

Confiance dans la sûreté – Site de Revell – Mise à jour de 2023

NWMO-TR-2023-07

Décembre 2023

Société de gestion des déchets nucléaires

RÉSUMÉ

La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) est actuellement engagée dans un processus pluriannuel visant à trouver un site sûr dans une région associée à des hôtes informés et consentants pour y établir le dépôt géologique en profondeur pour le combustible nucléaire irradié canadien. Cette démarche est conforme à ce que planifient d'autres pays dotés d'un programme d'énergie nucléaire, notamment la Finlande, la Suède, la France et la Suisse, qui ont sélectionné leurs sites pour leurs dépôts géologiques en profondeur de déchets de combustible nucléaire.

L'objectif fondamental du projet sur le plan de la sûreté est de protéger les humains et l'environnement, y compris l'eau, des effets des matières radioactives ou dangereuses présentes dans le combustible irradié. La radioactivité du combustible irradié diminue naturellement avec le temps. Le dépôt géologique en profondeur, qui comprendra des barrières naturelles et ouvragées, assurera le confinement et l'isolement à long terme de ces matières pendant cette décroissance naturelle de la radioactivité du combustible.

Des discussions et des études antérieures ont permis de choisir le site de Revell, dans le nord-ouest de l'Ontario, et le site de South Bruce, dans le sud de l'Ontario, comme sites potentiels pour le dépôt. Les municipalités et les collectivités des Premières Nations et métisses des deux sites collaborent avec la SGDN dans le cadre du processus de sélection du site.

Ce rapport porte sur le site Revell. Il résume les constats faits jusqu'au milieu de 2023, lesquels indiquent que ce site conviendrait sur le plan technique à l'établissement d'un dépôt. Il vise à alimenter la discussion publique sur le choix d'un site.

Ce rapport est une mise à jour du précédent Rapport sur la confiance dans la sûreté de 2022. Il comprend notamment de nouvelles informations sur la géologie, la conception et l'évaluation de la sûreté.

Ce rapport s'inscrit dans le cadre d'un processus plus large d'évaluation des sites. Les travaux techniques entrepris et à venir comprendront d'autres études sur le terrain, des travaux de développement conceptuel et des analyses de sûreté pour confirmer et compléter les résultats obtenus jusqu'à maintenant. Ces derniers seront présentés à terme aux autorités de réglementation fédérales canadiennes et à la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) pour éclairer l'évaluation d'impact et étayer une série de demandes de permis. Il faudra des années avant que ce processus s'achève et que l'autorisation de construire soit accordée. Pendant les phases de construction et d'exploitation, une surveillance continue sera exercée pour s'assurer que le site est et reste adapté au confinement et à l'isolement à long terme du combustible nucléaire irradié.

L'évaluation par la SGDN de l'aptitude du site de Revell est basée sur les résultats obtenus à ce jour concernant ce site, ainsi que sur des informations régionales, sur les caractéristiques intrinsèques de la conception à barrières multiples du dépôt et sur des projets similaires menés dans d'autres pays. Le site de Revell se trouve dans le batholite de Revell, une formation rocheuse présentant des caractéristiques favorables, notamment une composition granitoïde quasi homogène.

La SGDN est convaincue que l'établissement d'un dépôt à une profondeur de 650 à 800 m sous la surface du sol sur le site de Revell sera propice à la construction et à l'exploitation sûres des installations prévues et que le combustible nucléaire irradié pourra rester isolé de la surface et de l'environnement proche de la surface pendant une période suffisamment longue.

Cette opinion est justifiée de manière détaillée dans le présent rapport, mais en voici les principaux éléments :

1. Caractéristiques favorables de la géologie du site de Revell.

- Le batholite de Revell s'est formé il y a approximativement 2,7 milliards d'années. Il s'étend sur environ 40 km de long et 15 km de large et sa profondeur est estimée à environ 3 km à l'endroit envisagé pour un dépôt. Le site de Revell se trouve dans la partie nord du batholite et des carottes prélevées à cet endroit jusqu'à une profondeur d'un kilomètre confirment que ce système de barrières naturelles possède la profondeur, la largeur et le volume nécessaires pour isoler le dépôt des perturbations de surface et de tout changement induit par l'activité humaine ou des événements naturels.
- Les roches granitoïdes du site de Revell sont similaires à celles d'autres roches cristallines du Bouclier canadien, ainsi que du Bouclier fennoscandien qui contient les formations rocheuses d'accueil des dépôts de la Finlande et de la Suède. Bien qu'aucune information directe sur les contraintes in situ ne soit encore disponible pour le site de Revell, on s'attend à ce que des conditions de contraintes stables soient rencontrées sous une profondeur d'environ 600 m. Les données sur ces autres sites, ainsi que sur celui-ci permettent de prévoir que les roches sur lesquelles repose le site de Revell seront capables d'évacuer la chaleur générée par la désintégration radioactive du combustible irradié et de résister aux contraintes naturelles et thermiques.
- Selon la composition des eaux souterraines et des eaux interstitielles extraites des carottes, il y a présence de conditions d'eau douce dans la partie supérieure du substratum rocheux, soit jusqu'à environ 300 m de profondeur, lesquelles passent progressivement à des conditions saumâtres et salines de 600 à 650 m sous la surface du sol. Le régime hydrogéologique à l'intérieur et au-dessous de cette zone de transition géochimique indique que les eaux souterraines dans les zones de masse rocheuse à faible perméabilité, à l'écart des zones de fracture potentiellement fluides, migrent lentement. Ces indicateurs hydrogéochimiques et hydrogéologiques favorables confirment la capacité de confinement et d'isolement à long terme du site.

- La durabilité du conteneur de combustible irradié sera favorisée par les conditions minéralogiques et lithogéochimiques révélées par les données recueillies sur le site, qui n'indiquent pas de présence en quantité appréciable de minéraux contenant du soufre (p. ex. des sulfures ou des sulfates). De plus, dans tous les échantillons d'eau souterraine prélevés à ce jour, les concentrations totales de sulfure dissous étaient très faibles. Enfin, aucune condition oxydante n'a été rencontrée à la profondeur d'un éventuel dépôt.

2. Stabilité de la géosphère.

- Le site de Revell repose sur le batholite de Revell, un vaste ensemble de roches granitoïdes datant d'environ 2,7 milliards d'années. Le batholite de Revell se trouve dans le Bouclier canadien, au coeur du continent nord-américain. Il s'agit d'un environnement stable et sismiquement calme, loin des limites des plaques tectoniques. Il n'est donc pas sujet à d'importants tremblements de terre et aucune activité volcanique récente n'y a été enregistrée.
- Rien n'indique que le site de Revell connaîtra des taux extrêmes d'érosion, de soulèvement ou d'affaissement qui perturberaient de manière substantielle la géosphère au cours des prochains millions d'années.
- La modélisation du paléoclimat fournit des estimations de l'impact des futures glaciations, y compris de l'épaisseur maximale de la glace et du pergélisol. Les résultats des modèles concordent avec les observations faites sur le site, y compris en ce qui concerne les temps de résidence très longs des eaux souterraines révélés par les concentrations de gaz rares, données qui indiquent que la formation conservera ses fonctions de confinement et d'isolement de la géosphère à la profondeur du dépôt.

3. Faible risque d'intrusion humaine accidentelle future dans le dépôt.

- Le site de Revell repose sur une formation de roche cristalline du Bouclier canadien. Ce type de roche ne contient pas de ressources en pétrole ou en charbon.
- Les données des travaux d'exploration antérieurs et les données extraites des récents forages effectués sur le site ne permettent pas de prédire ou n'indiquent pas la présence de ressources minérales sur le site de Revell.
- Des réserves d'eau douce utilisables se trouvent dans l'environnement proche de la surface, les eaux plus profondes étant plus salines et ne présentant pas d'intérêt pour l'approvisionnement en eau potable.

4. Site propice à une caractérisation géologique.

- On s'attendait à ce que le batholite de Revell soit une masse rocheuse relativement homogène. Les données issues des forages confirment l'homogénéité lithologique du substratum rocheux du site de Revell : environ 95 % des carottes de forage récupérées ont été classées comme étant constituées de granodiorite-tonalite à biotite, le reste comprenant des roches subordonnées telles que des nappes mafiques (amphibolite) et des roches intrusives felsiques d'une composition variant entre la tonalite et le granite.

- Les données recueillies sur le site de Revell indiquent que les orientations des linéaments à la surface à plus grande échelle sont également présentes dans les orientations des fractures observées dans les puits forés à plus petite échelle. D'après ce que nous comprenons, nous sommes persuadés qu'il sera possible de développer des modèles significatifs des réseaux de fractures du site à différentes échelles spatiales.
- Les données recueillies sur le site et les informations sur les analogues naturels indiquent que l'on peut s'attendre à des conditions de contraintes stables dans le substratum rocheux et à un environnement hydrogéochimique stable aux propriétés hydrogéologiques propices à la profondeur proposée pour le dépôt. Ces caractéristiques permettraient la construction et l'exploitation sûres des installations ainsi que le confinement et l'isolement à long terme sûrs du combustible nucléaire irradié après la fermeture du dépôt.

5. Robustesse du système à barrières multiples.

- En plus de la géosphère favorable mentionnée ci-dessus, le dépôt comprendra une série de barrières techniques, en particulier le combustible lui-même, les conteneurs durables revêtus de cuivre et les éléments d'étanchéité à base d'argile bentonitique. Les études menées au Canada et dans le monde entier depuis plusieurs décennies ont fourni une base scientifique solide qui confirme la sûreté des dépôts géologiques en profondeur dotés de ces barrières.
- Les analogues naturels démontrent que les matériaux constituant les barrières ouvragées, notamment le cuivre, l'argile et l'oxyde d'uranium, sont très durables dans des conditions géologiques propices à un dépôt.
- Les salles de stockage, les puits et tunnels d'accès ainsi que tout puits de forage seront remblayés et scellés une fois les opérations de stockage terminées.

6. Possibilité de construire et d'exploiter le dépôt en toute sûreté.

- Les propriétés de la masse rocheuse sont typiques des roches cristallines résistantes, de qualité et peu fracturées. La roche se prêterait à une construction et à une exploitation souterraines sûres.
- Le site de Revell présente une surface adaptée à la construction et à l'exploitation d'installations de surface et d'une zone de gestion de la roche excavée.
- Le site est proche du sommet d'un bassin versant, et les installations pourront y être situées et conçues de manière à éviter tout risque d'inondation du site.
- Le site de Revell comprend une zone souterraine adaptée au stockage du combustible irradié que devrait avoir généré le parc d'installations nucléaires canadien actuel. Le site permettrait également une certaine expansion.

- Une conception préliminaire des installations de stockage a été élaborée. Elle fait actuellement l'objet d'une révision qui tiendra compte des conditions propres au site.
- Le Programme d'essais de sûreté de la SGDN travaille actuellement à démontrer la capacité de la SGDN à fabriquer, manipuler et stocker sous terre les conteneurs de combustible. Il s'appuie sur des essais similaires réalisés dans d'autres pays.
- Le site de Revell se trouve à moins de 10 km de la route transcanadienne 17, de la voie ferrée du Canadien Pacifique, de pylônes de transport électrique et du gazoduc principal du réseau canadien TransCanada.

7. Le combustible irradié pourra être acheminé en toute sûreté vers le dépôt.

- La SGDN dispose déjà d'un colis homologué pour le transport du combustible CANDU irradié. Ce colis est conçu pour résister à de graves conditions d'accidents, comme l'ont démontré les épreuves auxquelles il a été soumis. On transporte du combustible irradié de manière sûre au Canada et dans d'autres pays depuis plus de 50 ans.
- Le site de Revell se trouve à moins de 10 km d'une autoroute et d'une ligne ferroviaire. Des infrastructures routières et ferroviaires pourraient être établies pour relier le site pour soutenir ces modes de transport. Un système de transport entièrement routier et un système combiné routier/ferroviaire seraient techniquement réalisables pour ce site.

8. La performance de l'installation répondra aux critères de la réglementation en matière de sûreté et de protection de l'environnement.

- Tous les pays qui ont décidé de gérer à long terme leur combustible irradié prévoient le faire au moyen d'un dépôt géologique en profondeur.
- Le cadre réglementaire canadien a défini les étapes et les exigences qui devront être respectées pour obtenir un permis pour un dépôt. Ce cadre est conforme aux meilleures pratiques en vigueur dans le monde.
- Une évaluation préliminaire de la sûreté du site indique que les phases d'exploitation ou post-fermeture n'auront pas d'incidences sur la santé humaine. Les résultats sont similaires à ceux des études d'évaluation de la sûreté réalisées à ce jour pour d'autres sites de roche cristalline, qui indiquent qu'un dépôt dans ce type de roche serait efficace.
- Une surveillance environnementale a été ou sera bientôt mise en oeuvre, y compris des forages en profondeur effectués, des puits artésiens à faible profondeur, des étendues d'eau de surface, de la sismicité et des conditions météorologiques, ainsi que de la biodiversité.
- Le site sera surveillé pendant des décennies, soit au cours de la caractérisation, de la préparation, de la construction et de l'exploitation du site, avant que la décision de fermer le dépôt ne soit prise. Cette surveillance soutiendra la

construction et l'exploitation du dépôt, et confirmera que le dépôt ne causera pas de torts aux gens ou à l'environnement.

Globalement, d'après les résultats des évaluations réalisées jusqu'ici, la SGDN est convaincue qu'un dépôt géologique en profondeur pourrait être construit sur le site de Revell et qu'il serait apte à assurer la gestion à long terme sûre du combustible nucléaire irradié canadien.

Des travaux de caractérisation plus poussés des sites seront nécessaires et seront effectués si le site est choisi. Toutefois, il ne s'agit pas tant de lever des incertitudes concernant l'aptitude fondamentale du site de Revell à confiner et à isoler en toute sûreté le combustible nucléaire irradié que de continuer d'acquérir une compréhension quantitative approfondie du site et de la documenter.

Des incertitudes subsistent dans les domaines suivants, qui seront abordés lors de la prochaine phase des activités de caractérisation et de conception du site envisagé :

- La géométrie et les propriétés des fractures en profondeur, en particulier des fractures légèrement inclinées et conductrices d'eau liées aux types de roches subordonnées présentes dans le substratum granitoïde. Cela nécessitera des études supplémentaires pour renforcer la confiance dans la modélisation de l'écoulement des eaux souterraines et du transport des radionucléides.
- La probabilité de l'apparition de failles post-glaciaires et leurs incidences possibles. Bien que le site de Revell soit situé dans une région à faible risque sismique, une surveillance microsismique est en cours pour déterminer si des failles actuellement actives dans la région entourant le site et une étude de la possible activité récente des failles sera menée dans le cadre de la caractérisation détaillée du futur site.
- D'autres propriétés du site devront être mieux comprises pour finaliser la conception des installations. Il s'agit notamment des propriétés des roches, ainsi que de détails sur l'environnement de surface et proche de la surface, tels que l'hydrologie. Ces éléments permettront d'optimiser le site et la conception des installations afin de mieux protéger l'environnement pendant la construction et l'exploitation.

Ces incertitudes seront également atténuées par le positionnement des salles de stockage lors de l'excavation souterraine et par la robustesse des différents systèmes de stockage. La conception des installations de surface et souterraines continuera d'évoluer pendant la phase de caractérisation du site.

La sûreté du site proposé sera confirmée par un examen réglementaire rigoureux de la conception de l'installation et de son dossier de sûreté. Le processus décisionnel et la mise en oeuvre du projet s'étendront sur plusieurs décennies. La flexibilité du programme de la SGDN permettra de résoudre les incertitudes, notamment en ce qui concerne la surveillance et la récupération du combustible. Le programme, qui évoluera sur une longue période, aura la capacité d'intégrer les nouvelles informations et technologies, ce qui permettra d'acquérir une meilleure compréhension des tenants et aboutissants du projet et d'optimiser la performance du dépôt.