

Confiance dans la sûreté – Site de South Bruce – Mise à jour de 2023

NWMO-TR-2023-08

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 un 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 gens 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 de South Bruce. 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 South Bruce 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. En particulier, les informations recueillies sur le site nucléaire de Bruce ont mis en évidence les propriétés favorables de confinement et d'isolement des couches quasi horizontales de schistes et de calcaires de l'Ordovicien, y compris du calcaire de la formation de Cobourg. Les forages confirment que ces mêmes roches sédimentaires ordoviciennes sont présentes sous le site de South Bruce.

La SGDN est convaincue que l'établissement d'un dépôt à 650 m sous la surface de la formation de Cobourg, sur le site de South Bruce, 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 South Bruce.

- Une succession de 400 m d'épaisseur de roches sédimentaires peu perméables datant de l'Ordovicien (444 à 460 millions d'années), présentes sous le site de South Bruce : la formation de Cobourg se trouve à une profondeur d'environ 650 m, est d'une épaisseur d'environ 40 m, est chapeautée par plus de 200 m de schiste et repose sur plus de 150 m d'épaisseur de calcaire et de calcaire argileux (contenant de l'argile). Ce système de barrières naturelles possède la profondeur, la largeur et le volume nécessaires pour isoler le dépôt des perturbations et changements en surface qui pourraient être causés par l'activité humaine ou des événements naturels.
- Aucune caractéristique géologique active (par exemple, des failles) ou hétérogénéité défavorable n'a été identifiée à ce jour dans la formation de Cobourg ou dans les roches sédimentaires datant de l'Ordovicien qui la bordent sur le site de South Bruce. Il s'agit d'une indication favorable de la stabilité à long terme du site et de sa capacité à confiner le combustible irradié.
- D'après les résultats des deux premiers forages exploratoires, il n'y aurait pas de grès cambrien perméable sous le site de South Bruce. Aucun échantillon d'eau souterraine n'a pu être prélevé en dessous de 325 m de profondeur et l'on s'attend à un très faible débit d'eau souterraine à la profondeur du dépôt. Ces indicateurs hydrogéologiques favorables confirment la capacité de confinement et d'isolement à long terme du site.
- La composition des eaux interstitielles extraites des carottes indique des conditions très salines dans le substratum rocheux datant de l'Ordovicien. Aucune preuve géochimique d'infiltration d'eau de recharge glaciaire ou météorique récente n'a été trouvée dans cette roche d'accueil.

- Les propriétés du site de la formation de Cobourg indiquent que cette roche serait capable d'évacuer la chaleur générée par la désintégration radioactive du combustible irradié et de résister aux contraintes naturelles et thermiques induites par le dépôt.
- Bien qu'aucune information directe sur les contraintes in situ ne soit encore disponible pour le site de South Bruce, on s'attend, sur la base des informations régionales et des résultats des simulations numériques effectuées, à ce que les conditions de contraintes du substratum rocheux rencontrées pendant la construction puissent être gérées en toute sûreté.

2. Stabilité de la géosphère.

- La formation de Cobourg et les roches sédimentaires datant de l'Ordovicien situées au-dessus et au-dessous d'elle sur le site de South Bruce sont âgées d'environ 444 à 460 millions d'années.
- Le site de South Bruce est situé dans un environnement stable et sismiquement calme. Il repose sur des roches précambriennes du Bouclier canadien, au coeur du continent nord-américain, 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 South Bruce 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.
- Les fluides très salins (y compris l'eau et les gaz) présents dans les petits pores des roches de l'Ordovicien sont distincts des fluides de faible salinité présents dans les couches peu profondes du substratum rocheux. Des résultats analogues obtenus sur le site nucléaire de Bruce ont été utilisés pour démontrer que ces fluides sont présents depuis des centaines de millions d'années et qu'ils sont isolés de l'environnement de surface.
- Des sondages ont mis en évidence des conditions de sous-pression et de faible perméabilité dans les formations ordoviciennes de Cobourg et des environs, sous le site. Des résultats analogues obtenus sur le site nucléaire de Bruce ont été utilisés pour démontrer que les formations ordoviciennes situées sous le site de South Bruce ont été isolées des pressions normales de l'environnement proche de la surface pendant des millions, voire des centaines de 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 du modèle concordent avec les observations faites sur le site et indiquent que les fonctions de confinement et d'isolement de la géosphère seront maintenues à la profondeur du dépôt pendant et après les futurs événements glaciaires.

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

- En dehors des ressources en agrégats superficiels, aucune ressource économiquement exploitable de minéraux, d'hydrocarbures ou de sel n'a été identifiée sur le site de South Bruce. Aucune concentration économiquement substantielle de ces ressources n'a été identifiée dans les deux forages du site.
- L'eau à une profondeur d'environ 200 m sur le site est de plus en plus saline en gagnant en profondeur, ce qui concorde avec le fait que les puits artésiens de la municipalité de South Bruce tirent de l'eau potable de sources jaillissant de morts-terrains ou du substratum rocheux situées à entre 3 et 163 m sous la surface du sol.

4. Le site se prête à une caractérisation géologique.

- Les résultats des forages confirment la faible fréquence des fractures sur le site ainsi que le caractère homogène et la nature globalement prévisible du substratum ordovicien du site.
- Les résultats d'une étude sismique tridimensionnelle (3D) confirment que les formations de Cobourg et de l'Ordovicien limitrophe sont latéralement continues et ont une épaisseur uniforme sous le site.
- Les caractéristiques hydrogéologiques de faible perméabilité, de sous-pressions et les eaux interstitielles très salines dans les formations de Cobourg et de l'Ordovicien limitrophe sont conformes aux conditions attendues d'après les informations recueillies sur le site nucléaire analogue de Bruce.

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 résultats des essais géomécaniques et thermiques effectués en laboratoire sur des carottes rocheuses datant de l'Ordovicien se comparent favorablement à ceux d'autres formations sédimentaires envisagées dans le monde pour la gestion à long terme des déchets radioactifs.
- L'expérience acquise dans le sud de l'Ontario lors de travaux d'excavation souterraine effectués dans les calcaires ordoviens, y compris la formation de

Cobourg, indique qu'ils sont naturellement secs et stables et qu'ils peuvent être gérés avec les pratiques d'ingénierie habituelles.

- Le site de South Bruce 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 de South Bruce comprend une zone souterraine adaptée au stockage du combustible irradié que devrait avoir généré le parc d'installations nucléaires canadien actuel. Les terrains appartenant à la SGDN ou visés par une convention d'option permettraient une certaine expansion du projet.
- 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 South Bruce se trouve à environ 10 km au sud de la route 9 en Ontario. La ligne ferroviaire Goderich-Exeter se trouve à environ 75 km au sud, selon l'itinéraire et le point d'accès empruntés. La région dispose d'un réseau de transport d'électricité et de distribution de gaz naturel.

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

- 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 South Bruce se trouve à moins de 15 km d'une route existante soutenue par le réseau routier local. Il n'y a pas d'infrastructure ferroviaire à proximité, et le transport ferroviaire direct n'est donc pas envisageable. 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 South Bruce et qu'il serait apte à assurer la gestion à long terme sûre du combustible nucléaire irradié canadien.

Des travaux de caractérisation plus poussés 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 South Bruce à confiner et à isoler en toute sûreté le combustible nucléaire irradié que de continuer d'acquiescer 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 salinité élevée du substratum rocheux ordovicien est un domaine qui nécessitera des études supplémentaires. Bien qu'il s'agisse d'un indicateur favorable de la stabilité de la géologie, ses effets potentiels sur les systèmes techniques nécessiteront des analyses supplémentaires.
- Il existe une structure récifale dans la formation de Guelph, à 300 m au-dessus de la profondeur proposée du dépôt, ainsi qu'une vallée remplie de sédiments le long du côté ouest du site. Bien que le récif et la vallée enfouie n'aient pas d'impact direct sur les propriétés de confinement et d'isolement des formations sous-jacentes ordoviciennes, leur géométrie et leurs caractéristiques continueront d'être étudiées afin d'étayer la conception du dépôt et de modéliser avec précision les mouvements des eaux de surface et des eaux souterraines peu profondes.
- Bien que les études sismiques 3D n'aient pas identifié de failles à fort pendage sous le site, la présence ou l'absence de telles structures continueront d'être étudiées à l'aide de forages inclinés. De plus, comme le site de South Bruce est situé dans une région à risque sismique faible, une surveillance microsismique est en cours pour déterminer si des failles actives sont présentes dans la région autour du 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 la conception du site et des installations afin de 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 se poursuivra 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.