



Regulatory  
Document

Texte de  
réglementation



Atomic Energy  
Control Board

Commission de contrôle  
de l'énergie atomique

---

TEXTE DE RÉGLEMENTATION R-72

Guide de réglementation

CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES POUR  
LE CHOIX D'UN SITE DE DÉPÔT  
SOUTERRAIN DE DÉCHETS HAUTEMENT  
RADIOACTIFS

Date d'entrée en vigueur :

le 21 septembre 1987

---

Canada

**R-72 CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES POUR  
LE CHOIX D'UN SITE DE DÉPÔT  
SOUTERRAIN DE DÉCHETS HAUTEMENT  
RADIOACTIFS**

---

L'ébauche du présent document a déjà été publiée comme document de consultation C-72, le 24 janvier 1984, afin d'obtenir les commentaires du public. À la fin du processus d'examen des commentaires et de révision du texte, le contenu final du document a été approuvé et est entré en vigueur le 21 septembre 1987.

Veillez adresser toute demande de renseignements ou de copies au :

Bureau d'information publique  
Commission de contrôle de l'énergie atomique  
C.P. 1046  
Ottawa (Ontario)  
CANADA  
K1P 5S9

Téléphone : (613) 995-5894

CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES POUR LE  
CHOIX D'UN SITE DE DÉPÔT SOUTERRAIN  
DE DÉCHETS HAUTEMENT RADIOACTIFS

1. INTRODUCTION

À l'heure actuelle, au Canada, les réacteurs de recherche et les centrales nucléaires produisent des déchets hautement radioactifs qui s'accumulent sous forme de combustible épuisé irradié. Les grappes de combustible épuisé sont entreposées dans des bassins d'eau situés sur le site même de chacun des réacteurs. Comme l'eau est à la fois une barrière contre les rayonnements et un refroidisseur efficace, ce système assure un moyen de stockage sûr. Du combustible épuisé est également entreposé en toute sûreté à la surface du sol dans des structures cylindriques en béton en divers endroits au Canada.

Ces deux méthodes nécessitent de la surveillance et de la maintenance pour garantir la sûreté de l'entreposage et ne peuvent être envisagées sérieusement qu'à titre de mesure de gestion provisoire. En fait, il faudra mettre au point des méthodes d'évacuation permanente pour ces déchets.

La Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) est l'organisme fédéral chargé de la réglementation de la mise en valeur, des applications et des utilisations de l'énergie nucléaire. À ce titre, la CCEA doit être convaincue que tout projet d'évacuation isolera efficacement les déchets radioactifs et n'entraînera pas, ni maintenant ni plus tard, de risques inacceptables pour les humains et l'environnement.

À l'heure actuelle, un programme de recherche est en cours au Canada en vue d'obtenir des données scientifiques pour l'évaluation d'un concept d'évacuation préconisant l'enfouissement de déchets radioactifs dans les couches rocheuses profondes de la croûte terrestre. En août 1981, le gouvernement du Canada et celui de l'Ontario ont publié les détails d'un processus pour vérifier si le concept était acceptable. L'annonce faisait état également du fait que l'on comptait compléter le processus d'ici à 1990 et qu'aucun site de dépôt souterrain ne serait choisi aussi longtemps que le concept ne serait pas généralement accepté.

Le concept d'évacuation qui est en train d'être mis au point au Canada comprend des éléments artificiels et naturels. En gros, le plan vise d'abord à stabiliser physiquement et chimiquement les déchets dans un colis résistant, puis à les placer dans un dépôt souterrain creusé très profondément à l'intérieur d'une masse rocheuse située dans une zone géologique stable.

Les renseignements contenus dans le présent document sont reliés tout spécialement à la phase du choix du site et sont publiés dès maintenant afin d'aider à déterminer les propriétés et les processus géologiques dont il faut tenir compte dans le choix du site. Le présent document devrait aider à préciser ces considérations géologiques et à assurer que l'on en tient compte de façon équilibrée durant l'étape de l'évaluation du concept.

2. OBJECTIFS ET EXIGENCES DE BASE

La protection des humains et de l'environnement contre les substances dangereuses ou polluantes est un des objectifs généraux de tous les programmes

de gestion des déchets, y compris les programmes qui portent sur les déchets radioactifs. Bien que l'isolement complet d'une matière particulièrement dangereuse soit souhaitable, l'état dynamique de tous les systèmes naturels est tel que l'on ne peut exclure entièrement l'éventualité d'une réapparition d'éléments des déchets dans l'environnement. Il est donc plus réaliste d'envisager la question en fonction du rythme de réapparition et de prendre, au préalable, les mesures nécessaires pour s'assurer que toute réapparition de radionucléides ne se produise pas en quantités intolérables du point de vue de la sécurité.

La migration et la réapparition des matières indésirables dans la biosphère accessible sont influencées par des processus naturels qui tendent à absorber ou adsorber, à retarder, à détourner, à disperser ou à diluer les déchets. Dans le cas des déchets radioactifs, il existe un facteur supplémentaire très important. Les substances radioactives décroissent à des taux caractéristiques de leurs radionucléides propres et deviennent donc de moins en moins radioactives, et proportionnellement moins dangereuses, avec le temps.

Un système efficace d'évacuation des déchets doit donc comprendre des éléments artificiels et naturels qui devraient :

- a) isoler et retenir les substances radioactives pour permettre une décroissance radioactive plus complète des déchets;
- b) limiter le mouvement des radionucléides qui pourraient fuir du dépôt souterrain, prolongeant ainsi la période pendant laquelle la décroissance radioactive aurait lieu avant leur retour dans l'environnement accessible;
- c) empêcher les hommes d'entrer en contact avec les déchets.

D'autre part, au cours de la mise au point de tout concept d'évacuation de déchets radioactifs, il faut également considérer les exigences fondamentales suivantes :

- a) Le système d'évacuation et ses éléments doivent être en mesure de faire face aux effets dus aux perturbations naturelles susceptibles de se produire aux alentours du dépôt, de façon que toute augmentation de risque pour le public attribuable à la fuite de radionucléides à la suite de tels effets, soit conforme aux exigences réglementaires.
- b) L'évacuation devrait être inactive, c'est-à-dire qu'elle devrait être conçue de façon à minimiser les obligations imposées aux générations futures de surveiller l'isolement sûr et continu des déchets.

### 3. CARACTÉRISTIQUES D'UN SITE GÉOLOGIQUE ACCEPTABLE

Les propriétés des barrières naturelles seront particulières au site choisi. De plus, il est très difficile de quantifier le rendement prévu des barrières naturelles. Il faut donc veiller à évaluer de façon convenable les propriétés géologiques de la roche encaissante et de la région où elle se trouve, afin de s'assurer que le rendement général prévu du système est suffisamment digne de confiance. Il faut soigneusement examiner les processus et événements géologiques qui pourraient compromettre l'efficacité des barrières naturelles ou artificielles. Ces analyses devraient évaluer l'incertitude liée à toute

c) Retardement ou rétention des radionucléides en migration :

La mobilité des radionucléides en migration dans les eaux souterraines peut être limitée par des processus au cours desquels, par exemple, les déchets dissous sont soit absorbés ou adsorbés par les minéraux présents le long des fissures de la roche et dans les matières tampons entourant le contenant, soit précipités comme composés insolubles, soit diffusés dans la matrice rocheuse.

La roche encaissante et le système géologique avoisinant doivent avoir des propriétés qui favorisent les processus physiques et chimiques susmentionnés. C'est ainsi que toute fuite de déchets radioactifs sera dispersée de façon à ne réapparaître dans l'environnement en concentrations diluées que beaucoup plus tard dans l'avenir et seulement après qu'une importante décroissance radioactive aura lieu.

*La probabilité que la roche encaissante soit exploitée comme ressource naturelle devrait être faible.*

Si l'on soupçonne qu'une roche encaissante contient des matières de valeur commerciale, tels l'or, le pétrole, le sel, la potasse, ou des matières d'importance stratégique, il est presque certain que le potentiel de la roche comme ressource sera évalué un jour ou l'autre.

Les trous de forage qui pénétreraient la roche encaissante pourraient nuire à son efficacité comme barrière naturelle à la fuite de matières radioactives et pourrait modifier le mouvement des eaux souterraines. On peut aussi concevoir que l'intégrité du dépôt souterrain lui-même pourrait être brisée et que les efforts visant à exploiter l'une ou l'autre des ressources présentes ne feraient qu'augmenter les dégâts. Il est donc important d'éviter les régions où sont traditionnellement exploitées les ressources naturelles, comme les anciens districts miniers, parce que ces régions sont sujettes à de nouveaux travaux d'exploration et d'évaluation.

Cette question devrait être abordée avec le plus de largeur de vues possible. Les techniques changent, de même que la valeur des produits de base. Toutefois, l'intérêt commercial ne portera pas vraisemblablement sur la roche encaissante elle-même, si elle est composée de minéraux ordinaires, et s'il s'agit d'un type de roche qui est non seulement abondant dans la région du dépôt, mais aussi réparti à grande échelle au pays.

*Le dépôt souterrain devrait être situé dans une zone géologique stable et susceptible de demeurer stable.*

Toutes les parties de la croûte terrestre subissent diverses transformations géologiques, mais le degré d'instabilité varie beaucoup. Toute instabilité importante de l'écorce qui existe peut se manifester sous des formes qui réduiraient sérieusement l'efficacité du dépôt souterrain. Il est donc important que le dépôt ne soit pas aménagé dans une telle zone. L'exposé qui suit illustrera les genres d'instabilité de la croûte terrestre pouvant aboutir à des situations qui compromettraient l'intégrité du dépôt.

De grandes contraintes à l'intérieur de la croûte peuvent provoquer trois genres d'effets qui ne s'excluent pas entre eux et qui peuvent se définir en gros comme suit :

prévision du rendement des systèmes géologiques qui font partie d'un système général d'évacuation.

Le système géologique renvoie aux sous-systèmes qui ont une incidence sur le mouvement des eaux souterraines, les caractéristiques minéralogiques et la structure de la roche, l'emplacement et les propriétés des discontinuités, et les processus géochimiques.

Les cinq critères d'ordre géologique qui suivent ont été formulés en fonction de ce qui précède. Dans chaque cas, une brève présentation résume le bien-fondé du critère en question pour en expliquer l'intention et la portée. Comme il s'agit de considérer le rendement général de l'ensemble complexe de barrières naturelles et artificielles au moment du choix du site et de diverses autres phases de la conception et de l'ingénierie, il faut insister sur le fait qu'un élément unique du système géologique peut ne pas être critique. Il faut donc procéder avec mesure dans l'évaluation pour que celle-ci replace bien toutes les propriétés et tous les processus géologiques dans leur contexte général propre.

*Les propriétés de la roche encaissante et du système géologique avoisinant devraient être telles que leur effet combiné retarde le mouvement ou la fuite de matières radioactives.*

À part l'intrusion délibérée ou accidentelle des humains dans le dépôt souterrain, le mouvement des eaux souterraines apparaîtrait donc, dans les zones géologiques stables, comme la principale voie qui permettrait aux matières radioactives de s'acheminer jusqu'à l'environnement en surface. Le transport des radionucléides par les eaux souterraines sera limité par une combinaison quelconque des circonstances suivantes :

a) Limitation des fuites à la source :

Seule la corrosion ou une fissure mécanique des contenants, suivie de la diffusion ou de la lixiviation des matières radioactives contenues dans les déchets, peut provoquer la pénétration des radionucléides dans le réseau des eaux souterraines. Le choix de matériaux appropriés pour la fabrication des contenants empêchera la corrosion et la lixiviation ou la dissolution du combustible épuisé. Toutefois, du point de vue de la corrosion, il faut tenir compte des caractéristiques chimiques des eaux souterraines et, par conséquent, il se peut que les propriétés des eaux souterraines soient plus corrosives dans certains sites que dans d'autres.

b) Débit lent des eaux souterraines :

Grâce à un débit des eaux souterraines lent, on peut être assuré que les contaminants libres à l'intérieur du dépôt souterrain ne parviendraient que lentement à l'environnement accessible. Le débit est normalement faible dans les sites où l'alimentation du réseau des eaux souterraines est très lente. De faibles gradients hydrauliques locaux auront un effet semblable.

a) les roches peuvent se fissurer ou se rompre, et une faille se formera si un mouvement se manifeste le long d'une rupture et disloque ensuite une masse rocheuse de la masse adjacente. Il se peut aussi que des failles ou des fractures préexistantes redeviennent actives;

b) de vastes zones peuvent subir une surrection (soulèvement) ou subsidence (affaissement);

c) de forts gradients thermiques et des flux thermiques associés peuvent se développer et, à l'extrême, une activité volcanique pourrait s'ensuivre.

Bien qu'une formation active de failles dans la zone du dépôt pourrait occasionner plusieurs conséquences indésirables, la plus importante de ces conséquences serait sans doute la possibilité que de nouvelles fissures se produisent ou que d'anciennes soient modifiées. Le modèle de mouvement des eaux souterraines pourrait alors en être affecté, de manière imprévisible et les eaux pourraient avoir un accès beaucoup plus facile aux déchets radioactifs. Une circulation plus libre des eaux souterraines faciliterait en tout cas une réapparition des radionucléides dans l'environnement.

Une surrection régionale entraînerait une érosion accélérée due en partie au moins à une augmentation des gradients des cours d'eau. La surface du sol pourrait s'éroder en profondeur en direction du dépôt souterrain et réduire par le fait même l'isolation du dépôt par rapport à l'environnement.

Comme les flux thermiques provoquent parfois l'apparition de sources chaudes et de geysers, les eaux souterraines chaudes en circulation pourraient accélérer la dissolution des matières radioactives et leur transport jusqu'à la surface.

Bien que de vastes zones de l'écorce terrestre accusent une instabilité importante de la nature décrite ci-dessus et qu'il faille donc écarter la possibilité d'y aménager des dépôts souterrains, il existe en revanche de vastes zones relativement calmes. Il semble, par exemple, que certaines des zones géologiques les plus stables de la Terre se trouvent au centre de notre pays.

*La roche encaissante et le système géologique avoisinant devraient être capables de résister à des contraintes sans créer de déformations structurales, de fractures ou de brèches importantes dans les barrières naturelles.*

Toutes les roches subissent des contraintes naturelles attribuables, en partie, au poids des matériaux sus-jacents et aux mouvements à grande échelle de l'écorce terrestre. En plus de ces contraintes naturelles, la roche encaissante sera soumise à des contraintes variables dues à l'excavation du dépôt souterrain, de la chaleur et des rayonnements ionisants provenant des déchets radioactifs. Cette combinaison des contraintes naturelles et extérieures peut influencer indûment sur la stabilité structurale de la roche encaissante et des roches avoisinantes.

En évaluant la résistance d'un site aux contraintes, il faut examiner le type de roche, ses réactions aux contraintes mécaniques et thermiques, ainsi que les répercussions générales sur le caractère acceptable du site. Comme il

n'est pas possible de choisir d'avance les propriétés qui sont foncièrement désirables, il faut donc procéder à une évaluation complète et il faudrait s'efforcer de trouver la combinaison de propriétés la plus satisfaisante possible pour la roche encaissante.

*Les dimensions de la roche encaissante doivent être telles que le dépôt souterrain peut être aménagé en profondeur et à bonne distance des discontinuités géologiques.*

L'aménagement du dépôt en profondeur est un moyen efficace qui permet d'isoler et de protéger tant les déchets radioactifs que les éléments artificiels du système d'évacuation. Il garantit aussi la conservation d'une barrière naturelle entre les déchets et l'environnement. En fait, une profondeur d'enfouissement suffisante est nécessaire pour :

- a) empêcher les humains d'avoir accès aux déchets radioactifs et d'y toucher;
- b) isoler le dépôt souterrain des effets des activités humaines, comme les explosions, les excavations et les grands projets de construction;
- c) réduire les effets de certains processus intervenant à la surface du sol, comme l'érosion par le vent, l'eau et la glaciation.

Il est aussi important d'aménager le dépôt souterrain loin des discontinuités géologiques. En voici d'ailleurs quelques raisons :

- a) les discontinuités sont des zones potentielles de faiblesse. Les diverses contraintes exercées sur la roche encaissante par la présence du dépôt souterrain décroissent à mesure que l'on s'en éloigne. Toutefois, si une discontinuité se situe dans la zone influencée par le dépôt souterrain de telle sorte que l'augmentation de la contrainte est suffisante pour dépasser la résistance naturelle le long de cette discontinuité, il peut se produire dans la roche une défaillance capable d'endommager l'efficacité du dépôt souterrain;
- b) un mouvement important d'eaux souterraines peut avoir lieu le long de discontinuités qui peuvent s'étendre jusqu'à la surface. Dans ce cas, la plus courte distance entre le dépôt souterrain et la discontinuité peut devenir une voie d'accès cruciale, surtout si le débit des eaux souterraines le long de la discontinuité pouvait transporter n'importe quel radionucléide qui fuirait en concentrations inacceptables jusqu'à l'environnement;
- c) les minéraux, les ressources pétrolières et les autres produits de base de valeur du point de vue commercial se trouvent parfois le long ou à proximité de discontinuités.

Comme l'effet de toute discontinuité géologique précise varie en fonction de chaque site, il n'est pas possible de déterminer une distance minimale à respecter entre la discontinuité et le dépôt souterrain. Il faut donc procéder à une étude détaillée pour établir une distance satisfaisante et pour prévoir à la fois l'effet des mesures artificielles sur les discontinuités structurales et sur les autres discontinuités moins importantes de la roche encaissante. Une fois de plus, c'est le rendement général du système qui est plus important que le rendement de tout élément unique à l'intérieur du système.