

Études conceptuelles des propriétaires conjoints de déchets nucléaires

Document de synthèse

Déni

Ce rapport ne représente pas nécessairement le point de vue ou l'opinion de la Société de gestion des déchets nucléaires, ou de ses directeurs, administrateurs, employés et agents (la "SGDN") et, à moins d'indication contraire précise, n'est mis à la disposition du public par la SGDN que pour information. Le contenu de ce rapport représente le point de vue des auteurs, qui sont seuls responsables des textes et de ses conclusions, de même que de l'exactitude des données utilisées pour son élaboration. La SGDN n'offre aucune garantie, explicite ou implicite, ni n'accepte une responsabilité légale quant à l'exactitude, le caractère complet ou l'utilité de toute information révélée et ne prétend pas que son utilisation n'enfreindra pas de droits de propriété. Toute référence à un produit, procédé ou service commercial sous son appellation commerciale, marque de commerce ou nom du manufacturier ne constitue ni ne laisse supposer une acceptation, une recommandation ou une référence de la part de la SGDN.

Hypothèses de base et caractéristiques communes

Les études conceptuelles et évaluations des coûts pour les trois méthodes de gestion à long terme prescrites dans la LDCN sont fondées sur des technologies éprouvées et sur l'expérience vécue au Canada et sur le plan international. Dans la conception, l'accent est surtout mis sur la réception du combustible et la mise en place des colis de combustible dans les installations de gestion du combustible irradié. On se penche aussi sur la phase exploitation, y compris la surveillance de l'efficacité. Dans le cas du stockage de longue durée à l'emplacement des réacteurs et du stockage centralisé de longue durée, la démarche conceptuelle définit aussi les exigences relatives aux activités de réfection de l'installation, de réemballage et de reconstruction qui devront avoir lieu à intervalles réguliers.

Hypothèses relatives au volume de combustible irradié et au taux de mise en place - Le volume total de combustible irradié est d'approximativement 3,6 millions de grappes. Dans le cas d'une installation de stockage centralisé de longue durée ou d'un dépôt, ce volume s'accumulerait à l'installation sur une période de 30 ans et le taux de réception maximal serait d'environ 120 000 grappes de combustible par année.

Caractéristiques du combustible irradié – La grappe de combustible de référence mise au point pour la Centrale nucléaire de Bruce est typique du combustible CANDU. On s'en est servi pour les analyses thermiques et le calcul des inventaires de radioisotopes dans l'élaboration des études conceptuelles. La grappe de combustible consiste en 37 éléments combustibles et mesure environ 495 mm de longueur et 102 mm de diamètre. La masse totale est de 23,7 kg et elle contient 19,25 kg d'uranium élémentaire (kgU) lors de son chargement initial dans le réacteur. Les grappes de combustible des autres centrales nucléaires CANDU sont semblables au combustible de référence en ce qui concerne leur composition et leur géométrie et se prêteraient aux mêmes méthodes d'emballage et de mise en place.

Manutention du combustible – La conception de systèmes de manutention du combustible irradié et d'installations en surface tient compte du fait que le combustible pourrait arriver à une installation de gestion du combustible irradié dans des colis de formes différentes, en provenance de sources différentes. Le combustible transféré à partir des sites existants serait livré dans des châteaux transportables par route. Le combustible irradié venant des réacteurs ontariens serait expédié dans un Irradiated Fuel Transportation Cask (IFTC) (château de transport pour combustible irradié). Le combustible stocké dans des paniers (EACL, Hydro-Québec et Énergie Nouveau-Brunswick) serait transporté dans des châteaux conçus pour recevoir trois paniers. Toutes les études conceptuelles comprennent des méthodes sécuritaires de manutention du combustible et, pour le transfert des grappes de combustible, utilisent des cellules blindées pour réduire au minimum les doses de rayonnements et confiner la contamination de façon appropriée. On a aussi prévu une méthode sécuritaire de manutention des conteneurs de combustible pour le transfert et la mise en place aux installations de stockage.

Conception du système de transport – Si l'on opte pour le stockage de longue durée à l'emplacement des réacteurs, aucun système de transport n'est requis. Dans le cas d'un stockage centralisé de longue durée ou d'un dépôt, un système de transport de combustible irradié (STCI) serait requis pour déplacer environ 3,6 millions de grappes à partir des installations actuelles. Le STCI devrait être prêt vers 2023 pour une installation de stockage centralisé ou 2035 pour un

dépôt en formations géologiques profondes, compte tenu des dates les plus hâtives de mise en place du combustible irradié. Une hypothèse sous-jacente dans le cas de ces deux options est que l'installation serait située quelque part en Ontario. Trois systèmes de transport différents ont été envisagés dans l'élaboration des études conceptuelles – transport routier seulement, transport principalement par voie ferrée et transport principalement par voie navigable. Chacun de ces systèmes utilisera un château existant, le Dry Storage Container Transportation Package (DSCTP) (emballage pour le transport des conteneurs de stockage à sec) d'OPG, et un nouveau château, le Irradiated Fuel Transportation Cask for Baskets or Modules (IFTC/BM) (conteneur pour le transport des paniers ou modules à combustible irradié). Il existe une expérience internationale considérable de transport de châteaux de combustible irradié et l'on prévoit que le système canadien serait conçu pour fonctionner conformément aux exigences du système de gestion de l'environnement ISO 14001.

Surveillance – On a prévu que toutes les installations de gestion du combustible irradié feraient l'objet d'une vérification à intervalles réguliers pour s'assurer qu'elles demeurent adéquates pour l'entreposage du combustible irradié. Un programme d'entretien préventif et correctif serait aussi institué. Pour les options de stockage de longue durée sur place et de stockage centralisé, les entrepôts et structures devraient être inspectés régulièrement. Dans le cas d'un dépôt en formations géologiques profondes, on prévoit que la surveillance des installations opérationnelles se poursuivrait jusqu'au déclassement ultime du dépôt.

Réfection de l'installation – Dans le cas du stockage de longue durée à l'emplacement du réacteur et du stockage centralisé de longue durée, il est prévu que les structures d'entreposage se détérioreront avec le temps dû à l'usure normale et à l'exposition aux intempéries et qu'il faudrait les remplacer ou les remettre en état. Les étapes requises pour un cycle de réfection des bâtiments seraient:

- Construction d'une nouvelle installation de stockage
- Mise en place d'un équipement approprié pour la manutention des colis de combustible
- Établissement d'une voie de transport du combustible
- Transfert des colis de combustible de l'installation de stockage existante
- Réfection ou démolition de l'installation de stockage vidée de son contenu.

Réemballage du combustible irradié – Dans le cas des options de stockage de longue durée sur place et de stockage centralisé, les grappes de combustible seraient périodiquement extraites de leurs châteaux et transférées dans de nouveaux châteaux. Ce transfert serait effectué dans une installation blindée dans un bâtiment plus grand. L'installation blindée permettrait l'ouverture des châteaux soudés étanches et l'extraction des grappes de combustible qu'ils contiennent. Les grappes de combustible seraient insérées dans les nouveaux châteaux, qui seraient soudés étanches.

Radioprotection – Le combustible irradié est radioactif et dangereux s'il est relâché en cours de manutention ou de stockage. Des technologies de radioprotection et des procédures d'exploitation faisant appel à des barrières multiples sont nécessaires pour réduire les expositions au minimum. Les règlements de radioprotection de la CCSN stipulent que la dose totale absorbée équivalente pour un travailleur du secteur nucléaire ne doit pas dépasser 20 mSv/année

et, pour un membre du public, 1 mSv/année. Pour tenir compte d'un défaut de procédé ou accident possible lors d'opérations inhabituelles (par exemple, activités importantes d'entretien, de mise à niveau ou de déclassement), les systèmes de radioprotection compris dans les études conceptuelles visent à ne pas dépasser une dose habituelle de 2 mSv/année pour un travailleur en cours d'opérations normales. Cette limite correspond à une situation où un travailleur individuel est exposé à un débit de dose moyen de 1 µSv/heure pendant 2000 heures (c'est-à-dire une période nominale d'une année de 50 semaines de 40 heures). Toutes les installations nécessitant de la radioprotection sont conçues selon ce critère, de sorte que le débit de dose à la surface du côté des opérations serait inférieur à 1 µSv/heure. C'est là un critère prudent, car ce ne sont pas toutes les opérations qui exigent une présence continue du côté des opérations.

Description de l'entreposage de longue durée sur place (ELDSP)

Le combustible nucléaire irradié est présentement entreposé sur sept sites au Canada dans des installations de stockage sous l'eau et à sec. Énergie atomique du Canada limitée (EACL) et Ontario Power Generation (OPG) ont commencé à étudier diverses options de stockage à sec dans les années 1970. EACL possède une expérience de plus de 25 ans dans des systèmes de stockage à sec. L'émission récente de permis pour des installations de stockage à sec pour combustible irradié à différents sites de réacteurs au Canada indique que les autorités de réglementation acceptent de façon générale l'utilisation croissante du stockage à sec à l'emplacement des réacteurs comme méthode provisoire de gestion du combustible irradié.

On peut définir l'entreposage de longue durée comme un stockage permanent ou indéfini, accompagné de l'entretien et des réfections continuelles de l'installation. La durée de vie théorique actuelle des conteneurs de stockage à sec est de 50 ans; cependant, on croit que leur durée de vie réelle pourrait être de 100 ans ou plus. Dans l'éventualité que des installations centralisées pour la gestion du combustible ne seraient pas disponibles à temps, on pourrait prolonger le stockage sur place indéfiniment.

La mise en oeuvre de l'entreposage de longue durée sur place (ELDSP) impliquerait la construction d'une installation de stockage à sec de longue durée à chacun des sites de réacteurs. Il existe des versions de stockage en surface et souterrain, qui utilisent des châteaux, des alvéoles et des silos. Les installations d'ELDSP seraient conçues pour permettre la reprise sécuritaire du combustible irradié du complexe de stockage en tout temps au cours de la durée de vie utile de l'installation. Après la réception du combustible, tous les déplacements de combustible auraient lieu à l'abri, ce qui réduirait les effets des intempéries et augmenterait la vie utile des conteneurs à combustible. Pour toutes les options d'entreposage sur place, la capacité additionnelle requise viendrait de la construction d'installation de stockage de façon continue (c'est-à-dire, un programme cyclique d'activités de remplacement et de réfection à intervalles réguliers).

Stockage dans des châteaux – Un château est un conteneur mobile résistant pour le confinement et la manipulation des déchets de combustible irradié en vue de l'entreposage ou du transport. Les parois du château forment un écran contre les rayonnements et la chaleur est transférée par conduction à travers les parois. Dans le cadre de l'ELDSP, un château est l'équivalent du conteneur de stockage à sec d'OPG ou d'une variante de ce même conteneur adaptée pour le stockage de combustible dans des paniers.

Stockage dans des alvéoles – Ce concept implique le stockage de paniers de combustible dans des alvéoles en béton. Les alvéoles seraient construites à l'extérieur sur un radier en béton. Les paniers de combustible seraient transférés à l'installation de stockage dans un château de transfert de paniers. Ce château apporterait le panier à l'alvéole désignée, transporté par un véhicule motorisé. La capacité additionnelle requise viendrait de la construction d'alvéoles de stockage de façon continue. Le refroidissement et la ventilation requis pour contrôler la température des paniers à l'intérieur d'une alvéole seraient par convection.

Stockage dans des silos – Le stockage de combustible irradié dans des paniers scellés en acier, les paniers étant entreposés dans un silo en béton (conteneur), est un système de stockage à sec utilisé au Canada et dans d'autres pays. Les silos sont construits à l'extérieur et sont refroidis de façon passive. Les silos sont des coques en béton armé avec doublure en acier au carbone revêtu d'époxy. La doublure a un diamètre intérieur de 84,5 cm. Le diamètre extérieur du silo est de 2,59 m et sa hauteur de 6,2 m. Un bouchon écran ferme le silo après le chargement du combustible (neuf paniers). Il est prévu que l'AIEA apposerait des scellés sur le bouchon écran, de sorte que ce dernier ne pourrait être enlevé sans rompre les scellés.

Description du stockage centralisé de longue durée (SCLD)

Les systèmes de stockage centralisé sont des installations de stockage avec systèmes auxiliaires ayant pour but le stockage du combustible irradié en un endroit centralisé. Les producteurs de combustible irradié peuvent construire de telles installations pour parvenir à une gestion efficace lorsqu'ils ont plusieurs réacteurs qui produisent du combustible irradié. Les organisations responsables pour la gestion du combustible irradié peuvent les développer sur une base régionale ou nationale.

Les systèmes de stockage centralisé ont d'abord été développés comme méthode de stockage provisoire pour des périodes allant jusqu'à 50 ans. De tels systèmes sont en fonctionnement dans douze pays et utilisés pour une vaste gamme de situations, que ce soit pour le stockage du combustible irradié en provenance de quelques réacteurs, ou comme système entièrement centralisé pour la gestion au niveau national du combustible irradié. Avec la croissance des stocks de combustible irradié, certains pays voient le stockage centralisé de longue durée comme une méthode de gestion à long terme qui pourrait convenir pour des périodes allant de 50 à 300 ans. En conséquence, on entreprend de la recherche et développement additionnels sur la solidité durable des structures de stockage de combustible irradié et sur l'aptitude des méthodes à confiner la radioactivité pendant de longues périodes.

Comme on l'a vu, après son extraction du réacteur nucléaire, le combustible irradié est fortement radioactif et est entreposé pendant environ une décennie dans des piscines remplies d'eau sur les sites des réacteurs. Après cette période, il est plus facile de manutentionner et transporter le combustible irradié et de l'entreposer plus loin des sites de réacteurs. Le stockage centralisé devient intéressant comme solution à ce stade. Cela pourrait se faire sous forme de stockage sous l'eau (dans des piscines) ou dans des installations de stockage à sec. Ces dernières présentent des avantages, entre autres leur modularité et leur entretien moins exigeant. Bien que plusieurs piscines de stockage centralisées aient été construites, il semble que le stockage à sec ait la préférence. Le concept qui a été mis au point et qui est envisagé dans cette évaluation comprend des variantes du stockage à sec, soit en surface ou souterrain.

Les technologies utilisées pour le stockage à sec centralisé comprennent des châteaux en métal ou en béton, des silos et des alvéoles. Quatre variantes du concept de stockage centralisé de longue durée ont été choisies par les propriétaires conjoints de déchets nucléaires pour représenter la gamme de versions possibles:

- Châteaux et alvéoles dans des entrepôts (CAE);
- Alvéoles modulaires en surface (AMS);
- Châteaux et alvéoles dans des enceintes en béton enfouies (CAEBE);
- Châteaux dans des cavernes excavées dans le roc (CCR).

Les conditions rencontrées sur un site ne devraient pas représenter une contrainte importante dans la mise en oeuvre de ces variantes. De ces variantes, deux constituent des installations en surface, où le combustible est stocké dans un ensemble d'entrepôts. Dans deux autres variantes, les installations seraient souterraines, l'une à peu de profondeur et remblayée, l'autre à une profondeur d'environ 50 m, dans la roche-mère. La variante à peu de profondeur (Châteaux et alvéoles dans des enceintes en béton enfouies, CAEBE) serait ventilée de façon passive alors que la variante plus profonde (châteaux dans des cavernes excavées dans le roc, CCR) utiliserait un système de ventilation forcée. Trois des variantes (CAE, CAEBE et CCR) réduiraient la nécessité de réemballer le combustible à sa réception à l'installation, ce qui permettrait un débit de réception plus élevé et réduirait les coûts.

Une installation de stockage centralisé pourrait être construite à un site de réacteur nucléaire ou adjacent à un dépôt géologique ou à un endroit complètement distinct. Pour les fins de l'évaluation, on a supposé que l'installation de stockage centralisé de longue durée serait située sur un site vierge. L'installation ne serait pas tributaire des services et facilités d'autres installations nucléaires et serait considérée comme une entité autonome. On présume qu'elle serait construite en Ontario à un endroit de faible activité sismique et que le site serait relativement plat, à drainage naturel, structure du sol stable et bonne structure rocheuse. Quelle que soit la variante étudiée, l'installation de stockage centralisé comprendrait un bâtiment de conditionnement et un complexe d'entreposage. Chacune des variantes du stockage centralisé comprendrait une capacité de stockage suffisante pour tout l'inventaire de grappes de combustible. La disposition de chaque site comprendrait assez d'espace pour la construction des facilités de stockage et d'emballage du combustible irradié. Dans toutes les variantes, la capacité additionnelle requise viendrait de la construction en continu de nouvelles installations de stockage.

Description du concept de dépôt en formations géologiques profondes (DFGP)

Un dépôt en formations géologiques profondes est une installation aménagée dans une formation géologique naturelle. On considère en général, bien que ce ne soit pas unanime, que de telles installations possèdent les caractéristiques voulues pour le stockage et/ou évacuation sûre et sécuritaire du combustible irradié à long terme. Bien qu'il existe des incertitudes quant à l'efficacité à très long terme de ces dépôts, plusieurs pays appuient le concept d'évacuation en formations géologiques profondes, y compris la Suède, l'Italie, l'Espagne, le Japon, la Chine et les États-Unis.

Le concept utilisé dans l'évaluation a été développé au cours d'une période assez longue et au prix d'un effort considérable. Un DFGP pour le combustible CANDU irradié fut développé par Énergie atomique du Canada limitée au cours de la période 1978-1996, sous l'égide du Programme canadien de gestion des déchets de combustible nucléaire. Les résultats de ces études sont documentés dans le rapport final de la Commission d'évaluation environnementale, publié en mars 1988. Le rapport de la Commission présentait un résumé du concept et recommandait que des changements soient apportés pour tenir compte de commentaires reçus d'un grand nombre d'intervenants, y compris du public. Depuis 1996, Ontario Hydro, puis OPG et les autres propriétaires conjoints de déchets nucléaires ont poursuivi le développement du concept original de dépôt d'EACL. À partir des paramètres d'étude et spécifications élaborés au cours de ces travaux et de l'expérience vécue concernant la conception de dépôts existants au Canada et à l'étranger, une conception préliminaire d'un DFGP a été réalisée afin de satisfaire aux objectifs suivants:

- recevoir le combustible irradié expédié à partir d'installations de stockage provisoire et/ou d'installations de stockage de longue durée;
- insérer le combustible irradié dans des conteneurs à combustible irradié (CCI) et déposer ces derniers dans le DFGP; et
- récupérer les conteneurs de combustible irradié du dépôt à l'étape pré-fermeture, si nécessaire.

Le concept modifié de DFGP élaboré par les propriétaires conjoints de déchets nucléaires est un développement plus poussé de la configuration de mise en place dans des salles. Le concept comprendrait l'insertion du combustible nucléaire usé dans des conteneurs à double coque cuivre/acier ayant une capacité de 324 grappes et la mise en place de ces conteneurs en position horizontale dans des salles souterraines. Les conteneurs seraient disposés en deux rangées parallèles à l'axe longitudinal des salles et seraient entourés et soutenus par un assemblage de blocs tampons prétaillés et de matériel de remblayage de densité élevée. Un système de surveillance de l'efficacité des barrières aménagées, pendant la période pré-fermeture, serait aussi mis en place.

On présume que le dépôt serait situé dans le Bouclier canadien à une profondeur de 1000 mètres. Lors de l'élaboration du concept, plusieurs techniques d'excavation (y compris la méthode de forage et sautage et l'utilisation de tunneliers) ont été évaluées en fonction des coûts, de la flexibilité de conception, de leur capacité éprouvée et de l'effet sur la performance à long terme des dommages résultant du dynamitage. Le dépôt serait autonome, sauf pour l'approvisionnement en matériaux et les conteneurs à combustible irradié et leurs composants. La conception de l'installation est basée sur la réception, l'emballage et la mise en place de grappes de combustible CANDU irradié à un taux de 120,000 par année. La conception suppose que ces grappes de combustible irradié ont été extraites des réacteurs et entreposées pendant 30 ans avant leur arrivée au DFGP.

Globalement, l'étude conceptuelle réalisée par les propriétaires conjoints de déchets nucléaires donne suffisamment de détails pour permettre de confirmer la faisabilité technique d'un DFGP et la préparation de coûts estimatifs préliminaires pour la mise en oeuvre, y compris la sélection d'un site, la construction, l'exploitation, le déclassement, la fermeture et la gestion post-fermeture. Le concept est suffisamment développé pour être considéré dans cette évaluation. Jusqu'à ce

qu'un dépôt soit opérationnel, des mesures provisoires seraient nécessaires pour réaliser la gestion efficace du combustible nucléaire irradié et assurer la sûreté et la sécurité.