

## RÉSUMÉ

**Titre :** Rapport sur la conception technique d'un dépôt géologique en profondeur en milieu de roche cristalline ou sédimentaire  
**Rapport n° :** APM-REP-00440-0015 R001  
**Auteur :** J. Noronha  
**Société :** Société de gestion des déchets nucléaires  
**Date :** Mai 2016

### Résumé

La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) procède à la mise en œuvre de la Gestion adaptative progressive (GAP), le plan de gestion à long terme du combustible nucléaire irradié canadien. La solution de la GAP prévoit le confinement et l'isolation centralisés du combustible irradié en un dépôt géologique en profondeur (DGP) construit dans une formation rocheuse appropriée, telle qu'une formation de roche cristalline ou de roche sédimentaire, au sein d'une collectivité hôte informée et consentante.

Ce rapport décrit les concepts liés à une installation de DGP aménagée dans un milieu de roche cristalline ou sédimentaire destinée à recevoir des conteneurs de combustible irradié (CCI). Aux fins d'établissement des coûts, il est présumé que l'installation recevra 3,6 millions de grappes de combustible irradié CANDU sur une période de 30 ans. Le rapport décrit les installations et l'infrastructure requises pour recevoir et emballer le combustible nucléaire irradié et stocker les CCI de manière sûre dans le dépôt souterrain. Au terme des activités de stockage et après une période de surveillance prolongée, l'installation du DGP sera déclassée et fermée. L'ensemble des salles souterraines et des tunnels ainsi que les trois puits seront scellés de manière permanente.

## RAPPORT SUCCINCT

La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) procède à la mise en œuvre de la Gestion adaptative progressive (GAP), le plan de gestion à long terme du combustible nucléaire irradié canadien. La solution de la GAP prévoit le confinement et l'isolation centralisés du combustible irradié en un dépôt géologique en profondeur (DGP) construit dans une formation rocheuse appropriée, telle qu'une formation de roche cristalline ou de roche sédimentaire, au sein d'une collectivité hôte informée et consentante.

Au mois de juin 2015, le Canada avait produit plus de 2,6 millions de grappes de combustible irradié. Un inventaire de 3,6 millions de grappes de combustible irradié est utilisé pour estimer de façon cohérente les coûts liés au cycle de vie de la GAP. Si les réacteurs canadiens existants fonctionnent jusqu'à la fin de leurs vies prévues, toutes réfections comprises, l'inventaire qui devra être géré dans l'installation du DGP pourrait atteindre ou dépasser le seuil des 5 millions de grappes, selon les conditions futures d'exploitation. L'inventaire des grappes de combustible irradié est périodiquement revu par la SGDN. Certaines illustrations fournies dans ce rapport sont basées sur un dépôt pouvant accueillir 4,6 millions de grappes de combustible irradié, ce qui correspond aux prévisions établies en 2015.

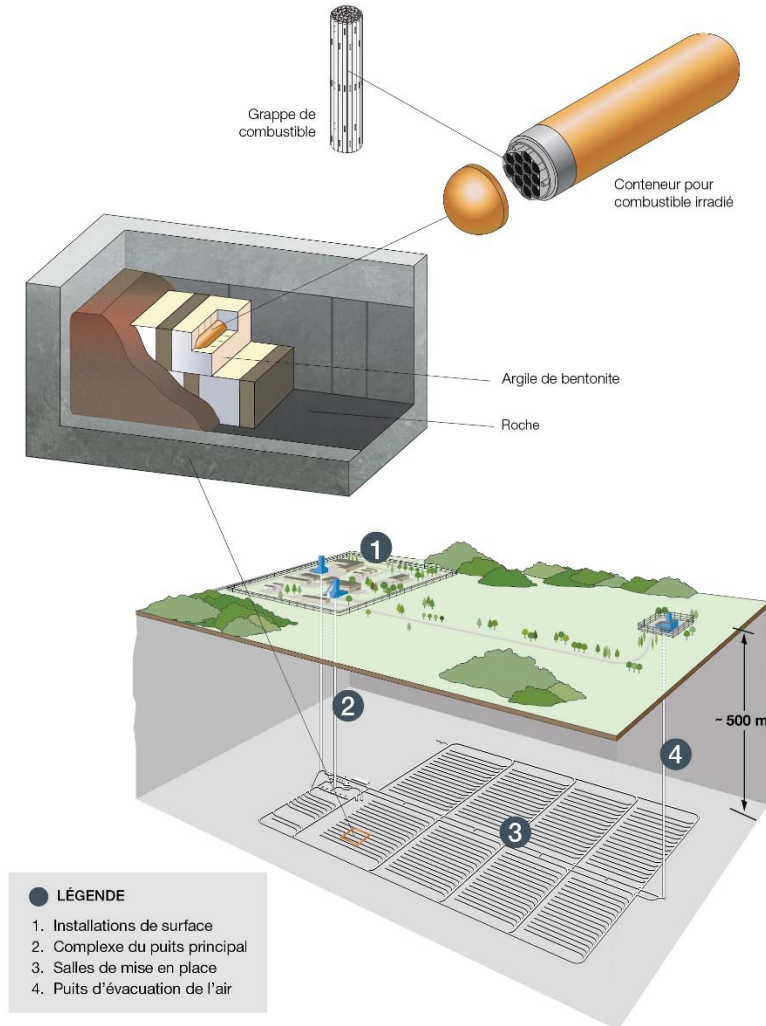


Illustration d'un dépôt géologique en profondeur

Ce rapport décrit les concepts liés à une installation de DGP, aménagée dans un milieu de roche cristalline ou sédimentaire, destinée à recevoir les conteneurs de combustible irradié (CCI). Il décrit les installations et l'infrastructure requises pour recevoir et emballer le combustible nucléaire irradié et stocker les CCI de manière sûre dans le DGP.

### **Installations de surface**

L'installation du DGP sera autonome et comprendra des installations d'exploitation, d'entretien et de surveillance à long terme.

Pour des raisons de sécurité, l'accès à certaines zones des installations de surface sera limité. Ces zones d'accès limité comprennent l'usine d'emballage du combustible irradié, le complexe du puits principal, le complexe du puits de service et le complexe du puits de ventilation. Des mesures de sécurité et une double clôture de périmètre seront requises pour empêcher toute intrusion non autorisée dans ces zones.

Parmi les zones de surface non comprises dans la zone d'accès limité (également appelée la zone protégée), on compte le bâtiment administratif, l'usine de compactage des matériaux de scellement et une usine de préparation du béton. Une zone de gestion de la roche excavée du dépôt souterrain sera aussi requise. Son emplacement (sur le site ou hors site) et son empreinte seront déterminés en collaboration avec la collectivité.

### **Principales installations de surface du DGP**

Des installations externes, situées à l'extérieur des clôtures de périmètre du DGP, seront requises pour soutenir l'installation du DGP. Celles-ci comprennent un Centre d'expertise et des lieux d'hébergement du personnel de construction.

### **Usine d'emballage du combustible irradié (UECI)**

Le combustible nucléaire irradié acheminé depuis les installations d'entreposage provisoire des sites des réacteurs où il est produit sera reçu à l'UECI. Le combustible irradié sera transporté dans des colis de transport routier homologués (Colis de transport de combustible irradié ou CCTI). Les CCTI seront reçus à l'UECI, où leur contenu en grappes de combustible irradié sera transféré dans des CCI. Une fois pleins, les CCI seront scellés, inspectés et insérés dans des boîtes tampons. Les boîtes tampons contiendront des blocs de bentonite hautement comprimée (BHC) au sein desquels une cavité aura été percée pour recevoir les CCI. Les ensembles CCI/boîtes tampons seront ensuite envoyés pour être mis en place dans le dépôt souterrain. Des moyens seront également mis en place pour récupérer tout CCI ne répondant pas aux exigences de stockage à long terme.

L'UECI incorporera de multiples lignes de traitement permettant de recevoir et de décharger le combustible irradié des CTCL et de traiter et manipuler les CCI.

### **Usines de production des matériaux de scellement**

Des opérations de préparation du béton et de compactage des matériaux de scellement seront requises pour produire les matériaux qui serviront à encapsuler les CCI stockés.

Du granulats importés sera empilé puis utilisé pour fournir en matériaux l'usine de préparation du béton et l'usine de compactage des matériaux de scellement (CMS). À l'usine de préparation du béton, le granulats sera mélangé à des liants et à un adjuvant réducteur d'eau pour produire un béton à faible échauffement et à haute performance (FEHP) requis pour former les cloisons disposées à l'entrée des salles de stockage remplies de CCI. À l'usine de CMS, des blocs de bentonite hautement comprimée (BHC) pour les boîtes tampons seront fabriqués et envoyés à l'UECI. De plus, on y fabriquera des blocs de matériau remblai dense (MRD) composés de granulats, d'argile et de bentonite. L'usine de CMS produira également un matériau bouche-trou, composé entièrement de bentonite, qui sera disposé autour des boîtes tampons empilées dans les salles de stockage. L'usine emploiera des presses et des moules spécialement conçus pour la fabrication des blocs et des dispositifs de levage spécialisés servant à la manutention des matériaux produits.

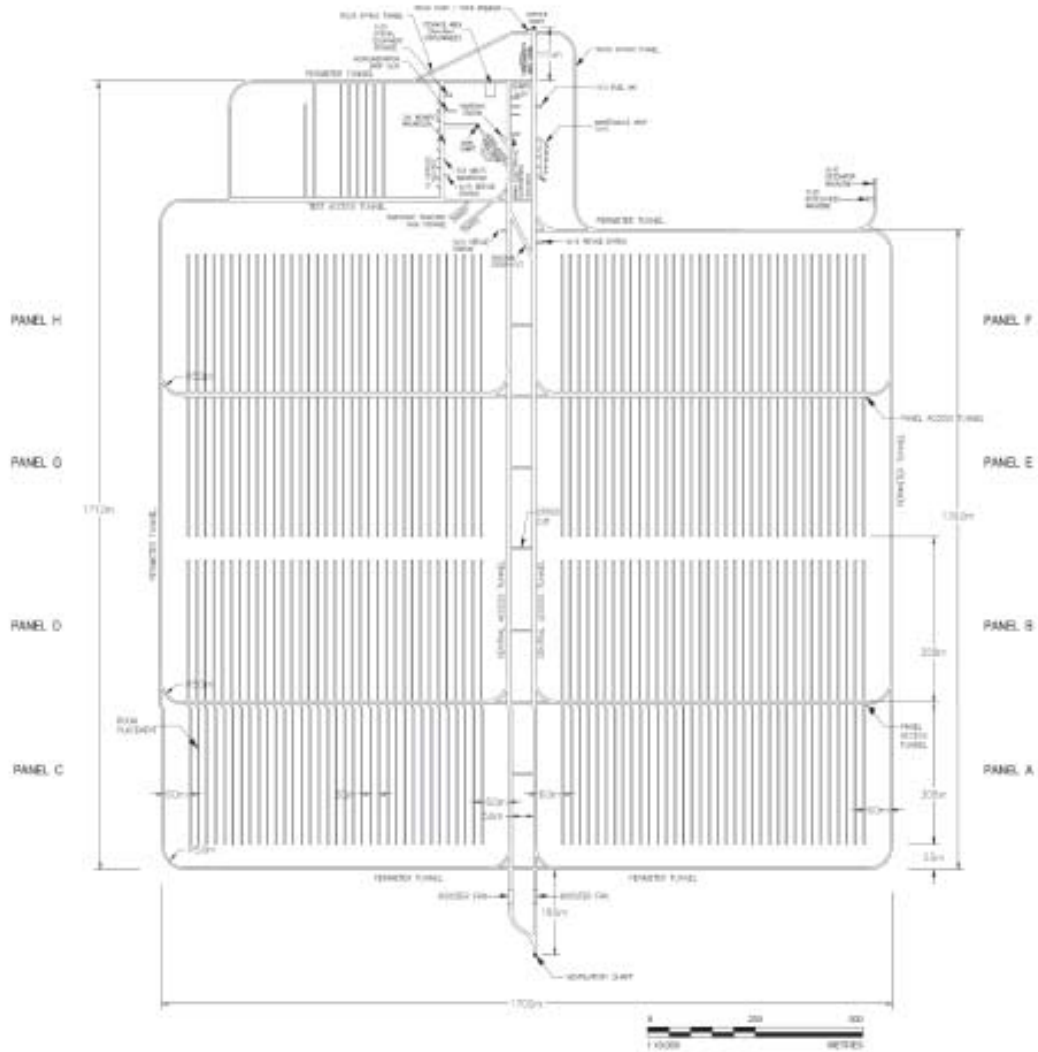
### **Puits et ascenseurs**

Trois complexes de puits (chevalements, dispositifs élévateurs et puits) desserviront le dépôt souterrain. Le complexe du puits principal sera exclusivement réservé au transport depuis la surface jusqu'au dépôt souterrain des boîtes tampons (pleines de CCI). Le complexe du puits de service constituera une installation de hissage à usages divers et comprendra des équipements servant à remonter vers la surface la roche excavée et à descendre le personnel et les matériaux nécessaires dans le dépôt souterrain.

Ce système à usages multiples comprendra cinq compartiments logeant deux skips à contrepoids, une cage de service principale à contrepoids et une cage auxiliaire servant d'ascenseur pour le personnel ayant terminé son quart de travail ou d'ascenseur secondaire. Le puits de ventilation traitera la plus grande partie de l'air évacué du dépôt et constituera un second moyen permettant d'évacuer d'urgence le personnel travaillant dans le dépôt.

## Installations souterraines

Les installations souterraines comprennent les deux zones principales suivantes : a) la zone de service souterraine située à la base du puits principal et du puits de service; et b) la zone de stockage, composée de huit sections de salles. La figure suivante illustre l'aménagement du dépôt souterrain (pour le concept de dépôt en roche cristalline).



Aménagement du dépôt souterrain (roche cristalline)

La zone de services souterraine engloberait un éventail d'installations servant au soutien de l'exploitation du DGP.

Ces installations comprendraient :

- une installation souterraine de démonstration
- des abris, bureaux et toilettes;
- un atelier d'entretien et un entrepôt;
- un poste de recharge des piles (pour les élévateurs à fourche électriques servant au stockage des boîtes tampons);
- une station diesel souterraine et des zones d'entreposage de l'équipement et du matériel;
- des dépôts d'explosifs et de détonateurs;
- un poste électrique principal;
- une zone de réception de la roche avec grizzly et brise-roche.

L'installation souterraine de démonstration (ISD) est située près des puits. Elle est établie peu de temps après que le niveau du dépôt soit atteint. L'ISD soutiendrait les vérifications géoscientifiques, la validation des méthodes de construction, la démonstration des techniques d'excavation et de mise en place et la démonstration à long terme des systèmes de scellement. L'ISD pourrait aussi être utilisée comme centre de formation pour les futurs employés du DGP.

La mise en place dans les salles de stockage des boîtes tampons contenant les CCI se fera à hauteur de deux boîtes. Les rangées de boîtes seront séparées par des blocs d'espacement. Les boîtes tampons seront disposées de manière décalée dans la salle de stockage et tous les interstices seront remplis de granules de bentonite libres.

L'aménagement général du dépôt souterrain comprend une série de salles de stockage en cul-de-sac parallèles, organisées en sections. Toutes les ouvertures souterraines seront excavées par le biais de méthodes de forage et de dynamitage contrôlées. Les salles de stockage seront de forme rectangulaire et de dimensions nominales de 3,2 m de largeur et de 2,2 m de hauteur.

Les CCI généreront de la chaleur. Cette chaleur et le régime thermique élevé résultant doivent être évalués sur le plan des possibles contraintes thermiques induites ainsi que par rapport à l'exigence voulant que la température à la surface des CCI ne doive pas dépasser 100 °C en tout temps. Pour répondre à cette exigence thermique, l'espacement centre à centre des boîtes tampons a été établi à 1,5 m pour un dépôt en roche cristalline et à 1,7 pour un dépôt en roche sédimentaire. De plus, l'espacement centre à centre des salles de stockage a été établi à 20 m pour les milieux de roche cristalline et à 25 m pour les milieux de roche sédimentaire.

Au cours de la construction initiale du dépôt souterrain, la zone de service souterraine, qui comprendra l'ISD, les galeries périphériques, les galeries d'accès centrales et deux sections de salles de stockage, devra être aménagée. Après le début des opérations, l'excavation des salles de stockage se fera parallèlement aux activités de stockage. L'enchaînement des activités d'aménagement (excavation) et de stockage des CCI se fera de manière à séparer ces deux activités sur le plan de l'utilisation de la main-d'œuvre, de la ventilation et des équipements.

Pour la géosphère de roche cristalline, le dépôt souterrain occuperait une superficie approximative de 2 000 m de longueur (puits de service au puits de ventilation au centre du dépôt) par 1 400 m de largeur. Chaque section de salles de stockage occuperait une superficie approximative de 350 m sur 700 m.

Dans le cas de la géosphère sédimentaire, le dépôt occuperait une superficie approximative de 2 200 m de longueur (puits de service au puits de ventilation) par 2000 m de largeur. Chaque section de salles de stockage occuperait une superficie approximative de 390 m sur 880 m. Le dépôt en roche sédimentaire posséderait une empreinte plus importante parce que la roche sédimentaire a une conductivité thermique plus faible. Par conséquent, afin de répondre au

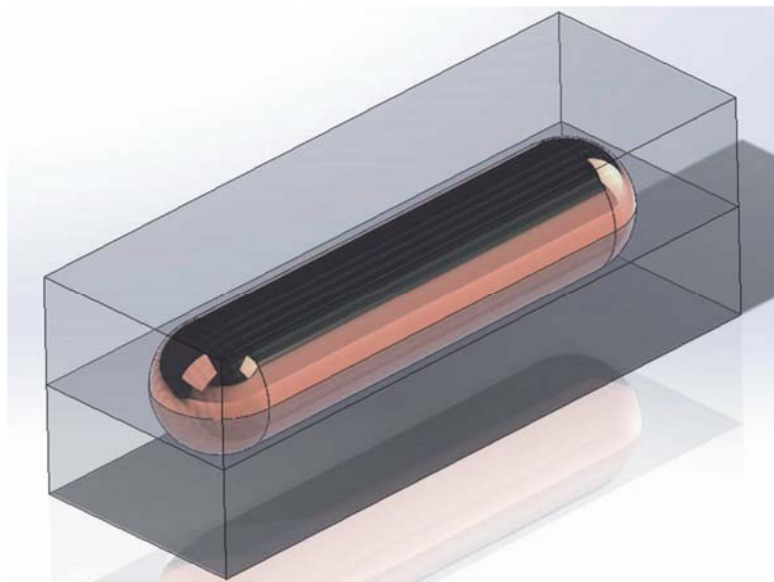
critère de conception se rapportant à la température maximale, l'espacement entre les salles et entre les CCI au sein de chaque salle est légèrement plus grand, ce qui accroît l'empreinte souterraine du dépôt.

### **Ventilation souterraine**

Trois puits d'aération principaux seront utilisés pour ventiler le dépôt. Le puits principal sera dédié à l'approvisionnement en air frais. La principale voie d'évacuation de l'air sera le puits de ventilation et des quantités relativement faibles sortiront du dépôt par le biais du puits de service. Une série de ventilateurs de surface et de ventilateurs souterrains de surpression sera requise pour assurer la distribution d'air conçue pour le dépôt. Une centrale en surface de chauffage de l'air frais sera utilisée pour réchauffer l'air pendant les mois d'hiver. Des ventilateurs et des tuyaux auxiliaires situés dans les galeries et les salles souterraines dirigeront l'air vers les salles de stockage actives.

### **Stockage et récupération des conteneurs**

Le CCI est constitué d'une coque interne en acier, ce qui lui confère une grande résistance structurale, de même que d'une couche de 3 mm de cuivre intégralement liée à l'extérieur de la coque d'acier. La fonction du revêtement de cuivre est de fournir une barrière capable de résister à la corrosion considérant l'environnement particulier du dépôt. La coque interne est conçue pour résister à toute charge mécanique ou hydraulique imposée au CCI pendant la période post-fermeture. Le CCI contient 48 grappes de combustible irradié réparties en quatre couches de 12 grappes chacune. Pour une meilleure solidité structurale, tous les composants sont soudés les uns aux autres pour former un assemblage de paniers entièrement intégré. Avant de transférer les CCI sous terre, le combustible irradié sera remballé dans des boîtes tampons rectangulaires. Les boîtes tampons sont composées de bentonite hautement comprimée en blocs, lesquels sont creusés pour créer une cavité servant à loger les CCI. Les dimensions de la boîte tampon sont les suivantes : 1 m x 1 m x 2,8 m.



**Le CCI et la boîte tampon**

Les concepts pour le transfert et le stockage sûrs des CCI ont été élaborés après avoir passé en revue les concepts éprouvés de l'industrie nucléaire pour la manutention des matériaux radioactifs, ainsi que les travaux connexes réalisés par d'autres organisations nationales de gestion des déchets radioactifs. Les concepts identifiés pour le transfert et le stockage du

combustible irradié comprendront des dispositifs de blindage contre les rayonnements qui permettront au personnel de circuler sans restrictions.

La technologie de transfert et de stockage sera affinée et démontrée dans une salle de stockage de simulation aménagée dans une installation d'essai de surface et ultimement dans l'ISD. Ces travaux de démonstration concerneront entre autres la récupération potentielle des CCI depuis les salles de stockage souterraines en vue d'un retour éventuel vers les installations de surface du DGP. L'approche de récupération envisagée présume qu'une partie de l'équipement de stockage des conteneurs et d'excavation sera réutilisée.

### **Sécurité des travailleurs et blindage contre les rayonnements**

Pendant la phase d'exploitation et la période de surveillance prolongée qui suivra la mise en place du dernier CCI, il faudra assurer une surveillance pour démontrer l'intégrité et la sûreté de l'installation. Les principaux programmes de surveillance concerneront :

- la santé et la sécurité au travail des travailleurs;
- la surveillance environnementale en surface et souterraine;
- les garanties relatives aux matières nucléaires et la radioprotection;
- la sécurité du site et les plans d'intervention d'urgence;
- les systèmes de soutien, y compris les systèmes de détection et d'extinction des incendies.

Des calculs radiologiques ont été réalisés sur divers aspects des éléments conceptuels du DGP pour confirmer que la dose potentielle au corps entier reçue par les employés de l'installation pendant les activités normales d'exploitation au DGP sera nettement inférieure aux limites établies par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). La conception inclut des mesures de blindage suffisantes et l'utilisation d'opérations robotisées pour maintenir les doses au niveau ALARA (le plus faible que l'on puisse raisonnablement atteindre), conformément aux lignes directrices de la CCSN et aux recommandations les plus récentes de la Commission internationale de protection radiologique (ICRP).

### **Surveillance prolongée, déclassé et fermeture**

Après l'arrêt des activités de stockage du combustible irradié, il y aura une période de surveillance prolongée. Une fois l'approbation réglementaire reçue, l'installation du DGP sera déclassée et le dépôt souterrain sera scellé. Une fois les opérations de scellement ou de fermeture terminées, le site pourra être affecté à des usages de surface. Les activités post-stockage se dérouleront dans l'ordre suivant et selon les durées actuellement présumées :

- période de surveillance prolongée de 70 ans ou plus;
- période de déclassé de 10 ans;
- période de fermeture de 15 ans;
- période post-fermeture.