire sec, à l'évaluation des performances des sites à déchets de faible activité et de haute activité. Depuis 1992, M. Pescatore fait partie de l'AEN de l'OCDE à la division de la gestion des déchets au nom de qui il gère toutes les activités d'évaluation des performances. Il a travaillé comme consultant pour plusieurs agences et organismes aux États-Unis et en Europe et a publié de nombreux ouvrages sur l'évacuation des déchets nucléaires.

Budhi Sagar (CNWRA, É-U.)

Le D^r Sagar a obtenu un B.Sc et une M.Sc en génie civil, un doctorat en hydrologie et a accumulé plus de trente années d'expérience à titre de professionnel dans l'enseignement, la recherche et la consultation. Ses intérêts pour la recherche comprennent des méthodes de calcul, des analyses stochastiques et des évaluations de systèmes probabilistes. Il est l'auteur de plusieurs codes informatisés décrivant l'écoulement, le transfert de chaleur et le transport de masse dans un milieu géologique fissuré. Il a écrit ou collaboré à plus de 100 documents techniques et rapports. Au poste de directeur technique qu'il occupe présentement au Center for Nuclear Waste Regulatory Analyses (CNWRA), les responsabilités du D^r Sagar consistent à gérer toutes les activités techniques en cours. Il est le représentant technique principal de la Nuclear Regulatory Commission des États-Unis, le commanditaire du CNWRA. Le D^r Sagar donne une direction globale pour effectuer des travaux d'assistance technique et des activités de recherches du CNWRA, assure l'utilisation efficace de la main-d'oeuvre, surveille les budgets et les calendriers et assure la qualité du travail. Il aide le président du CNWRA dans la conduite des activités administratives globales et des activités de fonctionnement.

Annexe 4

Déclaration concernant les conflits d'intérêts

Tous les membres du Groupe d'examen ont participé dans le domaine de l'évacuation en profondeur dans des formations géologiques des déchets radioactifs au cours des dix à vingt dernières années. Dans le cadre de leurs travaux, particulièrement dans les projets internationaux, ils se sont familiarisés avec le programme canadien par de fréquents contacts professionnels avec des employés de EACL et d'Ontario Hydro et, dans certains cas, en participant à des programmes conjoints. Une grande partie de l'historique du concept canadien a été discutée lors de rencontres internationales et des parties des travaux de EACL ont été incluses dans les projets commandités par l'AEN de l'OCDE qui, comme dans le cas du projet de Stripa, complété en 1992, a compté parmi ses participants plusieurs membres du Groupe d'examen.

Ces divers contacts, qui ont eu lieu pendant de nombreuses années, ont placé le Groupe d'examen dans une excellente position pour comprendre le concept canadien et évaluer son efficacité.

Une version provisoire de l'un des rapports de l'EIE (Goodwin et al., 1994) a été examinée pour EACL par des employés de l'Intera Information Technologies (R.-U) en 1992. Le D^r Chapman n'a participé d'aucune façon à cet examen. Une version provisoire du même rapport a également été étudiée pour EACL par une équipe d'experts à SKB (Suède), en 1992. Per-Eric Ahlström n'a pas participé à cet examen.