

Évaluation d'impact environnemental du projet de stockage permanent des déchets nucléaires canadiens: Analyse de conformité du Mouvement vert-Mauricie
--

Table des matières

Préface	.....1
1. Mise en contexte	.....2
1.1 <i>Historique du concept d'enfouissement géologique</i>	.....2
1.2 <i>Réserves du Mouvement vert - Mauricie quant au processus d'examen en cours</i>	.....4
1.3 <i>Paramètres et limites de ce travail</i>	.....5
2. Analyse de conformité	.....6
2.1 <i>Commentaires généraux relatifs au document d'ÉACL</i>	.....6
2.1.1 <i>Format du document</i>	.....6
2.1.2 <i>Déséquilibre dans la présentation et le contenu de l'étude d'ÉACL</i>	.....6
2.1.3 <i>Manque de crédibilité scientifique</i>	.....7
2.1.4 <i>Définition du concept</i>	.....9
2.2 <i>Préoccupations éthiques, morales et... sémantiques</i>	...10
2.2.1 <i>Justification du projet</i>	...10
2.2.2 <i>Stockage permanent vs. Gestion des combustibles irradiés</i>	...13
2.2.3 <i>Réversibilité</i>	...13
2.3 <i>Planification stratégique et questions politiques</i>	...14
2.3.1 <i>Création d'une Agence canadienne de gestion des déchets radioactifs</i>	...14
2.3.2 <i>Implication des communautés à la prise de décisions</i>	...15
2.3.3 <i>Retombées économiques internationales</i>	...17
2.3.4 <i>Volontés politiques du Québec</i>	...17
2.3.5 <i>Difficulté d'évaluer l'impact du projet sur les tarifs d'électricité</i>	...18
2.3.6 <i>Externalités</i>	...19
2.4 <i>Aspects techniques</i>	...20
2.4.1 <i>Impact des radiations sur la santé humaine</i>	...20
2.4.2 <i>Possibilité de créer une zone de fracture</i>	...20
2.4.3 <i>Discussion insuffisante des effets couplés</i>	...21
2.4.4 <i>Approvisionnement en matériaux</i>	...22
2.4.5 <i>Validité des modèles informatiques</i>	...24
2.4.6 <i>Marquage du territoire</i>	...27
2.4.7 <i>Présence d'explosifs sur le site</i>	...27
3. Conclusion	...28
Annexe 1 Déclarations d'ÉACL exigeant d'être étayées ou quantifiées	...30
Annexe 2 Citations originales, traduites par l'auteur dans le texte	...35

Préface

Ce document présente l'analyse de conformité du Mouvement vert - Mauricie (MVM) de l'Évaluation d'impact environnemental effectuée par Énergie atomique du Canada limitée (ÉACL) concernant le concept de stockage permanent des déchets de combustible nucléaire du Canada. Le promoteur présentait en septembre 1994 son évaluation d'impact environnemental, suite à des directives émises par la Commission d'évaluation environnementale en 1992.

La seule centrale nucléaire en opération au Québec étant située dans la région administrative que couvre le MVM, il va de soi que notre organisation consacre une attention toute spéciale aux questions liées à la gestion des déchets produits par cette centrale. Dès les premières heures de la réflexion entourant le concept d'entreposage permanent, nous avons manifesté notre intention de participer au débat et avons dégagé les ressources nécessaires à cette fin. Le MVM a analysé la documentation d'ÉACL et d'Ontario Hydro afin d'offrir à la Commission le présent document. Le MVM entreprendra par la suite des activités de consultation et d'information auprès du public dans la région de Trois-Rivières - Gentilly.

Le premier chapitre offre une mise en contexte, abordant brièvement l'historique du débat entourant le stockage permanent des déchets nucléaires, les réserves de notre organisation face au processus présentement en cours, et les limites et paramètres du présent travail. Le second chapitre est l'analyse de conformité comme telle, incluant des commentaires généraux sur les documents présentés au public, ainsi que des omissions et imprécisions importantes affectant la crédibilité du document et sa conformité avec les directives de la Commission. Le troisième chapitre présente la conclusion du MVM quant à la conformité de l'Étude présentée par le promoteur.

Les références bibliographiques se trouvent toutes en bas de page, sauf pour les citations tirées de la documentation du promoteur ou de la Commission, qui sont présentées en italique sans référence spécifique. Plusieurs des citations ont été traduites par l'auteur afin de faciliter la diffusion du document. Les citations originales (en anglais) sont données en référence à l'Annexe 2.

1. Mise en contexte

1.1 Historique du concept d'enfouissement géologique

En 1992, 15% de l'électricité produite au Canada provenait des réacteurs nucléaires CANDU. Trois compagnies provinciales d'électricité, Ontario Hydro, Hydro-Québec et Énergie Nouveau-Brunswick, sont propriétaires de ces réacteurs et du combustible utilisé qui en est retiré¹.

Dans un réacteur, les réactions nucléaires qui se produisent à l'intérieur du combustible engendrent de la chaleur qui est utilisée pour générer de la vapeur afin d'entraîner les turbo-alternateurs qui produisent de l'électricité. Ces réactions entraînent la transmutation de certains atomes du combustible et finissent par rendre le combustible impropre à la production de chaleur dans le réacteur.

Lorsque le combustible utilisé est enlevé d'un réacteur, il est initialement entreposé sous l'eau. L'eau protège les personnes du rayonnement et dissipe la chaleur. Plus tard, ce combustible peut être transféré dans des installations de stockage à sec. La centrale nucléaire de Gentilly-2, notamment, sera bientôt dotée de silos permettant de stocker à sec les combustibles utilisés.

Le combustible irradié est sans doute l'une des substances les plus dangereuses au monde. Un individu qui resterait assis à un mètre d'une grappe de combustible venant d'être retiré d'un réacteur mourrait à l'intérieur d'une heure².

Les méthodes actuelles de stockage, bien que considérées comme sûres par ÉACL et la CCEA, nécessitent des contrôles institutionnels permanents comme des mesures de sécurité, de surveillance et d'entretien. Des installations de stockage permanent sont jugées nécessaires, éventuellement, pour que les déchets de combustible nucléaire puissent être gérés d'une manière qui ne fait pas dépendre la sûreté à long terme du contrôle institutionnel.

¹Adapté de **ÉACL**, *Résumé de l'Étude d'impact sur l'environnement concernant le concept de stockage permanent des déchets de combustible nucléaire du Canada*, septembre 1994, pp. 1-10.

²**Royal Commission on Electric Power Planning**, *A Race Against Time, Interim Report on Nuclear Power in Ontario*, 1978, p. 87.

En 1972, un comité constitué de représentants d'ÉACL, d'Ontario Hydro et d'Hydro-Québec a conclu que c'étaient les formations géologiques terrestres qui offraient les meilleures perspectives de stockage permanent des déchets de combustibles nucléaires au Canada. Cette conclusion allait être confirmée par de nombreux rapports, recommandant d'axer la recherche sur les formations plutoniques du Bouclier canadien, soit des couches géologiques parmi les plus stables sur terre.

En 1978, les gouvernements du Canada et de l'Ontario mettaient sur pied le Programme de gestion des déchets de combustible nucléaire. ÉACL, le principal promoteur de l'énergie nucléaire au Canada, a été mis en charge des activités de recherche et développement portant sur le stockage permanent dans un dépôt souterrain. Ontario Hydro prenait en charge les aspects du stockage intérimaire et du transport des combustibles irradiés. Les gouvernements faisaient fi de nombreuses recommandations qui leur étaient faites, dont celle de créer une Agence de gestion des combustibles irradiés indépendante d'ÉACL afin d'éviter les conflits d'intérêt³. L'entente Canada-Ontario venait aussi court-circuiter le travail de deux Commissions indépendantes qui menaient des audiences publiques dans le but de conseiller le gouvernement à ce sujet⁴.

Les recherches effectuées par ÉACL et Ontario Hydro, ainsi que la participation du public, ont permis d'identifier de nombreuses questions techniques et sociales, dont les effets majeurs ont été une augmentation importante du coût prévu du concept et l'imposition de délais importants. Ainsi, il était initialement prévu qu'un dépôt pourrait être construit dans le courant des années 1990, on parle maintenant d'entamer la construction du dépôt en 2018 au plus tôt.

En 1981, les gouvernements du Canada et de l'Ontario déclaraient que la sélection d'un site de stockage permanent ne sera pas entreprise tant que le concept n'aura pas été accepté. Les présentes démarches, entreprises par ÉACL, visent à obtenir du gouvernement l'approbation du concept proposé, avant d'entreprendre toute démarche d'identification d'un site pour le dépôt.

³**Select Committee on Ontario Hydro Affairs**, *Final Report on the Management of Nuclear Fuel Waste*, Juin 1980.

⁴**Royal Commission on Electric Power Planning**, 1978, et **Porter Commission**, 1978. La Commission Porter n'a d'ailleurs jamais remis son rapport, en signe de protestation.

1.2 Réserves du Mouvement vert - Mauricie quant au processus d'examen en cours

Le Mouvement vert - Mauricie tient à émettre ses réserves quant au processus d'examen de l'*Étude d'impact sur l'environnement concernant le concept de stockage permanent des déchets de combustible nucléaire du Canada*. Le processus nous semble en effet entaché de failles importantes qui nous font douter de la possibilité des groupes et individus d'être effectivement consultés et pris en compte dans le processus décisionnel.

Tout d'abord, la composition de la Commission est dominée par des personnalités ayant oeuvré plusieurs années dans l'industrie nucléaire, la nomination récente de M. Brown à la Commission vient renforcer ce déséquilibre.

Jean-Pierre Viger, un des "pères" du programme nucléaire français, présentement chercheur à l'Institut Poincaré à Paris, déclarait à Radio-Canada en 1990:

- *"Tout jugement qui vient de l'intérieur de ce que moi j'appelle l'Establishment nucléaire n'est pas forcément faux mais il est suspect et entaché de partialité. En d'autres termes, il y a une foule de gens, de scientifiques qui ont un intérêt matériel profond à ce que cette histoire continue et qui ne disent pas la vérité. (...) On est devant un phénomène qui a échappé au contrôle démocratique de l'opinion mondiale et qui est aux mains de groupes d'intérêt tout à fait structurés, tout à fait puissants."*⁵

Dans cette perspective, qui est partagée par un grand nombre de citoyens et de scientifiques, il est justifié de questionner l'impartialité de la Commission.

Par ailleurs, de nombreux participants au processus de consultation, dont le MVM, auraient aimé recevoir un soutien plus actif de la part du "*Scientific Review Group*", associé à la Commission. Aucune documentation, à notre connaissance, n'a été mise à la disposition des participants. La publication d'une bibliographie annotée sur le sujet de l'enfouissement géologique aurait été une contribution importante au travail des intervenants.

⁵Tel que cité dans **Mouvement vert - Mauricie**, *Mémoire présenté au BAPE concernant le projet de stockage à sec du combustible irradié de la centrale Gentilly-2*, 1994.

Le MVM considère qu'il est inacceptable que les documents de référence de base ("primary references") ne soient pas disponibles en français. La région 04 (Mauricie - Bois-Francs), dans laquelle est située la centrale nucléaire de Gentilly-2, est presque exclusivement francophone. L'inexistence de documents en français pose un obstacle à la participation des groupes de la région.

Le fait que ÉACL soit la propriété du Gouvernement du Canada cause aussi des préoccupations. Quelles sont les chances, advenant une recommandation mitigée de la Commission, que le Gouvernement du Canada n'offre pas son approbation au concept?

1.3 Paramètres et limites de ce travail

Le Mouvement vert - Mauricie (MVM) a réalisé le présent mémoire dans le but d'aider la Commission à juger de la conformité de l'évaluation d'impact environnemental effectuée par ÉACL sur le concept de stockage permanent des déchets nucléaires canadiens. Suite à ce travail d'analyse critique, le MVM organisera aussi dans la région de Trois-Rivières - Bécancour (Région 04 : Mauricie - Bois-Francs) de nombreuses activités d'information pour le public.

La plupart des critiques et suggestions présentées dans les sections suivantes s'appuient expressément sur les directives émises par la Commission en mars 1992. Le MVM offre à la Commission quelques remarques générales sur la présentation et la facilité de lecture du document, puis fait état de considérations essentielles non-abordées dans l'Évaluation d'impact environnemental: des préoccupations éthiques et morales, des questions de planification stratégique, et des clarifications sur certains aspects techniques. La qualité scientifique de l'information est critiquée. Des omissions et imprécisions sont soulignées, des informations supplémentaires ainsi qu'une réorganisation de l'information déjà présentée sont sollicitées.

2. Analyse de conformité

2.1 Commentaires généraux relatifs au document d'ÉACL

2.1.1 Format du document

L'évaluation d'impact environnemental d'ÉACL n'est pas construite sur la base du format proposé dans les directives de la Commission. Les documents de référence ont un rôle non seulement de soutien au document principal, mais sont nécessaires à la compréhension des impacts environnementaux et sociaux. Pour cette raison, et malgré le guide de référence à l'Annexe A du document principal de l'Étude, il est difficile de vérifier point par point la conformité du document avec les directives. L'enchaînement de chapîtres proposé par la Commission semble aussi plus logique; ainsi par exemple, il est préférable de discuter les différentes alternatives au concept *avant* de décrire l'option choisie.

Le MVM souhaiterait avoir accès à un document construit sur la base proposée par la Commission. Toutes les informations supplémentaires demandées ci-après devraient être intégrées à ce nouveau document. Ce document, ainsi que les références principales devraient être disponibles sur CD-ROM et/ou disquette afin de simplifier l'accès à l'information et le transport des documents. Il est impératif que tous les documents essentiels soient disponibles dans les deux langues officielles.

2.1.2 Déséquilibre dans la présentation et le contenu de l'étude d'ÉACL

Le document d'ÉACL nous est apparu beaucoup plus semblable à une étude de faisabilité qu'à une véritable évaluation d'impact environnemental. La description et l'évaluation de l'importance des impacts potentiels, qui devrait être à la base de l'étude, est trop brièvement résumée dans le document principal. Le lecteur doit nécessairement avoir accès aux documents de référence *R-preclosure* et *R-postclosure* (unilingues anglais) pour comprendre l'ensemble des impacts prévus du projet. Les matrices d'interaction, notamment, devraient faire partie du document principal.

Les directives de la Commission en ce qui touche l'évaluation des impacts n'ont pas été entièrement respectées. Les directives exigeaient:

- *"Le promoteur doit présenter et décrire, en détail, une stratégie globale et adaptable d'évaluation des impacts possibles de la réalisation du concept, du transport des déchets de combustibles nucléaires et du contenu de la voûte d'isolement. Il doit expliquer l'objectivité du processus de la stratégie, sa souplesse face aux nouvelles données (...):*
 - *la portée et l'importance du manque de connaissances et comment cela pourrait influencer sur les prévisions d'impact; (...)*
 - *l'identification des indicateurs importants employés pour évaluer les impacts éventuels; (...)*
 - *l'examen de l'accumulation des impacts de la réalisation du concept et d'autres activités humaines sans rapport avec la réalisation du concept (...)"*

Ni le document d'ÉACL, ni celui d'Ontario Hydro ne décrivent le plan de suivi environnemental qui devrait être mis en place pour quantifier les impacts réels et valider les prédictions. Aucune mention des impacts cumulatifs n'est faite. Ontario Hydro, au chapitre 10 du document R-Preclosure, décrit de façon théorique les principes devant mener à l'élaboration d'un plan de suivi environnemental, cependant l'application de ces principes au scénario de référence n'est pas faite dans les chapitres précédents. Le promoteur ne propose pas d'indicateurs permettant de suivre et mesurer les impacts écologiques et sociaux du projet.

2.1.3 Manque de crédibilité scientifique

ÉACL, tout au long du document, présente de nombreuses affirmations pour lesquelles aucune preuve ou référence n'est offerte. Ainsi, de nombreux énoncés semblent "aller de soi", mais lorsqu'on les observe de près, rien n'est moins évident et une explication scientifique prouvée serait nécessaire. Le MVM est notamment préoccupé par la quantité de références non encore publiées dans des revues arbitrées et le nombre de travaux en cours de préparation. L'incertitude scientifique semble encore bien grande, malgré les apparences de certitude du promoteur, qui n'a clairement pas respecté la consigne de la Commission:

- *"L'Évaluation d'impact environnemental doit identifier non seulement les aspects du concept qui sont bien compris, mais aussi les aspects dont on n'a actuellement qu'une compréhension partielle."*

Un haut niveau d'incertitude subsiste encore dans la communauté scientifique quant à la possibilité de modéliser la géosphère, comme en témoigne une compilation publiée en 1992, *Techniques for Determining Probabilities of Geologic Events and Processes*, ouvrage que le MVM recommande à ÉACL comme matériel de référence. L'ouvrage suggère:

- *"Les méthodes utilisées par les experts en gestion des déchets sont nombreuses (...) Ces méthodes vont de l'utilisation d'opinions d'experts, sans vérification, jusqu'à l'élaboration de calculs complexes, qui représentent les meilleures approximations disponibles à l'heure actuelle. Toutes les méthodes contiennent une importante composante subjective, influencée par l'expérience, le jugement ou les présomptions du chercheur; cette composante est parfois décrite explicitement, parfois non. Très peu d'applications sont basées sur des banques de données adéquates, et leurs conclusions sont suspectes."*⁶

[1] original en anglais à l'Annexe 2

ÉACL utilise souvent un langage approximatif, substituant à des valeurs mesurées et quantifiables, des jugements qualitatifs. Le MVM a tiré du texte, principalement du chapitre 4 qui décrit le concept d'enfouissement géologique, plusieurs affirmations qu'ÉACL devrait étayer et/ou quantifier avant de présenter le concept d'enfouissement géologique à la population canadienne. Certaines de ces affirmations sont présentées à l'Annexe 1. Il ne s'agit que d'exemples, une liste exhaustive serait trop longue. La Commission, dans ses directives, demandait:

- *"Il faut identifier la provenance de toutes les sources d'information et de toutes les données justificatives étayant ces analyses et évaluations."*

Le MVM aimerait que ÉACL quantifie et documente toutes les affirmations à caractère scientifique contenues dans le texte (par exemple toutes les affirmations à l'Annexe 1). Les références devraient être spécifiques, permettant une vérification facile de l'information. Ainsi,

⁶Edited by **Regina L. Hunter and C. John Mann**, *Techniques for Determining Probabilities of Geologic Events and Processes*, International Association for Mathematical Geology No. 4, Oxford University Press, 1992, p. 4.

les références devront inclure non seulement le nom de l'ouvrage cité mais aussi la page exacte où l'information se retrouve.

Afin de permettre au public d'évaluer la qualité des travaux de recherche effectués en soutien au concept, ÉACL devrait publier l'intégrale des jugements offerts à ÉACL par la communauté scientifique ("peer review").

La crédibilité d'ÉACL est sujette à questionnement. Son rôle de promoteur de l'énergie nucléaire au Canada le met en position de conflit d'intérêt. Pour cette raison, ÉACL devrait porter une attention toute particulière à la qualité de l'information scientifique présentée.

2.1.4 Définition du concept

Le document d'ÉACL contient un grand nombre d'informations techniques décrivant les différentes alternatives possibles pour le design d'un mode de stockage permanent des déchets de combustible nucléaire. Très peu de ces informations mènent à des engagements clairs sur ce que sera le concept. Il est difficile de distinguer ce qui fait fondamentalement partie du concept d'une part, de l'ensemble des recommandations et possibilités entourant l'application du concept d'autre part. Les items suivants, par exemple, ne sont pas décrits précisément:

- le type de déchets admissibles; si des déchets sont importés, s'agit-il du même concept?
- le matériau et l'épaisseur de l'enveloppe qui recouvrira les grappes; quelle est l'épaisseur minimale? la résistance minimale à la corrosion sans laquelle il s'agirait d'un concept différent?
- le nombre de dépôts; si le promoteur décide de construire deux dépôts (ou trois) au lieu d'un seul, s'agit-il d'un autre concept?
- si on ne ferme pas la voûte, afin d'effectuer un suivi prolongé sur plus de 100 ans post-fermeture, s'agit-il du même concept?
- les principes guidant l'implantation; est-il du recours d'ÉACL de décider comment s'implantera le concept?

Le MVM aimerait que le promoteur présente au public de façon claire l'essence du concept, les éléments inaltérables fondamentaux sans lesquels il s'agirait effectivement d'un autre concept. C'est sur cette base que doit porter la décision de la Commission, et non sur un

ensemble de souhaits qui ne relèvent pas du mandat du promoteur. ÉACL semble vouloir donner à l'organisation responsable éventuelle toute latitude de faire des modifications majeures après l'obtention des autorisations gouvernementales. Le MVM veut que le strict minimum du concept soit clairement distingué de ce qui lui est accessoire ou optionnel. Ce qui est accessoire devrait être soit enlevé du document, soit clairement identifié comme ne faisant pas "officiellement" partie du concept.

2.2 Préoccupations éthiques, morales et... sémantiques

2.2.1 Justification du projet

La Commission demandait spécifiquement à ÉACL de prendre en considération les diverses solutions de gestion à long terme du combustible irradié.

- *"La Commission considérera diverses approches pour la gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire actuellement entreposés dans les installations des réacteurs. Cela comprendra notamment le stockage à long terme avec possibilité d'intervention continue (surveillance, récupération et mesures correctives) et le passage de l'entreposage au stockage permanent."*

ÉACL n'explique pas pourquoi l'accumulation à moyen terme des déchets dans des modules de stockage intérimaire à proximité des centrales est inacceptable. Les risques posés par le stockage intérimaire sur une durée de 100 ou 150 ans n'ont pas été démontrés. ÉACL se contente de déclarer:

- *"...nous croyons que la diminution de l'activité du combustible utilisé en fonction du temps ne justifie pas le fait de retarder le stockage permanent puisque la diminution additionnelle de l'activité et de la chaleur produite serait faible."*

Le combustible irradié au moment de sa sortie du réacteur est hautement radioactif et donc très dangereux. Le risque qu'il représente pour la santé publique et l'environnement diminue considérablement durant les premières années de stockage (Tableau 1). Le projet prévoit le transport et l'enfouissement dans le bouclier canadien des combustibles agés de plus de 10

ans. Pour cette raison, le projet ne permet pas de réduire considérablement les conséquences d'une défaillance ou d'un accident grave dans le système de stockage intérimaire, qui continuera de contenir les combustibles les plus jeunes et demandera de toutes façon un suivi institutionnel important.

Les déchets nucléaires pourraient très bien être transportés au dépôt permanent au moment du déclasserement / démantèlement de la centrale, lorsque leur radioactivité serait moindre. Les opérations de déclasserement d'une centrale nucléaire peuvent s'échelonner sur une centaine d'années, entre l'arrêt de la production d'énergie et le démantèlement final des installations pour la remise en état du site. Un important contrôle institutionnel sera nécessaire de toute façon pour le suivi et la gestion de ces installations. Pourquoi la possibilité de garder les combustibles sur les sites des centrales n'a-t-elle pas été considérée par ÉACL? Une telle stratégie permettrait d'éviter la multiplication des sites et des institutions. Le MVM aimerait qu'ÉACL étudie la possibilité de garder les combustibles irradiés sur les sites des centrales jusqu'au déclasserement de celles-ci, et présente les avantages et inconvénients de cette approche par rapport à l'enfouissement des combustibles de 10 ans.

Tableau 1: *Radioactivité et dégagement de chaleur par tonne de combustible irradié (LWR)⁷*

Age du combustible (années)	Radioactivité (curies)	Dégagement de chaleur (watts)
À la sortie du réacteur	177 242 000	1 595 375
1	693 000	12 509
10	405 600	1 268
100	41 960	299
1 000	1 752	55
10 000	470	14

ÉACL justifie l'urgence du projet par plusieurs arguments sans preuve ni explication:

⁷Tiré de **Nicholas Lenssen**, *Nuclear Waste: The Problem That Won't Go Away*, Worldwatch Paper 106, 1991.

- *"Si un tel contrôle (institutionnel) cessait, on ne pourrait plus s'attendre à ce que les installations de stockage provisoire actuelles protègent la santé humaine et le milieu naturel."*
- *"**Nous croyons** que si la génération actuelle retarde la sélection d'un site d'installation de stockage permanent afin d'attendre des progrès techniques, même si elle dispose des capacités techniques qui permettent de réaliser une installation de stockage permanent qui soit sûre, elle ne doit pas s'attendre à ce que les générations futures prennent une décision différente; le concept de stockage permanent pourrait donc ne jamais être mis en oeuvre."*
- *"**Selon nous**, une société ne prévoirait pas assez tôt l'effondrement de son contrôle institutionnel pour pouvoir sélectionner un site, construire une installation de stockage permanent de déchets de combustible nucléaire, exploiter celle-ci, la déclasser et la fermer."*
- *"Par conséquent, si l'étape de sélection d'un site était retardée, il y aurait **grand risque** de perdre une **bonne partie** de la technique du stockage permanent."*
- *"...**nous croyons** que la possibilité que l'on puisse à l'avenir décider de recycler le combustible usé ne constitue pas une raison valable pour retarder la sélection d'un site d'installation de stockage permanent."*

Le MVM aimerait qu'ÉACL étaye ces affirmations, qui sont présentées comme des évidences dignes de foi. Quel risque représente le mode de stockage actuel en l'absence de contrôles institutionnels? En étant pessimiste, quels événements pourraient affecter la stabilité des contrôles institutionnels actuels dans le prochain siècle? Pourquoi est-il invraisemblable que des technologies émergent, ou soient validées, dans les prochaines décennies, avec l'effet de raffermir la confiance des canadiens face à l'enfouissement géologique? Combien coûterait (en termes de technologies perdues) une remise à plus tard de l'implantation du projet? Il est nécessaire qu'ÉACL démontre la nécessité et la pertinence du projet de manière autrement plus rigoureuse.

2.2.2 Stockage permanent vs. Gestion des combustibles irradiés

ÉACL demande au Gouvernement d'approuver un concept de *stockage permanent* des combustibles irradiés. L'utilisation du terme *stockage permanent* implique la possibilité prouvée de pouvoir boucher le trou et oublier la localisation du dépôt une fois le site fermé. Le terme anglais "*disposal*" est encore plus clair en ce sens. Le mot *gestion*, par contre, engage une responsabilité permanente de vigilance vis-à-vis des déchets produits. Il semble qu'à plusieurs égards il y ait confusion entre les deux, notamment dans le glossaire de l'évaluation d'impact, où le stockage permanent est considérée comme un mode de gestion, alors qu'il s'agit justement d'éliminer le besoin de gestion. Si la Commission approuve un concept de *stockage permanent*, la sécurité absolue du concept sur plusieurs dizaines de milliers d'années doit être **prouvée hors de tout doute**. S'il s'agit d'un mode de gestion à long terme, son efficacité doit être mesurée en comparaison à d'autres modes de gestion sur la base de critères de sécurité, mais aussi de flexibilité et d'efficacité institutionnelle.

2.2.3 Réversibilité

Bien que la préférence d'ÉACL et de la CCÉA pour un mode de gestion indépendant de tout contrôle institutionnel soit clairement énoncée, il n'est pas démontré que ce choix soit *de facto* un besoin. La décision, aux Pays-Bas, d'opter pour un système de stockage parfaitement réversible et adaptable témoigne du fait que l'option proposée par ÉACL n'est pas la seule. Le public ontarien, consulté par Ontario Hydro, a d'ailleurs exprimé le souhait que les déchets nucléaires demeurent facilement accessibles⁸. Le MVM aimerait qu'ÉACL explique comment la décision d'opter pour un enfouissement pratiquement irréversible a été prise. L'étude ne contient que des références à des études, des directives et des rapports de Commissions, qui ne sauraient tenir lieu de justification.

La directive 3.3 de la Commission n'a pas été abordée par le promoteur:

- *"L'Étude d'impact environnemental doit exposer les plans et procédures qui seraient nécessaires, en cas d'urgence ou d'autre situation, pour récupérer les déchets de combustible nucléaire d'une voûte d'isolement scellée et déclassée. Cet examen doit*

⁸Ontario Hydro, *The disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste: Preclosure Assessment of a Conceptual System*, R-preclosure, 1994, Annexe 1.

inclure des estimations du coût d'une telle opération ainsi qu'une considération de la façon dont cette récupération peut être facilitée dans les plans du concept proposé."

ÉACL écarte ces préoccupations du revers de la main en déclarant:

- *"Le concept de stockage permanent proposé ne comporte pas de dispositions particulières pour la récupération post-fermeture et elle ne comporte pas non plus de dispositions pour l'empêchement de la récupération. Nous estimons que la responsabilité d'une intrusion humaine délibérée devrait incomber à la société qui en est à l'origine, et nous n'analysons pas ses effets possibles."*

Le besoin de retirer le combustible du lieu de stockage permanent pourrait survenir suite à un accident ou en réponse à des fuites détectées. Il est aussi possible que les ressources enfouies (cuivre, titane, plutonium...) soient convoitées par des générations futures pour des utilisations civiles ou militaires. C'est là une des principales préoccupations du public, que n'aborde pas le promoteur. Dans la perspective d'un problème grave impliquant une contamination radioactive des voûtes, comment serait-il possible de retirer les combustibles irradiés et décontaminer le site? Assumant un fonctionnement normal du concept, comment et jusqu'à quand serait-il possible d'extraire le plutonium des voûtes pour un retraitement ou pour toute autre utilisation civile ou militaire?

2.3 Planification stratégique et questions politiques

2.3.1 Création d'une Agence canadienne de gestion des déchets radioactifs

En juin 1980, le "Select Committee on Ontario Hydro Affairs" recommandait la création, dans les plus brefs délais, d'une agence responsable de la gestion des déchets radioactifs produits en Ontario⁹. Trois ans plus tôt, la Commission Hare offrait la même recommandation au Gouvernement canadien. Le Worldwatch Institute constate d'ailleurs:

⁹Select Committee on Ontario Hydro Affairs, *Final Report on the Management of Nuclear Fuel Waste*, 1980.

- *"La formation d'organismes autonomes et responsables pour la gestion des déchets de combustible nucléaire contribuerait grandement à rétablir la confiance du public."¹⁰*

[2] original en anglais à l'Annexe 2

Le MVM s'explique mal l'inaction des différents gouvernements durant les 15 dernières années. Le résultat de cette inaction est qu'ÉACL présente pour approbation un concept sans être officiellement responsable de son implantation. La présence d'ÉACL devant la Commission pose donc des problèmes de responsabilité.

Quelle responsabilité l'Agence éventuelle aura-t-elle vis-à-vis d'ÉACL et du processus d'audiences présentement en cours? L'Agence pourra-t-elle faire des modifications au concept ou au processus d'implantation du concept? Quelle responsabilité auront ÉACL et Ontario Hydro, qui ont développé le concept, en termes de transfert de technologie et d'actifs? Comment sera financée la nouvelle Agence? Est-il possible qu'ÉACL demeure le maître d'oeuvre du projet? Le MVM aimerait que le Gouvernement canadien ou la Commission clarifie ces questions, dont pourrait dépendre la confiance de la population face au concept proposé.

2.3.2 Implication des communautés à la prise de décisions

À la section 3.4.2, ÉACL **propose** un ensemble de principes sur lesquels devrait se baser l'implantation d'un site de stockage permanent.

- *"...dans le cadre de la description de la mise en oeuvre du concept, nous indiquons comment ÉACL **propose** que l'on procède à cette mise en oeuvre."*

L'un de ces principes est le volontariat, sur la base duquel ÉACL recommande qu'aucune communauté ne soit contrainte de recevoir le site de stockage permanent sur son territoire. Un autre principe est le partage du pouvoir décisionnel avec les instances locales. Ontario Hydro, dans l'élaboration de son scénario de référence, prend pour acquis que ces principes seraient respectés. Historiquement, il est commun de voir ce genre d'engagement flou s'effacer dans le feu de l'action politique, face à d'autres préoccupations.

¹⁰Nicholas Lenssen, *Nuclear Waste: The Problem That Won't Go Away*, Worldwatch Paper 106, 1991.

En 1978, l'Hon. Reuben Baetz, Ministre de l'Énergie de l'Ontario, déclarait:

- *"Le site du dépôt de déchets de combustible nucléaire ne sera pas imposé à une communauté sans consultation et accord préalable."*

[3] original en anglais à l'Annexe 2

Déjà en 1979, le ton changeait:

- *"La choix de l'endroit où construire le dépôt permanent prendra en compte les souhaits de la communauté tels qu'exprimés par leurs représentants élus."*

[4] original en anglais à l'Annexe 2

En 1980, le "Deputy Minister" de l'Énergie de l'Ontario définissait le consentement d'une communauté comme suit:

- *"Consentement veut dire n'importe quoi qui soit approprié au moment où la décision doit être prise."*

[5] original en anglais à l'Annexe 2

L'Hon. Robert Welch, Ministre de l'Énergie, confirmait:

- *"Je ne suis au courant d'aucune décision qui incorpore un droit de veto."*

[6] original en anglais à l'Annexe 2

En 1980, le "Select Committee on Ontario Hydro Affairs" concluait donc que la responsabilité de décider d'un site de stockage permanent pour les déchets nucléaires reviendrait au seul Gouvernement fédéral¹¹.

Le MVM est préoccupé par ces précédents. L'évaluation d'impact du concept ne contient aucun engagement spécifique, au delà des principes recommandés. La définition du processus de consultation et d'approbation par les autorités locales est laissée à plus tard. Le MVM voudrait qu'ÉACL précise si les principes qu'elle recommande sont inhérents au concept, ou simplement complémentaires. Si les principes de volontarisme et de participation

¹¹ **Select Committee on Ontario Hydro Affairs, Final Report on the Management of Nuclear Fuel Waste**, Juin 1980.

aux décisions sont indissociables du concept de stockage proposé, ils méritent d'être définis plus clairement et énoncés sous forme d'engagements clairs envers les communautés visées pour la localisation du site et le long des corridors de transport des déchets radioactifs. Si, par contre, ces principes sont accessoires au concept et représentent les souhaits d'ÉACL par rapport à l'implantation du projet, il faudrait le dire clairement ou les retirer du document afin d'éviter tout malentendu.

2.3.3 Perspectives économiques et politiques internationales

ÉACL a déjà fait plusieurs déclarations publiques appuyant l'idée d'importer des déchets nucléaires en provenance d'autres pays. L'évaluation d'impact environnemental ne mentionne cependant aucun scénario impliquant l'importation de combustibles irradiés. Est-ce que le concept proposé par ÉACL permet le stockage de déchets nucléaires sous une forme différente de celle des déchets radioactifs canadiens ou de liquides de retraitement vitrifiés? Est-ce qu'ÉACL exclut la possibilité d'importer des combustibles irradiés? Existe-t-il un marché international pour un dépôt permanent de déchets nucléaires? Est-ce un marché rentable?

ÉACL compte beaucoup sur la vente des réacteurs CANDU pour relancer ses activités. La technologie d'enfouissement développée pourrait-elle représenter un autre débouché pour les services d'ÉACL? Le MVM aimerait qu'ÉACL clarifie sa position face à l'importation de matériel nucléaire en provenance de l'étranger.

L'Accord de libre-échange nord-américain pourrait-il invalider les volontés politiques des provinces ou du gouvernement fédéral, et permettre à une Agence de gestion des déchets nucléaires d'importer des combustibles irradiés des États-Unis? Le MVM considère que ces considérations sont absolument nécessaires afin de comprendre toutes les implications du concept.

2.3.4 Volontés politiques du Québec

Le Québec produit une partie des déchets nucléaires canadiens à la centrale de Gentilly-2. Le gouvernement provincial a cependant adopté une résolution visant à interdire le stockage permanent de déchets radioactifs sur son territoire ou à proximité de ses frontières.

Comment l'organisme responsable de l'implantation du dépôt sera-t-il lié à de telles dispositions légales venant du Québec ou d'autres provinces (dont aussi le Manitoba)? Dans l'éventualité de la souveraineté du Québec, l'accessibilité du dépôt permanent pour les combustibles irradiés de Gentilly-2 risque-t-il d'être remis en question?

Le transport des combustibles irradiés provenant du Nouveau-Brunswick passera fort probablement par le Québec. L'accord du Québec pour un tel transport sur une période de 50-80 ans est-il pris pour acquis? Des dispositions internationales obligeraient-elles le Québec à permettre le passage du matériel nucléaire?

Le MVM aimerait que le promoteur fasse une description détaillée de toutes les embûches légales ou politiques qui pourraient poser obstacle au projet, ainsi que des solutions et alternatives possibles afin d'éviter les embourbements.

2.3.5 Difficulté d'évaluer l'impact du projet sur les tarifs d'électricité

ÉACL présente plusieurs estimés du coût possible du projet. Il est cependant fort difficile pour le grand public de comprendre l'importance et la signification de ces valeurs monétaires d'un ordre de grandeur peu commun. Autant que possible, et notamment dans la section 6.5, le coût du projet devrait être aussi présenté en ¢ / kWh, et comparé aux autres coûts liés au cycle nucléaire: extraction, transport, recherche et développement, production, stockage intérimaire, externalités...

ÉACL note que les compagnies productrices d'électricité nucléaire incorporent déjà le coût du stockage permanent à leurs tarifs actuels. Ontario Hydro reconnaît cependant que l'argent retenu n'a pas été mis de côté spécifiquement pour la gestion des combustibles irradiés¹². Existe-t-il un fonds spécifique de stockage permanent? À combien s'élève la mise de côté pour chacune des trois compagnies d'électricité? Cet argent est-il facilement disponible? Une contrepartie gouvernementale sera-t-elle nécessaire?

¹²**MacNeil/Runnel report; Ontario Energy Board HR22 rec 4.4, interrogatory 4c.15.6.**

2.3.6 Externalités

ÉACL ne propose aucune tentative de calcul des externalités du projet, malgré les directives en ce sens émises par la Commission:

- *"L'Évaluation d'impact environnemental doit également traiter, au moins en termes généraux, la question des coûts externes associés au concept, y compris les coûts mesurables qui incomberaient aux municipalités et aux autres niveaux d'administration, et dans quelle mesure ces coûts externes seraient contrebalancés par une réduction des risques, et donc des coûts sociaux afférents."*

De nombreux ouvrages et articles ont pourtant été publiés, permettant d'offrir des estimés de valeurs numériques pour les externalités du cycle de production d'énergie nucléaire.

Notamment:

- Pace University Center for Environmental Legal Studies, *Environmental Costs of Electricity*, 1991;
- Shuman & Cavanagh, *Environmental Costs*, 1982;
- Hohmeyer, *Social Costs of Energy Consumption*, 1988;
- Chernick & al, *Environmental Externality Values for Use in Ontario Hydro's Resource Planning*, 1992.

Le promoteur devrait élaborer une méthodologie pour évaluer les externalités spécifiques à son concept et offrir un ou des estimés, qui devraient inclure:

- les coûts causés par les cancers supplémentaires et autres maladies et blessures non-mortelles, incluant le stress;
- les coûts liés à la préparation des mesures d'urgence;
- le risque d'accident grave, durant le transport ou dans les voûtes;
- les coûts causés par le grèvement permanent du terrain utilisé (lost opportunity);
- les coûts liés au risque de prolifération nucléaire;
- les coûts de consultation du public et les dépenses supplémentaires transférées au gouvernement fédéral;
- l'impact de l'utilisation de combustibles fossiles et d'autres ressources non-renouvelables;
- etc...

2.4 Aspects techniques

2.4.1 Impact des radiations sur la santé humaine

La description qu'offre ÉACL des effets sur la santé humaine des radiations ionisantes laisse beaucoup à désirer. ÉACL ne décrit pas les différents effets des différents produits de fission et d'activation contenus dans une grappe de combustible. Chaque produit a son propre cheminement préférentiel, sa voie d'accès dans le corps humain, et cause un effet différent des autres produits. ÉACL limite son analyse de la radiotoxicité aux probabilités de cancer fatal et d'effet génétique sérieux suivant l'ingestion d'un gramme de combustible irradié.

Le MVM aimerait que les impacts des radiations sur la santé humaine soient décrits avec précision, de façon à expliquer et justifier le besoin d'enfouir les combustibles irradiés 500 m dans le roc. Le MVM aimerait notamment connaître les probabilités de souffrir de cancers mortels, mais aussi de toute autre anomalie non-mortelle possible, suite à l'exposition, l'injection ou l'inhalation de différentes quantités de combustibles irradiés en fonction de l'âge des combustibles. Un ensemble de scénarios, probables ou improbables, permettant d'expliquer certains niveaux d'exposition anormaux, devrait être élaboré.

Les effets biologiques des éléments chimiquement toxiques, décrits à la section 2.1.9, sont insuffisants et ne permettent pas d'évaluer le danger des produits chimiques contenus dans le combustible irradié.

2.4.2 Possibilité de créer une zone de fracture

ÉACL présente les caractéristiques du bouclier canadien qui sont favorables à l'implantation du dépôt permanent pour les déchets nucléaires canadiens. Parmi ces caractéristiques sont une activité sismique limitée. Il est cependant souligné que la grande résistance ("strength") des massifs rocheux permet une très forte accumulation de stress dans la roche. Ce stress se résorbe périodiquement durant les tremblements de terre par des déplacements de la roche le long des failles naturelles (zones de fracture).

L'excavation de la roche pour créer un réseau de voûtes ne risque-t-elle pas de créer, artificiellement, une zone de fracture dans la roche? La roche affaiblie par l'excavation serait plus susceptible à la rupture, créant une nouvelle faille. Serait-il possible qu'un séisme éventuel utilise le réseau de tunnels excavés comme "chemin préférentiel"? Comment est-il possible, sans affaiblir la roche, de s'assurer qu'aucune fracture se trouve à proximité du dépôt?

- *"Trois questions importantes demeurent quant aux possibles effets néfastes dûs aux contraintes thermo-mécaniques: (1) quelle est la probabilité d'une zone de fracture non-détectée; (2) quelle est la probabilité qu'une nouvelle fracture se développe étant donné l'état de la roche en termes de stress et de propriétés mécaniques; (3) quelles sont les conséquences sur une voûte d'isolement si une fracture est présente ou se développe? Des perturbations dans la distribution du stress dans la roche peuvent causer un mouvement le long d'une fracture qui serait autrement restée inactive. La construction d'une voûte souterraine est susceptible de causer de telles perturbations."*¹³

[7] original en anglais à l'Annexe 2

Le promoteur se contente de déclarer, sans offrir ni preuves ni références:

- **"Nous ne nous attendrions pas** à ce qu'il y ait de nouvelles failles qui puissent couper l'installation souterraine et créer de nouvelles voies importantes de migration associées au déplacement le long des failles ou que des zones de fracture existantes coupent les chambres de stockage permanent et créent de nouvelles voies de migration près des chambres."

2.4.3 Discussion insuffisante des effets couplés

Dans la section 4.4.1, le promoteur décrit quelques uns des facteurs pertinents à la construction d'une voûte souterraine, dont le régime hydrologique et les contraintes thermiques. ÉACL ne discute pas des couplages entre différents effets, qui pourraient avoir un impact important sur la stabilité de la voûte.

¹³Edited by **Regina L. Hunter and C. John Mann**, *Techniques for Determining Probabilities of Geologic Events and Processes*, International Association for Mathematical Geology No. 4, Oxford University Press, 1992, pp. 22-23.

- *"Plusieurs couplages entre les procédés thermiques, mécaniques, hydrologiques et chimiques sont concevables. Tous ces couplages ne sont pas d'une importance égale, et certains peuvent dominer certaines phases de la vie d'un dépôt souterrain. Les couplages thermomécaniques, thermohydrologiques, thermohydromécaniques et thermochimiques sont considérés comme les plus significatifs"*¹⁴

[8] original en anglais à l'Annexe 2

Le promoteur ne donne aucune explication des effets thermiques (par exemple le soulèvement de la roche dû à la chaleur, le pouls thermique), ÉACL se contente de déclarer que l'espacement des contenants dans la voûte permettra de respecter la contrainte thermique. Le MVM voudrait que le promoteur décrive les effets des différents couplages dans le concept proposé, ou dans le scénario de référence. Cette discussion devrait prendre en compte toutes les possibilités d'effets couplés significatifs et leur impact sur les différentes composantes du concept, notamment l'enveloppe de cuivre ou de titane, la couche de bentonite et la formation rocheuse.

Le MVM note également que l'effet de l'activité microbienne sur le rythme de corrosion de l'enveloppe n'est pas abordé, malgré la directive de la Commission requérant spécifiquement que les impacts de l'activité microbienne soient pris en compte.

- *"...les taux éventuels (gammes et incertitudes) de corrosion microbienne du conteneur d'évacuation, y compris l'influence de l'apport thermique, des eaux souterraines salines ainsi que de la radiolyse et des émanations de gaz."*

2.4.4 Approvisionnement en matériaux

ÉACL calcule que:

- *"La fabrication d'un nombre suffisant de conteneurs en cuivre de 25 mm d'épaisseur pour stocker de façon permanente environ 250 000 grappes de combustible usé par an nécessiterait environ 1% de la production de cuivre raffiné au Canada."*

¹⁴Edited by **Regina L. Hunter and C. John Mann**, *Techniques for Determining Probabilities of Geologic Events and Processes*, International Association for Mathematical Geology No. 4, Oxford University Press, 1992, p. 24.

- *"La fabrication d'un nombre suffisant de conteneurs en titane de 6,35 mm d'épaisseur pour stocker de façon permanente environ 250 000 grappes de combustible usé par an nécessiterait environ 2,25% de la production de titane des États-Unis en 1988."*

Ces pourcentages laissent présager un impact important pour les industries minières concernées. De vastes quantités de ciment, de bitume, de sable, de gravier, d'acier, de silice, de bentonite et d'argile seront aussi nécessaires. L'extraction et la transformation de ces matières premières cause des impacts environnementaux importants. La fourniture de matière première est un impact direct de toute activité industrielle ou commerciale. L'examen des impacts du projet doit inclure tout le cycle de vie, incluant la production des matières premières.

Les restaurants McDonalds ont essuyé les foudres des écologistes pour les pratiques d'élevage de leurs fournisseurs et ont répondu à ces critiques par une politique d'approvisionnement qui tient compte de leurs responsabilités en tant qu'acheteurs de matières premières. De même, ÉACL devrait décrire en détail les impacts de la fourniture de matières premières pour le projet d'enfouissement géologique, et les moyens permettant de mitiger ces impacts (politique d'approvisionnement).

Le MVM aimerait notamment savoir:

- De nouvelles mines, de cuivre ou de titane, devront-elles être ouvertes, ou d'anciennes mines agrandies?
- De nouvelles sablières, gravières ou sites d'extraction d'argile ou de bentonite devront-ils être ouverts, ou d'anciens sites agrandis?
- De nouvelles installations de transformation devront-elles être établies?
- Où se retrouveraient vraisemblablement ces installations?
- Quels sont, de manière générique mais quantifiée, les impacts des différentes installations: qualité et quantité des eaux usées, des déchets solides ou dangereux et des rejets atmosphériques, pour chaque unité produite? Quelle surface occupent ces installations? Donner des exemples tirés du contexte canadien.
- Comment ces quantités varieraient-elles en fonction de l'épaisseur des enveloppes pour le combustible, par exemple si le promoteur décidait d'utiliser une enveloppe de 50 mm de cuivre, tel que proposé dans le concept suédois?

2.4.5 Validité des modèles informatiques

Le document "Safety Principles and Technical Criteria for Underground Disposal of High-Level Radioactive Wastes" de l'Association internationale de l'énergie atomique (IAEA) contient la recommandation suivante:

- *"Pour qu'un concept de stockage permanent soit acceptable, le respect des objectifs de sécurité radiologique doit être démontré à l'aide d'évaluations de sécurité basées sur des modèles informatiques préalablement validés, autant que possible."*¹⁵

[9] original en anglais à l'Annexe 2

La validation est décrite comme suit:

"La validation est une très ancienne tradition scientifique. Elle remonte au moins à l'époque de Galilée, bien qu'à l'époque on la nommait par un autre nom. Galilée, après avoir émis une hypothèse concernant le comportement d'un phénomène naturel, testait son hypothèse en faisant des prédictions applicables au phénomène, pour par la suite montrer que ses prédictions étaient justes.

Aujourd'hui, au lieu de parler d'hypothèses, on parle de modèles, c'est à dire une simplification de la réalité et de son évolution dans le temps, basée sur des connaissances scientifiques acceptées. Au lieu de tester des hypothèses, nous validons nos modèles, mais le concept de base est le même: il s'agit de démontrer que nous connaissons bien le phénomène que nous tentons de décrire. Nous comprenons bien nos modèles, puisque nous les créons; ce qu'il nous faut démontrer c'est que nous comprenons les phénomènes qui inspirent nos modèles.

La validation se définit comme le test d'un modèle dans le monde réel. Généralement, on procède en trois étapes (bien que la première étape ne soit pas à strictement parler de la validation):

- *concevoir un modèle qui, au meilleur de nos connaissances, représente le comportement d'un système qui nous intéresse;*

¹⁵IAEA, Safety Standard "Safety Principles and Technical Criteria for Underground Disposal of High-Level Radioactive Wastes", SS 99, Vienne, 1989.

- *utiliser le modèle pour prévoir des quantités qu'il sera possible d'observer et de mesurer dans le système donné ou un système similaire;*
- *vérifier que les prévisions sont justes."*¹⁶

[10] original en anglais à l'Annexe 2

Ontario Hydro, dans le document *R-preclosure* à la section 1.6.3.3, décrit le processus de validation des modèles informatiques utilisés. La validation se fait en quatre étapes:

- *"vérifier que la programmation du code informatique est une représentation adéquate de la théorie à l'étude;*
- *décomposer le code en sous-groupes fonctionnels et examiner l'algorithme en détail; vérifier, à l'aide de calculs à la main ou grâce à d'autres outils informatiques, que le code est une traduction correcte des modèles mathématiques décrits dans le manuel théorique; tester la robustesse du code;*
- *effectuer et documenter un calcul à la main complet en utilisant des données simplifiées mais raisonnables; comparer ces valeurs aux résultats du programme informatique; et*
- *identifier les parties de l'algorithme qui permettront une validation avec des données environnementales indépendantes."*

[11] original en anglais à l'Annexe 2

Sur la base de la discussion présentée précédemment, il semble que les modèles utilisés par le promoteur ne sont pas véritablement validés, mais plutôt corrigés afin d'éviter les erreurs de calcul. On devrait plus exactement dire que les algorithmes ont été "débuggés" ("debugged"). Seul le quatrième point mentionne la validation du modèle, bien qu'il ne s'agisse pas de tester le modèle mais seulement d'identifier des portions de l'algorithme pouvant être validées.

- *"Si un modèle est un réseau de sous-modèles déjà suffisamment validés, il reste encore à valider l'interaction entre ces sous-modèles."*¹⁷

[12] original en anglais à l'Annexe 2

¹⁶**Swedish Nuclear Power Inspectorate, Swiss Nuclear Safety Inspectorate & Swedish Radiation Protection Institute, Regulatory Guidance for Radioactive Waste Disposal - An Advisory Document**, SKI Technical Report 90:15, 1990, pp 25-26.

¹⁷**Swedish Nuclear Power Inspectorate, Swiss Nuclear Safety Inspectorate & Swedish Radiation Protection Institute, Regulatory Guidance for Radioactive Waste Disposal - An Advisory Document**, SKI Technical Report 90:15, 1990, p. 29.

Le MVM aimerait que le promoteur présente clairement les hypothèses utilisées dans l'élaboration des modèles, et identifie les composantes pouvant être considérées comme validées. Un plan d'expériences sur le terrain, servant à valider les modèles développés, devrait aussi être présenté.

Le promoteur devrait en outre faire la preuve que son approche, basée sur l'utilisation de données générées par des distributions de probabilités est acceptable pour application géologique.

- *"L'utilisation d'une méthode axiomatique, probabiliste ou d'un modèle présume implicitement qu'une partie de l'événement ou du procédé est aléatoire. Les événements et procédés géologiques, en majorité, ne sont pas aléatoires. Ils se distinguent de phénomènes aléatoires de deux façons. Premièrement, les phénomènes géologiques se répètent rarement dans des circonstances identiques. Donc, les phénomènes géologiques peuvent rarement (peut-être jamais) constituer une séquence infiniment longue d'où l'on peut tirer des probabilités théoriquement correctes. Deuxièmement, la plupart des scientifiques seraient d'accord que plusieurs événements géologiques sont en fait des phénomènes déterministes."*¹⁸

[13] original en anglais à l'Annexe 2

Le MVM considère ces informations comme d'une importance capitale. En effet, il est impossible de juger de la sécurité du concept sans pouvoir s'assurer de la validité des modèles utilisés par le promoteur. Il semble possible que les systèmes géologiques réagissent de manière chaotique, c'est-à-dire que des minces variations dans les conditions initiales ou les paramètres naturels tels la porosité et le régime hydrographique entraîneraient d'importantes différences dans les réponses du système, dans lequel cas tout effort de modélisation à long terme exigerait une connaissance poussée du système naturel sous étude, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle.

¹⁸Edited by **Regina L. Hunter and C. John Mann**, *Techniques for Determining Probabilities of Geologic Events and Processes*, International Association for Mathematical Geology No. 4, Oxford University Press, 1992, pp. 10-11.

2.4.6 Marquage du territoire

ÉACL aborde très sommairement la question du marquage du territoire suite à la fermeture du site. Existe-t-il, à l'heure actuelle, des technologies connues permettant de marquer un territoire pour une durée de plusieurs dizaines de milliers d'années?

2.4.7 Présence d'explosifs sur le site

Le promoteur prévoit poursuivre l'excavation, utilisant vraisemblablement la technique "drill and blast", durant la phase d'opération du dépôt sous-terrain. Aucun plan de gestion des explosifs n'est présenté, et le plan du site ne montre pas de dépôt spécifiquement dédié au stockage des explosifs. Comment le promoteur prévoit-il assurer la sécurité du combustible irradié en présence d'explosifs sur le site? Quels types d'accidents (incluant les erreurs humaines et les actes criminels) pourraient survenir, impliquant des explosifs et des déchets de combustibles nucléaire? Quelles mesures de mitigation permettent de minimiser ces risques? Quelles mesures d'urgence seraient nécessaire pour répondre à une explosion dans les voûtes, ou à proximité des modules de stockage de surface?

3. Conclusion

L'Étude d'impact sur l'environnement concernant le concept de stockage permanent des déchets de combustible nucléaire du Canada, bien qu'elle contienne un grand nombre d'informations utiles à la compréhension du concept, ne répond ni aux attentes du MVM, ni à toutes les directives de la Commission.

Pour ce qui est du "contenant", l'Étude est présentée dans un format différent de celui spécifié dans les directives, ce qui nuit à la tâche d'analyser la conformité du document. De nombreux documents essentiels ne sont pas disponibles en français. De plus le volume important de l'ensemble de l'étude justifierait qu'elle soit rendue disponible sur disquette ou CD-ROM.

Mais c'est au niveau du "contenu" que le MVM émet les réserves les plus importantes:

- L'étude des impacts du projet à proprement parler n'est pas suffisamment détaillée dans le document principal et un plan de suivi environnemental n'est pas offert, malgré des directives très précises en ce sens.
- Des modes de gestion alternatifs permettant de réduire considérablement les risques et l'incertitude ne sont pas abordés, remettant en question la justification du projet. ÉACL, notamment, ne discute pas la possibilité de garder les combustibles en stockage intérimaire jusqu'au déclassement des centrales.
- Une frontière floue semble séparer les éléments essentiels du concept, de l'ensemble des recommandations et alternatives entourant son implantation, ce qui empêche au lecteur d'avoir une idée claire de ce qu'est, minimalement, le concept. Notamment, le processus d'implantation du concept ne présente que les souhaits d'ÉACL sans engagement précis qui feraient de ce processus une composante essentielle du concept.
- L'utilisation d'un langage technique approximatif et la difficulté de présenter des références fiables et arbitrées par le milieu scientifique minent la crédibilité de la recherche fondamentale d'ÉACL.

Nombre de questions dont l'importance est fondamentale à l'acceptabilité du concept ne sont pas du tout abordées par le promoteur. Notamment:

- le rôle et les pouvoirs d'une éventuelle Agence canadienne de gestion des déchets nucléaires, ainsi que sa responsabilité de suivre les recommandations de la Commission;
- la possibilité d'importer des déchets nucléaires en provenance d'autres pays;
- l'impact de l'ALENA sur la mobilité des déchets nucléaires en Amérique du Nord;
- les volontés des provinces et la légalité des législations provinciales restreignant l'établissement de sites de stockage permanent de combustibles irradiés; et
- la valeur des externalités du concept.

Plusieurs aspects techniques fondamentaux sont insuffisamment couverts et n'offrent pas au lecteur toute l'information requise:

- l'impact des radiations sur la santé humaine et les écosystèmes;
- la possibilité de créer une zone de fracture dans le roc;
- l'importance des couplages thermique - mécanique - hydrologique - biologique;
- l'approvisionnement en matières premières;
- la validité des modèles informatiques utilisés;
- les risques et mesures de sécurité entourant l'utilisation d'explosifs sur le site; et
- l'importance et la faisabilité du marquage du territoire à long terme.

Le MVM considère qu'il est du devoir de la Commission de demander au promoteur de réorganiser et de compléter l'information afin de faciliter le travail des groupes impliqués dans cet exercice de consultation. La Commission devrait de plus intervenir auprès du Gouvernement fédéral pour qu'il clarifie les responsabilités qui lui incomberaient dans le cadre du concept.

ANNEXE 1

Exemples de déclarations d'ÉACL exigeant d'être étayées ou quantifiées

*Le combustible usé contient également plusieurs éléments chimiques toxiques en **quantités suffisantes** pour qu'il faille tenir compte de leur comportement... (2.1.5) Quantifier.*

*L'intégrité structurelle de la gaine de combustible n'est pas affectée par le stockage sous eau, et **on ne pense pas** qu'elle le soit par le stockage à sec. (2.1.5) N'est-il pas nécessaire d'en faire la preuve?*

*L'activité totale par unité d'électricité produite serait **approximativement** la même pour les déchets vitrifiés fortement radioactifs que pour le combustible usé dont ils seraient dérivés. (2.1.6) Quantifier.*

*De plus, il est probable qu'il faudrait stocker de façon permanente une **quantité substantielle** de plutonium lorsqu'il ne se prêterait plus au recyclage. (2.1.6) Quantifier*

De tels effets ne surviennent pas en dessous d'un certain niveau de dose (le seuil) et, au dessus du seuil, leur gravité s'accroît en fonction de la dose (2.1.7) L'étude américaine BEIR V, citée amplement par ÉACL, a cependant remis en question l'existence de ces seuils.

*Il n'est pas nécessaire de prendre des dispositions particulières pour manipuler le combustible qui présente de telles altérations parce que les émissions sont **minimes**. (2.2.10) Quantifier.*

*Bien que l'on ait observé une oxydation de l' UO_2 dans les éléments perforés, **on ne croit pas** que cela posera de problème durant le stockage provisoire, puisque la chaleur de désintégration produite par le combustible diminue, ce qui diminue également la vitesse d'oxydation de l' UO_2 . (2.2.10) Fournir la preuve.*

Nous croyons que la plage nominale de profondeur de 500 à 1000 m constitue **un juste milieu** entre ces facteurs à prendre en considération. (4.1.1). Comment optimiser cette décision?

L'eau suinterait **très lentement** de la roche à faible perméabilité; par conséquent, à une **certaine distance** de l'excavation, cette roche demeurerait saturée. (4.1.2) Quantifier et démontrer expérimentalement.

Nos travaux de recherche permettent de démontrer que le cuivre et le titane se corroderaient **très lentement** dans les conditions de stockage permanent prévues. (4.1.2) Quantifier et fournir référence.

Les eaux souterraines aux profondeurs éventuelles de stockage permanent ne contiennent pas de quantités importantes d'oxygène dissous (...) on ne prévoit pas que les eaux souterraines agiraient comme source d'oxydants. (4.1.2) Quantifier et fournir référence.

Étant donné que l' UO_2 se dissoudrait **très lentement** dans les conditions prévues dans une installation souterraine de stockage permanent, une **grande partie** de l'inventaire d'un **grand nombre** de radionucléides se désintégrerait alors qu'elle serait encore retenue dans les pastilles de combustible. (4.1.2). Quantifier et fournir référence.

Une **faible proportion** de l'inventaire de certains radionucléides serait libérée plus rapidement (...). Sur une période de 100 000 ans, moins de 1% de la masse des radionucléides formés dans le réacteur seraient libérés. (4.1.2) Quantifier, préciser et fournir référence.

Au fur et à mesure que les contaminants se diffuseraient dans les eaux souterraines du retardateur, ils **pourraient** être retirés de façon temporaire ou permanente par précipitation chimique. Ils **pourraient** également se fixer par sorption aux minéraux qui revêtent les côtés des pores... (4.1.2) Préciser, quantifier et démontrer expérimentalement.

La plupart des radionucléides qui entreraient dans le retardateur n'en seraient pas libérés étant donné que 1) la migration des contaminants par diffusion est **lente**, 2) la précipitation chimique et la sorption **tendraient à retarder** la migration des contaminants, et 3) les radionucléides se désintègrent avec le temps. (4.1.2) Quantifier et démontrer expérimentalement.

Ils seraient **dispersés et dilués**, et la précipitation chimique et la sorption **tendraient à retarder** leur migration. Par conséquent, les effets possibles sur les êtres humains et autres espèces vivantes seraient **retardés ou réduits**. (4.1.2). Fournir référence. Démontrer qu'il n'existe aucun risque de bioaccumulation / bioconcentration.

L'effet éventuel de cette impulsion d'eau à concentration supérieure de contaminants serait **vraisemblablement** compensé par les **grands** volumes d'eau de fonte des glaciers et d'eau des lacs proglaciaires disponibles à la surface et permettant la dilution au cours des... (4.2.9) Quantifier, fournir référence.

Les minéraux de la roche plutonique réagissent **de telle façon** avec un **grand nombre** des éléments des déchets de combustible nucléaire qu'ils empêchent ou retardent **considérablement** leur déplacement dans la roche. (4.3.4) Quantifier, préciser et fournir référence.

Les études sur le terrain effectuées aux aires de recherche de Whiteshell et d'Atikokan ont permis de déterminer que les concentrations de matières organiques et de colloïdes dans les eaux souterraines sont **faibles**. (4.3.4) Quantifier, fournir référence.

Les microbes qui seraient présents formeraient **vraisemblablement** des films biologiques dans les fractures ouvertes et les fissures, lesquelles **tendraient à sorber** les radionucléides et ainsi à **retarder** leur déplacement. (4.3.5). Quantifier et démontrer expérimentalement.

La stabilité du Bouclier canadien signifie que le volcanisme, l'intrusion ignée et la formation de roche sédimentaire seraient **très improbables** en tout point du Bouclier. (4.3.7). Quantifier et fournir références.

À des températures inférieures à 150 C., la microfissuration est le seul mécanisme important de relaxation des contraintes, et elle se produit au niveau de l'excavation ou près de celle-ci. (4.4.1). Fournir références.

Nous avons constaté que, même dans le sol des excavations, là où les dommages causés par l'excavation sont les plus importants, l'effet sur les propriétés hydrauliques pourrait être limité à environ 0,3 m de la surface de l'excavation. (4.4.1). Fournir références.

La pression de confinement assurée par le retardateur et le remblai qui rempliraient les ouvertures excavées limiterait la capacité de propagation des fissures près de l'excavation ainsi que leur capacité de formation à une certaine distance de l'excavation. (4.4.1).

Démontrer expérimentalement.

***Nous ne nous attendrions pas** à ce qu'il y ait de nouvelles failles qui puissent couper l'installation souterraine et créer de nouvelles voies importantes de migration associées au déplacement le long des failles ou que des zones de fracture existantes coupent les chambres de stockage permanent et créent de nouvelles voies de migration près des chambres. (4.4.1). Démontrer et fournir références.*

***Nos études** ont montré qu'un rapport d'extraction de 0,25 à 0,3 permet de répondre aux spécifications thermomécaniques. (4.4.2). Fournir références.*

Par exemple, des études ont montré qu'en abaissant la densité de l'argile, on peut abaisser la pression de gonflement de 1 à 2 MPa tout en maintenant une conductivité hydraulique inférieure à 10^{-12} m/s. (4.5.3). Fournir références.

*Les matériaux de scellement à base d'argile seraient ainsi **pressés fermement** contre la roche, et l'écoulement d'eaux le long de l'interface serait **confiné**. (4.5.3). Quantifier et fournir références.*

***Les essais effectués** au Laboratoire de recherches souterrain d'ÉACL ont montré qu'une préparation minutieuse des surfaces de roche, par exemple par écaillage, pouvait **réduire considérablement** l'écoulement d'eaux le long des surfaces de séparation entre la cloison étanche et la roche ainsi que dans la zone endommagée par l'excavation. (4.5.3). Quantifier et fournir références.*

*Comme les matières organiques ont démontré leur **stabilité à long terme**, la plupart des matières organiques se dégraderaient **difficilement**. (4.5.4). Quantifier et fournir références*

*Plus tard, quand les conditions pourraient permettre la survie des microbes, la taille **extrêmement petite** des pores du retardateur compacté limiterait **vraisemblablement** la multiplication et le déplacement des microbes vers le conteneur. En outre, toute croissance microbienne dans le retardateur et le remblai **réduirait probablement** la porosité de ces*

barrières et augmenterait **éventuellement** leur efficacité... (4.5.4). Quantifier et fournir références.

La dégradation microbienne des matières organiques présentes dans le retardateur et le remblai entraînerait finalement la génération de CO₂, de CH₄ et de H₂S. Des études sont en cours pour estimer la production de ces gaz provenant des matières organiques des argiles naturelles. On **prévoit** que les vitesses de production seront **très basses**. (4.5.4). Quantifier et préciser.

Si la corrosion en crevasses s'amorçait dans une installation souterraine de stockage permanent, elle finirait par s'arrêter en raison de l'épuisement des oxidants. (4.6.3). Préciser et fournir références.

Le titane **semble** être résistant à la corrosion par les microbes. (4.6.3). Préciser.

La recherche s'oriente maintenant vers la modélisation du comportement à long terme de la structure des conteneurs en titane et en cuivre. (4.6.4). Préciser, où sont les incertitudes qui demeurent?

L'effet de la radiolyse de l'eau sur la dissolution du combustible **devrait être faible**, étant donné que les études expérimentales indiquent que le degré d'oxydation du combustible utilisé par les produits de radiolyse **serait limité**. (4.7.2) Quantifier.

Les radionucléides et les éléments chimiquement toxiques des déchets solidifiés hautement radioactifs provenant de retraitement de combustible solidifié seraient, **en général**, libérés en présentant une composition conforme à celle du solide, à mesure que les déchets conditionnés se dissoudraient, bien qu'une libération préférentielle pourrait se produire pendant **les premières semaines** au cours desquelles la surface des déchets conditionnés serait exposée à l'eau. (4.7.3). Quantifier et fournir références.

Les déchets conditionnés sous forme de verres et de vitrocéramiques ne sont pas influencés **de façon importante** par d'autres éléments du système de stockage permanent. (4.7.3) Démontrer expérimentalement et fournir références.

On a montré que la vitesse de production d'hydrogène serait **suffisamment faible** pour que l'hydrogène se dissolve dans les eaux souterraines. (4.7.4). Quantifier et fournir références.

ANNEXE 2

Citations originales, traduites par l'auteur dans le texte

[1]

"Methods used by waste-management scientists have differed widely (...) These methods have ranged from informed but unsupported guesses to elaborate calculations that may represent the best approximations that can be made today with available data. Methods commonly have contained a significant subjective component representing an individual's experience, judgement, or assumptions; this component may or may not be explicitly described. Few applications have involved adequate data bases, and therefore their results must remain suspect".

[2]

"Forming autonomous and publicly accountable organizations to handle nuclear waste would go a long way toward regaining public support"

[3]

"The nuclear waste site will not be thrust on any community without full consultation and agreement with them."

[4]

*"The decision on where the disposal facility will be built will **take into account** the wishes of the community as expressed through their elected representatives."*

[5]

"Agreement means whatever is appropriate at the time the decision has to be made."

[6]

"I'm not aware of any decision which has incorporated the right of veto."

[7]

"Three important questions (...) related to the potential for deleterious effects resulting from thermomechanical effects are (1) what is the probability of an undected fault; (2) what is the probability of new fault development or movement along an existing fault for a given state of

stress and the rock properties; and (3) what are the consequences for a repository system if a fault is present or develops? Perturbation of the in-situ stress field can cause movement along a fault that otherwise might have remained inactive. Stress perturbations can result from natural or man-made causes, such as the construction of a repository."

[8]

"Many couplings among thermal, mechanical, hydrological, and chemical processes are conceivable. Not all couplings are equally significant, and different couplings may dominate at different times during the life of a repository. Thermomechanical, thermohydrological, thermohydromechanical and thermochemical couplings are thought to be more important than others."

[9]

"Compliance of the overall disposal system with the radiological safety objectives shall be demonstrated by means of safety assessments which are based on models that are validated as far as possible."

[10]

"Validation has a very long tradition in science and goes back at least to the times of Galileo, except that it was not always called by this name. Galileo, having made an hypothesis concerning the behaviour of some natural phenomenon, tried to test it by deriving predictions applicable to the same or a similar phenomenon, and then showing the predictions to hold.

Nowadays rather than of hypotheses we speak of models, by which we mean simplified pictures of a certain situation and its evolution with time, based on an accepted body of scientific knowledge. And instead of testing hypotheses we validate our models, but the essential concept is the same: it is a demonstration that one really understands the part of nature one is trying to describe. Our models we understand by definition because we made them; what we have to demonstrate is that we understand the nature behind the models.

Validation may be defined as the testing of a model in the real world. It generally proceeds through three steps (although the first step is not strictly part of the validation):

- construct a model that, to the best of your knowledge, adequately describes the behaviour of the system in which you are interested;*
- use the model to predict quantities which you can observe or measure in the same or a similar system;*

- *verify that your predictions are correct"*

[11]

- *verify that the programming statements in the code are a reasonable representation of the theory under consideration;*
- *decompose the code into functional groups and examine the coding in detail; verify by hand calculations, or other software tests, that the coding is a correct translation of the mathematical models described in the theory manual; test the robustness of the code;*
- *perform and document a complete hand calculation using simplified but reasonable approximations to detailed or repetitive numerical calculations; compare these with the results from the computer program; and*
- *identify portions of the code that will allow validation against independent environmental data sets.*

[12]

"If a model is a network of submodels that have already been sufficiently validated, then the linking of the submodels has to be validated too."

[13]

"The use of axiomatic, frequentist or modeling approach implicitly assumes that some part of an event or process under consideration is random. Geologic events and processes for the most part are not random phenomena. They differ from truly random occurrences in two major ways. First, geologic phenomena rarely occur repeatedly under identical conditions. Therefore, geologic phenomena rarely, if ever, can constitute an infinitely long sequence from which theoretically correct probabilities could be determined... Second, most scientists would agree that many geologic events and processes actually are deterministic phenomena

CETTE ÉTUDE A ÉTÉ RÉALISÉE
PAR LE
MOUVEMENT VERT MAURICIE



Grâce à une subvention du BFEEE

Direction du projet:

Michel Fugère

Recherche et rédaction:

Nicolas Tremblay, Ingénieur, Consultant environnemental

Comité de lecture:

Alain Charest

Aline Duplessis

France Garceau

Patrick Rasmussen

Sylvie Trudel

Août 1995