

The Multiple-Barrier System

Le système à barrières multiples

The long-term management of Canada's used nuclear fuel involves the development of a deep geological repository (DGR). The DGR is a multiple-barrier system designed to safely contain and isolate used nuclear fuel over the long term. The design is based on the use of multiple durable barriers, including hundreds of metres of rock. This long-term management plan emerged from more than 30 years of scientific and technical studies conducted in Canada and internationally. Most countries with nuclear power programs have selected the DGR as their preferred approach for managing used fuel; two countries (Sweden and Finland) have identified sites and are in the early stages of licensing.

La gestion à long terme du combustible nucléaire irradié canadien nécessitera le développement d'un dépôt géologique en profondeur (DGP). Le DGP est un système à barrières multiples conçu pour confiner et isoler de manière sûre à long terme le combustible nucléaire irradié. La conception est basée sur l'utilisation de multiples barrières durables, y compris des centaines de mètres de roche qui recouvriront le dépôt. Ce plan de gestion à long terme est le fruit de plus de 30 années d'études scientifiques et techniques menées au Canada et ailleurs dans le monde. La plupart des pays pourvus d'un programme nucléaire ont adopté l'approche du DGP pour gérer leur combustible irradié; deux pays (la Suède et la Finlande) ont choisi un site pour établir leur DGP et en sont au stade initial de demande de permis.

Q. What is the multiple-barrier system?

A. A series of engineered and natural barriers will work together to contain and isolate used nuclear fuel from people and the environment. Each of these barriers provides a unique level of protection.

- **Barrier 1: The Used Nuclear Fuel Pellet** – Used nuclear fuel is in the form of a ceramic pellet. It does not readily dissolve in water.
- **Barrier 2: The Fuel Element and the Fuel Bundle** – Sealed tubes contain the fuel pellets; these are called fuel elements. The tubes are made of a corrosion-resistant metal called Zircaloy.
- **Barrier 3: The Used Nuclear Fuel Container** – Used fuel bundles will be placed into large specially designed containers to contain and isolate the fuel for 100,000 years or more. The container is made from thick steel, which provides the mechanical strength to withstand the pressures of the overlying rock and future glaciations. The outermost layer of the container is copper, which is resistant to corrosion in the deep underground environment.
- **Barrier 4: Bentonite Clay, Backfill and Seals** – In the repository, each container will be surrounded by bentonite clay, a natural material proven to be an effective sealing material. As placement rooms are filled with containers, they will be backfilled and sealed. The access tunnels and shafts will be backfilled and sealed only when the community, the NWMO and regulators agree that it is appropriate, and postclosure monitoring will then be implemented.
- **Barrier 5: The Geosphere** – The repository will be approximately 500 metres underground. It will be excavated within a suitable sedimentary or crystalline rock formation. The geosphere forms a natural barrier of rock, which will protect the repository from disruptive natural events and human intrusion. It will also maintain favourable conditions for the container and seals, as well as limit movement of radionuclides in the event that engineered barriers fail.

Q. Is there evidence from nature to indicate that this approach can work over very long times?

A. The most important evidence will be from the site itself. Detailed field investigations involving geophysical surveys, characterization of the existing environment, drilling and sampling of boreholes, field and laboratory testing, and monitoring activities will be conducted during site characterization to affirm the suitability of the site. In particular, evidence will be sought that conditions at the site have been stable with little to no groundwater movement for millions of years at repository depth.

There are also several locations where high levels of natural radioactivity have been contained for millions of years by the surrounding geology. These natural systems provide strong evidence supporting the concept of a DGR.

One location is the Cigar Lake uranium deposit in Saskatchewan. This deposit is one billion years old and is buried 450 metres below the surface, surrounded by a layer of naturally occurring clay. This clay layer has effectively contained the radioactive components from the uranium deposit.

Q. En quoi consiste le système à barrières multiples?

R. Une série de barrières ouvragées et naturelles formeront un tout capable de confiner et d'isoler le combustible nucléaire irradié de la population et de l'environnement. Chacune de ces barrières offre un type distinct de protection.

- **Barrière 1 : La pastille de combustible nucléaire irradié** – Le combustible nucléaire irradié se trouve sous la forme d'une pastille de céramique. Elle ne se dissout pas facilement dans l'eau.
- **Barrière 2 : L'élément combustible et la grappe de combustible** – Les pastilles de combustible sont contenues dans des tubes étanches appelés éléments combustibles. Ces tubes sont composés d'un métal résistant à la corrosion appelé Zircaloy.
- **Barrière 3 : Le conteneur de combustible nucléaire irradié** – Les grappes de combustible irradié seront placées dans de grands conteneurs spécialement conçus pour confiner et isoler le combustible pendant 100 000 ans ou plus. Les conteneurs sont faits d'acier épais qui fournit la résistance mécanique nécessaire pour résister aux pressions exercées par la roche qui recouvre les conteneurs et les glaciations futures. La couche externe des conteneurs est en cuivre, qui est résistant à la corrosion dans l'environnement souterrain profond.
- **Barrière 4 : L'argile de bentonite, et les matériaux de remblai et de scellement** – Dans le dépôt, chaque conteneur sera entouré d'argile de bentonite, un matériau naturel dont l'étanchéité a été démontrée. Lorsque le nombre voulu de conteneurs aura été placé dans les salles de mise en place, les espaces libres seront remplis de matériaux de remblai et seront scellés. Les galeries et les puits d'accès ne seront remblayés et scellés que lorsque la collectivité, la SGDN et les autorités réglementaires jugeront que cela est approprié. La surveillance post-fermeture sera alors mise en oeuvre.
- **Barrière 5 : La géosphère** – Le dépôt se trouvera à une profondeur approximative de 500 mètres. Il sera excavé au sein d'une formation de roche sédimentaire ou cristalline appropriée. La géosphère forme une barrière rocheuse naturelle qui protégera le dépôt contre les perturbations des événements naturels et de l'intrusion humaine. Elle maintiendra en outre des conditions favorables pour les conteneurs et les matériaux de scellement et limitera le mouvement des radionucléides dans le cas d'une défaillance des barrières ouvragées.

Q. Y a-t-il des preuves de la nature pour indiquer que cette approche peut fonctionner à très long terme?

R. La preuve la plus importante sera fournie par le site lui-même. Des études détaillées sur le terrain, notamment des levés géophysiques, des études de caractérisation de l'environnement existant, le forage et l'analyse de carottes rocheuses, des tests sur le terrain et en laboratoire et des activités de surveillance, seront menées dans le cadre des travaux de caractérisation pour confirmer l'aptitude des sites. Tout particulièrement, des preuves seront recherchées pour démontrer que les conditions présentes sur le site ont été stables pour des millions d'années avec très peu à aucun mouvement des eaux souterraines à la profondeur du dépôt.

Nous connaissons aussi l'existence de plusieurs lieux où de hauts niveaux de radioactivité naturelle ont été confinés pendant des millions d'années par la géologie environnante. Ces systèmes naturels constituent des preuves convaincantes appuyant le concept du DGP.

Un de ces lieux est le gisement d'uranium de Cigar Lake, en Saskatchewan. Ce gisement existe depuis un milliard d'années. Il se trouve à 450 mètres sous terre et est entouré d'une couche d'argile naturelle. Cette couche d'argile a confiné de manière efficace les composants radioactifs du gisement d'uranium.

Dr. Paul Gierszewski is the Director of Repository Safety at the Nuclear Waste Management Organization. Prior to joining the NWMO, he was with Ontario Power Generation, where he was responsible for maintaining and improving safety assessment system models for deep geological repositories. Dr. Gierszewski has a bachelor's degree in Engineering Science from the University of Toronto and doctorate in Nuclear Engineering from the Massachusetts Institute of Technology in Boston. He is a registered Professional Engineer in the Province of Ontario.



M. Paul Gierszewski est directeur de la sûreté du dépôt à la Société de gestion des déchets nucléaires. Avant de se joindre à la SGDN, il travaillait pour Ontario Power Generation, où il était responsable du maintien et de l'amélioration des modèles de système d'évaluation de la sûreté des dépôts géologiques en profondeur. M. Gierszewski a obtenu un baccalauréat en sciences de l'ingénierie à l'Université de Toronto et un doctorat en génie nucléaire au Massachusetts Institute of Technology de Boston. Il est ingénieur agréé dans la province de l'Ontario.

"Ask the NWMO" is an advertising feature published regularly in this and other community newspapers to respond to readers' questions about Canada's plan for managing used nuclear fuel over the long term and its implementation. The Nuclear Waste Management Organization welcomes your questions. Please forward your questions to askthenwmo@nwmo.ca.

« Demandez-le à la SGDN » est un encadré publicitaire qui paraîtra régulièrement dans ce journal et dans d'autres journaux de la collectivité pour répondre aux questions que se posent les lecteurs sur le plan canadien de gestion à long terme du combustible nucléaire irradié et de sa mise en oeuvre. La Société de gestion des déchets nucléaires attend vos questions. Veuillez envoyer vos questions à demandez@nwmo.ca.