



Gestion des déchets  
**Gestion des déchets, tome III :  
Dossier de sûreté pour le stockage  
définitif des déchets radioactifs**

REGDOC-2.11.1, Gestion des déchets, tome III, version 2

Février 2020

**ÉBAUCHE**



## **Gestion des déchets, tome III : Dossier de sûreté pour le stockage définitif des déchets radioactifs, version 2**

Document d'application de la réglementation REGDOC-2.11.1, tome III, version 2

© Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) 20XX

N° de cat. XXXXXXXX

ISBN XXXXX

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition que la source soit indiquée en entier. Toutefois, sa reproduction en tout ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution nécessite l'obtention préalable d'une autorisation écrite de la CCSN.

*Also available in English under the title: Waste Management, Volume III: Safety Case for the Disposal of Radioactive Waste*

### **Disponibilité du document**

Les personnes intéressées peuvent consulter le document sur le [site Web de la CCSN](#) ou l'obtenir, en français ou en anglais, en communiquant avec la :

Commission canadienne de sûreté nucléaire  
280, rue Slater  
C.P. 1046, succursale B  
Ottawa (Ontario) K1P 5S9  
Canada

Téléphone : 613-995-5894 ou 1-800-668-5284 (Canada seulement)

Télécopieur : 613-995-5086

Courriel : [cncs.info.ccsn@canada.ca](mailto:cncs.info.ccsn@canada.ca)

Site Web : [suretenucleaire.gc.ca](http://suretenucleaire.gc.ca)

Facebook : [facebook.com/Commissioncanadienedesuretenucleaire](https://facebook.com/Commissioncanadienedesuretenucleaire)

YouTube : [youtube.com/ccsnensc](https://youtube.com/ccsnensc)

Twitter : [@CCSN\\_CNSC](https://twitter.com/CCSN_CNSC)

LinkedIn : [linkedin.com/company/cncs-ccsn](https://linkedin.com/company/cncs-ccsn)

### **Historique de publication**

Mai 2018 Évaluation de la sûreté à long terme de la gestion des déchets radioactifs, Version 1

## Préface

Ce document d'application de la réglementation fait partie de la série de documents d'application de la réglementation de la CCSN intitulée Gestion des déchets, qui porte également sur le déclassé. La liste complète des séries figure à la fin de ce document et elle peut être consultée sur le [site Web de la CCSN](#).

Le document d'application de la réglementation REGDOC-2.11.1, *Gestion des déchets, tome III : Dossier de sûreté pour le stockage définitif des déchets radioactifs*, version 2, énonce, à l'intention des demandeurs et des titulaires de permis de la CCSN, les exigences et l'orientation concernant l'élaboration d'un dossier de sûreté et l'évaluation connexe de la sûreté pour un système de stockage définitif des déchets radioactifs.

Le présent document constitue une deuxième version et remplace le REGDOC-2.11.1, *Gestion des déchets, tome III : Évaluation de la sûreté à long terme de la gestion des déchets radioactifs*, publié en mai 2018.

Pour en savoir plus sur la mise en œuvre des documents d'application de la réglementation et sur l'approche graduelle, veuillez consulter le REGDOC-3.5.3, *Principes fondamentaux de réglementation*.

Le terme « doit » est employé pour exprimer une exigence à laquelle le demandeur ou le titulaire de permis doit se conformer; le terme « devrait » dénote une orientation ou une mesure conseillée; le terme « pourrait » exprime une option ou une mesure conseillée ou acceptable dans les limites de ce document d'application de la réglementation; et le terme « peut » exprime une possibilité ou une capacité.

Aucune information contenue dans le présent document ne doit être interprétée comme libérant le titulaire de permis de toute autre exigence pertinente. Le titulaire de permis a la responsabilité de prendre connaissance de tous les règlements et de toutes les conditions de permis applicables et d'y adhérer.

## Table des matières

<b>1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1	Objet .....	1
1.2	Portée .....	1
1.3	Législation pertinente .....	1
<b>2.</b>	<b>Cadre de gestion des déchets de la CCSN.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Approche graduelle.....</b>	<b>2</b>
<b>4.</b>	<b>Définition du dossier de sûreté et de l'évaluation de la sûreté.....</b>	<b>3</b>
<b>5.</b>	<b>Rôle et élaboration du dossier de sûreté .....</b>	<b>4</b>
5.1	Rôle du dossier de sûreté .....	4
5.2	Élaboration du dossier de sûreté .....	5
<b>6.</b>	<b>Exigences générales relatives au dossier de sûreté.....</b>	<b>6</b>
<b>7.</b>	<b>Éléments du dossier de sûreté.....</b>	<b>6</b>
7.1	Contexte du dossier de sûreté .....	6
7.2	Stratégie d'élaboration du dossier de sûreté .....	7
7.3	Description du système de stockage définitif .....	9
7.4	Évaluation de la sûreté.....	10
7.4.1	Éléments de l'évaluation de la sûreté.....	10
7.5	Gestion des incertitudes .....	12
7.6	Itération et optimisation de la conception .....	12
7.7	Limites, contrôles et conditions .....	12
7.8	Contrôle et surveillance .....	13
7.9	Caractéristiques de sûreté de la période de contrôle institutionnel.....	13
7.10	Intégration des arguments de sûreté.....	13
7.10.1	Comparaison avec les critères d'acceptation .....	14
7.10.2	Indicateurs de sûreté complémentaires .....	14
7.10.3	Arguments complémentaires (raisonnement multiples) .....	14
<b>8.</b>	<b>Évaluation de la sûreté post-fermeture.....</b>	<b>15</b>
8.1	Éléments de l'évaluation de la sûreté post-fermeture .....	16
8.1.1	Contexte de l'évaluation de la sûreté post-fermeture.....	16

8.1.2	Description du système de stockage définitif .....	21
8.1.3	Scénarios d'évaluation de la sûreté post-fermeture et périodes de référence .....	22
8.1.4	Élaboration et utilisation des modèles d'évaluation .....	26
8.1.5	Interprétation des résultats .....	27
<b>Glossaire.....</b>		<b>30</b>
<b>Références.....</b>		<b>31</b>
<b>Renseignements supplémentaires .....</b>		<b>33</b>

## Dossier de sûreté pour le stockage définitif des déchets radioactifs

### 1. Introduction

#### 1.1 Objet

Le présent document énonce, à l'intention des demandeurs et des titulaires de permis, les exigences et l'orientation concernant l'élaboration d'un dossier de sûreté et l'évaluation connexe de la sûreté pour le stockage définitif des déchets radioactifs de toutes les catégories.

#### 1.2 Portée

Le présent document d'application de la réglementation (REGDOC) porte sur l'élaboration du dossier de sûreté et l'évaluation de la sûreté à l'appui de la phase post-fermeture des systèmes de stockage définitif (lesquels comprennent les installations, les emplacements ou les sites) pour toutes les catégories de déchets radioactifs. Le document s'applique également aux installations de gestion à long terme des déchets radioactifs pour lesquels il n'est pas prévu de retirer les déchets.

Le dossier de sûreté pour la phase post-fermeture tient compte des renseignements provenant de la phase préfermeture (préparation de l'emplacement, construction, exploitation et déclassement) dans la mesure où ces renseignements ont une incidence sur la sûreté post-fermeture.

Dans le cas des systèmes d'évacuation qui étaient exploités ou qui ont été déclassés ou fermés avant 2020, le présent REGDOC doit être traité comme un document d'orientation.

D'autres [documents d'application de la réglementation](#) de la CCSN s'ajoutent au présent document, notamment le REGDOC-2.9.1, *Protection de l'environnement : Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement* [1].

Les exigences et l'orientation que présente ce document d'application de la réglementation devraient aussi être adoptées pour le stockage définitif des déchets radioactifs aux mines et usines de concentration d'uranium, s'il y a lieu. Le titulaire du permis doit justifier à la CCSN les exigences qui ne s'appliquent pas. Le [REGDOC-2.11.1, Gestion des déchets, tome II : Gestion des stériles des mines d'uranium et des résidus des usines de concentration d'uranium](#) [2] contient des exigences et de l'orientation supplémentaires relatives à la gestion des déchets dans les mines et usines de concentration d'uranium.

#### 1.3 Législation pertinente

Les dispositions de la [Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#) (LSRN) et des règlements connexes qui s'appliquent au présent document sont les suivantes :

- article 26 de la [LSRN](#)
- alinéas 4d) et 12(1)c) du [Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires](#)
- alinéas 3k), 4e), 5f), i), j), k), 6c), h), i), j), 7f), k) et 8a) du [Règlement sur les installations nucléaires de catégorie I](#)
- alinéas 4t), 5i) et 5k) du [Règlement sur les installations nucléaires et l'équipement réglementé de catégorie II](#)
- [Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement](#)

- sous-alinéas 3a)viii), 3c)iii), 3d)i) et alinéas 7d) et 8b) du [Règlement sur les mines et les usines de concentration d'uranium](#)

## 2. Cadre de gestion des déchets de la CCSN

Outre le présent document d'application de la réglementation, le cadre de réglementation de la CCSN en matière de gestion des déchets comprend les documents suivants :

- REGDOC-2.11, *Cadre de gestion des déchets radioactifs et du déclassé au Canada*
- REGDOC-2.11.1, *Gestion des déchets, tome I : Gestion des déchets radioactifs*
- REGDOC-2.11.1, *Gestion des déchets, tome II : Gestion des stériles des mines d'uranium et des résidus des usines de concentration d'uranium*
- REGDOC-2.11.2, *Déclassé*

Les [normes CSA](#) suivantes constituent un complément au cadre de réglementation de la CCSN :

- CSA N286, *Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires*
- CSA N288.4, *Programmes de surveillance de l'environnement aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium*
- CSA N288.5, *Programmes de surveillance des effluents aux installations nucléaires de catégorie I et usines de concentration d'uranium*
- CSA N288.6, *Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium*
- CSA N288.7, *Programmes de protection des eaux souterraines aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium*
- CSA N292.0, *Principes généraux pour la gestion des déchets radioactifs et du combustible irradié*
- CSA N292.1, *Entreposage humide du combustible irradié et d'autres matières radioactives*
- CSA N292.2, *Entreposage à sec provisoire du combustible irradié*
- CSA N292.3, *Gestion des déchets radioactifs de faible et de moyenne activité*
- CSA N292.5, *Ligne directrice sur l'exemption ou la libération du contrôle réglementaire des matières contenant ou susceptibles de contenir des substances nucléaires*
- CSA N292.6, *Gestion à long terme des déchets radioactifs et du combustible irradié*
- CSA N294, *Déclassé des installations contenant des substances nucléaires*

## 3. Approche graduelle

Le présent REGDOC peut être appliqué de manière graduelle en fonction du risque. Avec cette méthode, toutes les exigences s'appliquent, mais à des degrés divers selon l'importance de la sûreté et la complexité des travaux exécutés. Le niveau d'analyse, la profondeur de la documentation et l'étendue des mesures nécessaires pour se conformer aux exigences réglementaires sont proportionnels à la nature et au degré des dangers, à la complexité de l'installation ou des activités, ainsi qu'aux caractéristiques des déchets.

Pour en savoir plus sur l'approche graduelle, veuillez consulter le REGDOC-3.5.3, [Principes fondamentaux de réglementation](#) [3].

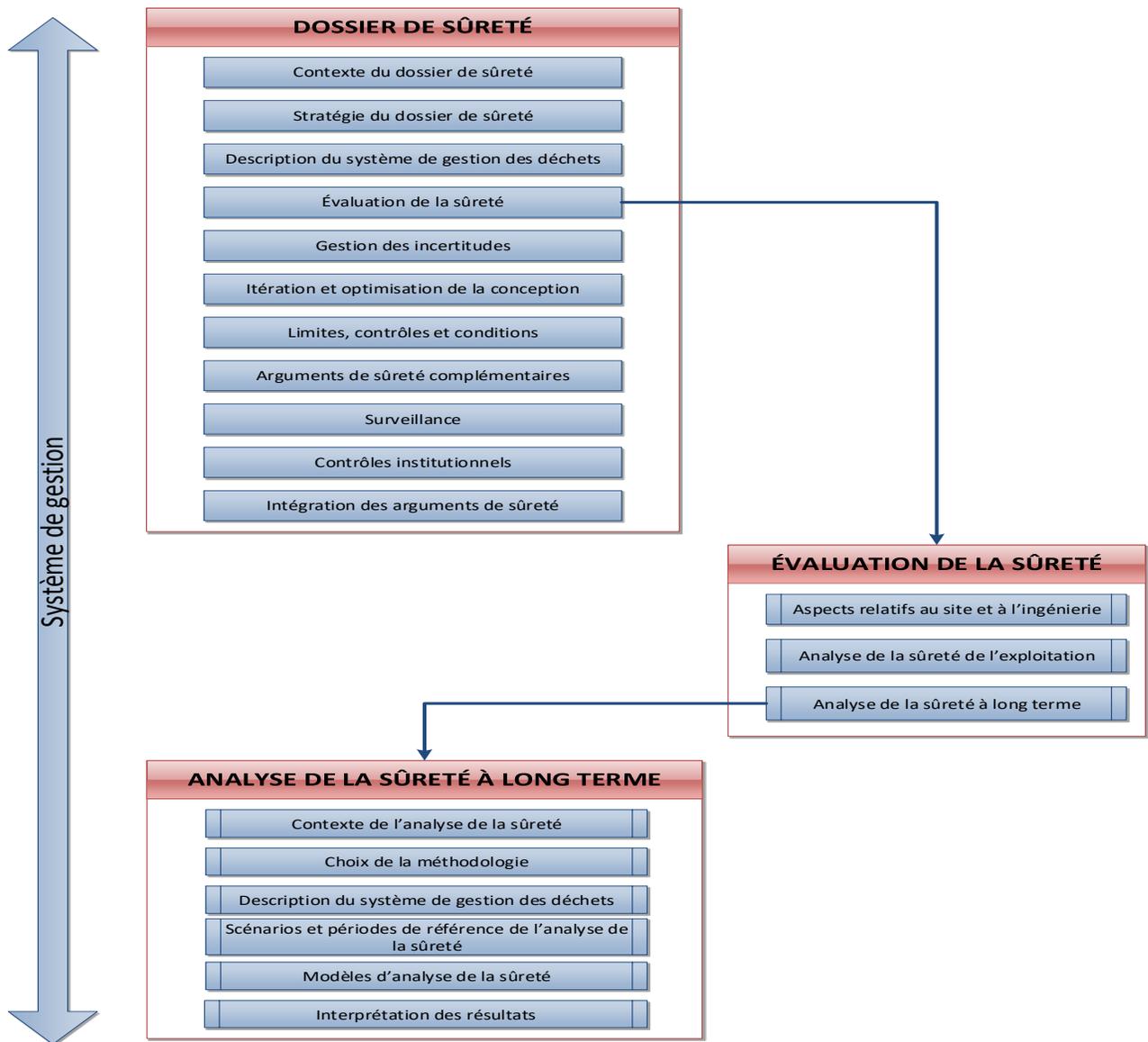
#### **4. Définition du dossier de sûreté et de l'évaluation de la sûreté**

Un dossier de sûreté se définit comme un ensemble intégré d'arguments et d'éléments probants servant à démontrer qu'une installation est sûre et qu'elle satisfait à toutes les exigences réglementaires applicables. Un dossier de sûreté comprend normalement une évaluation de la sûreté, mais il peut aussi comprendre des renseignements (notamment des preuves et un raisonnement) concernant la solidité et la fiabilité de l'évaluation de la sûreté et des hypothèses qui y sont formulées.

Dans le cas d'un système de stockage définitif, le dossier de sûreté peut étayer la décision de passer à un stade de développement particulier. Dans ce cas, le dossier de sûreté devrait reconnaître l'existence de toute incertitude restante et fournir une orientation concernant les travaux visant à gérer ces incertitudes lors des stades de développement ultérieurs.

Une évaluation de la sûreté se définit comme une évaluation de tous les aspects pertinents pour assurer la sûreté d'une installation nucléaire. Il s'agit d'un processus systématique qui comprend des analyses quantitatives et l'interprétation des résultats de ces analyses. L'évaluation de la sûreté suit une approche itérative qui se poursuit tout au long du processus de conception et du cycle de vie de l'installation ou de l'activité, afin de s'assurer que toutes les exigences de sûreté pertinentes sont respectées. L'évaluation de la sûreté et l'analyse de la sûreté sont souvent utilisées de manière interchangeable.

La figure 1 présente un aperçu des éléments d'un dossier de sûreté et d'une évaluation de la sûreté.

**Figure 1. Éléments d'un dossier de sûreté et d'une évaluation de la sûreté**

## 5. Rôle et élaboration du dossier de sûreté

### 5.1 Rôle du dossier de sûreté

Le dossier de sûreté couvre tous les dangers et constitue le principal outil utilisé pour documenter et démontrer qu'une installation protégera de manière adéquate les personnes et l'environnement pendant tout son cycle de vie (préparation de l'emplacement, construction, exploitation et déclassé) et pendant la période post-fermeture. Dans une évaluation de la sûreté post-fermeture, l'accent est mis sur le rendement du système de stockage définitif et sur l'évaluation de son effet après la fermeture. Le dossier de sûreté est un cadre structuré permettant de documenter et de présenter de manière consolidée tous les renseignements concernant la sûreté d'un système de stockage définitif.

Le dossier de sûreté soutient le processus réglementaire, y compris la prise de décisions, et constitue un moyen de communication et de consultation avec les parties intéressées à différents moments du cycle de vie de l'installation.

Le dossier de sûreté peut servir à diverses fins :

- vérifier un concept
- soutenir la sélection d'un emplacement
- optimiser la conception
- établir des limites, des contrôles et des conditions
- concevoir le programme de surveillance
- orienter l'exploitation, le déclassé et la fermeture
- prioriser les programmes de recherche et de développement

## 5.2 Élaboration du dossier de sûreté

Dans le cas d'un système de stockage définitif des déchets radioactifs, il est nécessaire d'établir un dossier de sûreté post-fermeture couvrant tout son cycle de vie – au début de chaque phase d'autorisation importante, depuis la préparation de l'emplacement jusqu'au déclassé (qui comprend la fermeture et le déclassé des installations auxiliaires). Ce dossier englobe la période post-fermeture, jusqu'à la libération du contrôle réglementaire. Le dossier de sûreté post-fermeture évolue tout au long du cycle de vie du système de stockage définitif selon une approche itérative.

Dans la phase précédant l'autorisation, il peut être nécessaire de formuler des hypothèses concernant l'élaboration du concept et le choix de l'emplacement. Ces activités n'ont pas à être autorisées par la CCSN, mais comme elles prennent beaucoup de temps, habituellement plusieurs dizaines d'années, il est recommandé de les lui soumettre tôt durant la période préalable à l'autorisation.

À mesure que progressent les phases d'élaboration du concept et de sélection de l'emplacement, des données précises sur le site sont nécessaires, et, le cas échéant, on doit étudier plus en détail les diverses phases : la conception, la construction, l'exploitation, le déclassé, la fermeture et la post-fermeture. Les problèmes pourront ainsi être traités plus en détail dans le dossier de sûreté.

Le dossier de sûreté est mis à jour progressivement tout au long du cycle de vie du système de stockage définitif, et pour ce faire on recueille, analyse et interprète systématiquement les données scientifiques et techniques nécessaires. La portée et le niveau des détails techniques dépendront du stade de développement auquel est rendu le système de stockage définitif. Ces mises à jour reflètent les commentaires formulés durant les examens techniques et réglementaires, l'avancement des connaissances et l'expérience en exploitation, ainsi que les résultats des programmes de surveillance et des activités de recherche. L'approche du cycle de vie pour élaborer un dossier de sûreté permet de mobiliser de façon continue le public et les groupes autochtones et d'intégrer les commentaires des parties intéressées.

À la fermeture du système de stockage définitif, le dossier de sûreté contiendra des renseignements dont les générations futures pourraient avoir besoin (p. ex., des plans de contrôle institutionnel, un plan de surveillance à long terme, etc.).

## 6. Exigences générales relatives au dossier de sûreté

À l'appui d'une demande de permis pour des activités concernant un système de stockage définitif des déchets radioactifs, le demandeur ou le titulaire de permis doit soumettre un dossier de sûreté à la CCSN pour qu'elle l'accepte. Le dossier de sûreté doit répondre aux critères suivants :

- démontrer que toutes les exigences de sûreté seront respectées
- être détaillé et complet afin de fournir l'assise technique nécessaire à la prise de décisions
- comporter une documentation clairement rédigée, y compris des arguments justifiant les approches utilisées dans le dossier de sûreté, sur la base de renseignements traçables et crédibles
- évaluer la sûreté de l'installation selon une approche graduelle
- décrire tous les aspects touchant la sûreté de l'emplacement, de la conception, de la construction, de l'exploitation, du déclassement, de la fermeture et de la post-fermeture (y compris le contrôle institutionnel) de l'installation ou du site, le cas échéant
- être périodiquement réexaminé et mis à jour à toutes les phases de l'autorisation et chaque fois que des changements importants sont apportés au système de stockage définitif
- comprendre la mise en œuvre des principes des systèmes de gestion. On trouvera à ce sujet de plus amples renseignements et une orientation dans le REGDOC-2.1.1, *Système de gestion* [4]

## 7. Éléments du dossier de sûreté

Le dossier de sûreté doit comprendre les éléments suivants, comme il est illustré à la figure 1 :

- contexte du dossier de sûreté
- stratégie d'élaboration du dossier de sûreté
- description du système de stockage définitif
- évaluation de la sûreté
- itération et optimisation de la conception
- limites, contrôles et conditions
- surveillance
- caractéristiques de sûreté durant la période de contrôle institutionnel
- intégration des arguments de sûreté

### 7.1 Contexte du dossier de sûreté

Dans le dossier de sûreté, le demandeur ou le titulaire de permis doit :

- définir la portée et l'objet du dossier de sûreté
- énoncer les exigences à respecter pour démontrer la sûreté du système de stockage définitif

Les limites et les interfaces avec les installations et activités à proximité immédiate, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du site, devraient être prises en compte dans le dossier de sûreté.

La portée devrait décrire clairement la phase visée du cycle de vie de l'installation, les modifications apportées au dossier de sûreté par rapport aux versions antérieures et la façon dont les prochaines révisions seront intégrées.

Les exigences de sûreté sont celles qui garantissent que les activités autorisées proposées n'entraînent pas de risque déraisonnable pour l'environnement ni pour la santé et la sécurité des personnes. Les exigences comprennent habituellement des critères d'acceptation (voir la section 8.1.1.1) pour certains indicateurs de sûreté (notamment la dose, le risque, la concentration de radionucléides), en plus des principes de confinement, d'isolement, de défense en profondeur et de robustesse. Les exigences de sûreté devraient être élaborées en consultation avec la CCSN et les autres parties intéressées.

## **7.2 Stratégie d'élaboration du dossier de sûreté**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit concevoir et adopter une stratégie d'élaboration du dossier de sûreté qui décrit l'approche intégrée qui sera appliquée pour respecter les exigences de sûreté. La stratégie devrait être établie au début de l'élaboration du dossier de sûreté.

La stratégie doit définir et décrire un certain nombre d'éléments clés permettant d'assurer la confiance à l'égard de la sûreté, notamment :

- le confinement et l'isolement des déchets
- les fonctions de sûreté multiples, la défense en profondeur, et les dispositifs passifs de sûreté
- la robustesse
- la démontrabilité et la faisabilité
- les interdépendances des diverses étapes de la gestion des déchets
- d'autres éléments qui contribuent à la sûreté et donnent confiance en celle-ci

La stratégie d'élaboration du dossier de sûreté devrait indiquer les périodes de référence associées aux principaux éléments de la stratégie.

### **Confinement et isolement**

Il doit être démontré, preuves à l'appui, que les exigences en matière de confinement et d'isolement seront respectées et que les barrières conserveront leurs fonctions de sûreté pendant toute la durée visée par le dossier de sûreté. Pour chaque barrière, il faut indiquer les fonctions de sûreté, le rendement attendu et la durée de vie nominale. La dégradation de ces fonctions de sûreté, en raison d'une évolution normale ou d'événements perturbateurs, doit être prise en compte. Il faut également démontrer que, malgré cette dégradation, le confinement et l'isolement ainsi que toutes les autres exigences de sûreté, y compris les critères d'acceptation (notamment la dose, le risque ou la concentration de contaminants), seront respectés.

### **Fonctions de sûreté multiples et défense en profondeur**

Le principe de défense en profondeur doit être appliqué de manière à ce que le rendement du système de stockage définitif, décrit à la section 7.3, ne repose pas indûment sur une seule barrière. Le principe de défense en profondeur est généralement appliqué aux systèmes d'évacuation en mettant en place de barrières multiples ayant plusieurs fonctions de sûreté qui contribuent au confinement et à l'isolement des déchets.

Les fonctions de sûreté de chaque barrière, ainsi que sa durée opérationnelle prévue, devraient être indiquées et justifiées. Les fonctions de sûreté devraient, dans la mesure du possible, être indépendantes les unes des autres, afin de s'assurer qu'elles sont complémentaires et qu'elles ne risquent pas d'entrer en mode de défaillance unique. Le nombre et l'étendue des barrières nécessaires devraient être proportionnels aux dangers que présentent les déchets à évacuer.

Les fonctions de sûreté doivent être assurées par des moyens passifs, dans la mesure du possible. Les contrôles actifs, tels que la surveillance, peuvent contribuer à la confiance à l'égard des barrières passives et des fonctions de sûreté, mais on ne doit pas se fier uniquement à ces systèmes pour assurer une défense en profondeur. Le système de barrières multiples devrait offrir une résistance à la migration des radionucléides, principalement par des moyens passifs.

### **Robustesse**

La robustesse de l'ensemble du système de stockage définitif des déchets et de chacune de ses barrières doit être démontrée. L'ensemble du système de stockage définitif est robuste s'il peut être démontré qu'aucune des exigences de sûreté ne serait compromise si une ou plusieurs barrières ou fonctions de sûreté venaient à défaillir. La robustesse des barrières est démontrée en prouvant que les perturbations anthropiques ou les processus naturels prévus ne les empêcheront pas de remplir leurs fonctions de sûreté.

L'effet du temps sur la robustesse devrait être pris en compte. Dans le cas des systèmes d'évacuation à long terme, il est fort probable que les processus naturels ou les perturbations puissent affecter le rendement des barrières individuelles ou de l'ensemble du système de stockage définitif.

### **Période de référence**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit définir cette période de référence, qui est la période couverte par l'évaluation de la sûreté. Les périodes de référence établissent les conditions limites de la longévité et du rendement des barrières visant à isoler et à confiner les déchets.

Le demandeur ou le titulaire de permis doit justifier la période de référence associée au rendement requis de l'ensemble du système de stockage définitif et de ses composants individuels, dans le cadre de la stratégie de sûreté. Cette justification doit être proportionnelle au type de déchets à stocker ou à entreposer, et également à la période de référence associée aux dangers que présentent les déchets.

La période de référence doit refléter au minimum les facteurs suivants :

- le moment où l'effet radiologique devrait culminer selon l'évaluation de la sûreté
- l'évolution normale (prévue) du système de stockage définitif, compte tenu de la désintégration des substances radioactives associées aux déchets et de la stabilité du matériau récepteur ou du site
- le type et la gravité des événements évalués dans l'évaluation de la sûreté

Pour justifier la période de référence, le demandeur ou le titulaire de permis devrait aussi envisager de fournir les éléments de preuve supplémentaires suivants :

- l'utilisation d'analogues naturels appropriés (p. ex., caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géochimiques semblables à celles du site)
- les niveaux de rayonnement naturels des contaminants radiologiques et non radiologiques sur le site

Il pourrait être nécessaire de définir plusieurs périodes de référence dans un même dossier de sûreté afin de démontrer le respect des exigences de confinement selon différents scénarios. Par exemple, en plus de la période de référence du scénario d'évolution normale, il serait possible

d'utiliser d'autres périodes de référence pour illustrer la robustesse du système de stockage définitif après que les effets prévus auront atteint leur maximum. Le demandeur ou le titulaire de permis devrait définir des périodes de référence additionnelles afin d'illustrer le rendement de barrières particulières en réponse à des événements perturbateurs (p. ex., séismes, glaciations, changements climatiques) susceptibles de se produire dans le futur. La conception du système de stockage définitif devrait être basée sur des événements perturbateurs pertinents pour la période de référence du scénario d'évolution normale. Dans d'autres cas (p. ex., le stockage définitif des déchets de moyenne ou haute activité dans des formations géologiques profondes), les prévisions des effets sur des horizons de temps atteignant des dizaines de millions d'années pourraient illustrer les capacités de confinement des barrières, malgré d'importantes perturbations environnementales ou géologiques qui pourraient survenir. L'évolution du système de stockage définitif doit être prise en compte dans l'établissement de la période de référence, et le scénario d'évolution normale utilisé dans l'évaluation de la sûreté devrait être défini en conséquence.

### 7.3 Description du système de stockage définitif

Le demandeur ou le titulaire de permis doit décrire le système de stockage définitif dans le dossier de sûreté. Le système de stockage définitif se définit comme l'ensemble des propriétés du site pour l'installation d'évacuation des déchets, l'emplacement ou le site, la conception du système de stockage définitif, les structures et éléments physiques, les procédures de contrôle, ainsi que les caractéristiques des déchets et les autres éléments qui contribuent, de diverses façons et pendant diverses périodes de référence, au bon fonctionnement des fonctions de sûreté pour le stockage définitif des déchets. La description devrait également comporter des renseignements quantitatifs et qualitatifs. Selon le cas, elle doit aussi comprendre les éléments suivants :

- la description précise des caractéristiques, événements et processus (CEP) associés au site et au système de stockage définitif
- les types de déchets (p. ex., les quantités et les propriétés des déchets et l'inventaire des radionucléides)
- la description de la biosphère, y compris le biote humain et non humain et l'environnement physique
- les caractéristiques du site, y compris, le cas échéant, les unités géologiques en profondeur et près de la surface sur le site, notamment :
  - la description des conditions en surface et dans le sous-sol (p. ex., géologie, hydrogéologie, hydrologie, géochimie, tectonique, sismicité, géomorphologie, climat, écologie)
  - l'utilisation actuelle et prévisible du sol
  - la détermination et la description de l'évolution naturelle et des événements perturbateurs prévus
- la conception et les hypothèses sous-jacentes à la conception
- la description des structures, systèmes et composants (SSC) du système de stockage définitif, y compris les barrières techniques et naturelles, leurs fonctions de sûreté, les interfaces, les incertitudes connexes et le rendement au fil du temps<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> En matière d'évacuation des déchets, le rendement des installations devrait tenir compte de la dégradation des barrières pendant la période de référence associée au système de stockage définitif.

- la description des processus radiologiques, thermiques, hydrauliques, mécaniques, chimiques et biologiques qui pourraient avoir une incidence sur le système de stockage définitif des déchets et ses composants, ainsi que l'interaction possible entre ces composants

Le demandeur ou le titulaire de permis doit démontrer que la criticité nucléaire a été prise en compte, le cas échéant. L'analyse de la sûreté-criticité nucléaire à la phase de post-fermeture doit reposer sur les critères d'acceptation et les pratiques techniques fournies dans le document REGDOC-2.4.3, *Sûreté-criticité nucléaire* [5].

Selon une approche graduelle en matière de sûreté, la rigueur et l'exhaustivité de la description du système et de ses composants devraient être proportionnelles aux dangers des déchets, ainsi qu'à la phase du cycle de vie et à l'étape du processus d'autorisation de l'installation. Par exemple, même si des données génériques suffisent lors de la conception, il faut être en mesure de fournir davantage de données sur le site aux phases suivantes, notamment lors du choix de l'emplacement, de la construction et de l'exploitation. Le dossier de sûreté devrait être mis à jour de manière à refléter l'avancée des connaissances sur le comportement du système de stockage définitif.

Le demandeur ou le titulaire de permis doit déterminer les fonctions de sûreté de l'ensemble du système de stockage définitif et des SSC individuels, et évaluer également le rendement sur le plan de la sûreté en termes de leur capacité à remplir les fonctions de sûreté. Le dossier de sûreté et son évaluation connexe devraient expliquer et justifier les fonctions de sûreté de l'ensemble du système de stockage définitif et de chaque barrière individuelle.

Pour en savoir plus sur la caractérisation des dépôts géologiques en profondeur, veuillez consulter le REGDOC-1.2.1, *Orientation sur la caractérisation des emplacements de dépôts géologiques en profondeur* [6].

## **7.4 Évaluation de la sûreté**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit effectuer une évaluation de la sûreté qui tient compte des répercussions sur les personnes et l'environnement pouvant résulter de l'évolution normale du site et des événements perturbateurs potentiels relevés dans l'analyse des CEP. L'analyse des CEP peut s'appuyer sur la Liste internationale des CEP de l'Agence de l'énergie nucléaire.

### **7.4.1 Éléments de l'évaluation de la sûreté**

Selon le cas, l'évaluation de la sûreté doit comprendre les éléments suivants :

- les aspects relatifs au site et à l'ingénierie
- les aspects opérationnels de la sûreté
- l'évaluation de sûreté post-fermeture

#### **7.4.1.1 Aspects relatifs au site et à l'ingénierie**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit fonder son évaluation de la sûreté sur les données tirées de la description du système de stockage définitif des déchets, et indiquer les conditions limites utilisées dans les modèles d'évaluation quantitative (point traité à la section 8.1.1.2).

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait utiliser les résultats de l'évaluation de la sûreté pour démontrer le caractère adéquat et fiable du site et de la conception technique.

### **Caractéristiques de sûreté passives**

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait prévoir des moyens de sûreté passifs dans la conception de l'installation afin de réduire la dépendance à l'égard des systèmes actifs de sûreté.

### **Fonctions de sûreté multiples**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit évaluer la défense en profondeur par rapport au site et à l'ingénierie. Pour ce faire, il doit démontrer que l'installation offre des fonctions de sûreté multiples.

### **Principes scientifiques et techniques**

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait tirer profit des techniques et matériaux de construction établis et des leçons apprises par l'expérience. S'il veut utiliser d'autres techniques et matériaux, il devrait présenter une justification à cet effet.

### **Qualité de la caractérisation du site**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit s'assurer que l'évaluation de la sûreté décrit l'approche et les critères utilisés pour sélectionner le site, et démontre que le site choisi est conforme à la stratégie de sûreté et à tous les critères établis.

Dans le cas des installations d'évacuation des déchets radioactifs, les activités de caractérisation du site couvriront plusieurs années et devraient être réalisées selon un plan officiel de caractérisation du site qui comprend des protocoles d'assurance et de contrôle de la qualité afin de vérifier les données.

#### **7.4.1.2 Aspects opérationnels de la sûreté**

Bien que les aspects opérationnels de la sûreté ne relèvent pas du présent document, le titulaire de permis doit s'assurer que la sûreté post-fermeture ne sera pas affectée par des activités préfermeture.

#### **7.4.1.3 Évaluation de la sûreté post-fermeture**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit effectuer une évaluation de la sûreté post-fermeture. Cette évaluation constitue le cœur de l'évaluation de la sûreté d'un système de stockage définitif des déchets. Elle comprend une analyse de l'évolution normale prévue du système de stockage définitif, des événements perturbateurs possibles et des répercussions radiologiques et non radiologiques sur les personnes et l'environnement, ainsi que l'interprétation des résultats. Des scénarios sont utilisés pour décrire les évolutions possibles du système de stockage définitif et de son environnement, ainsi que leurs effets.

Les effets sont déterminés quantitativement au moyen de modèles mathématiques. Cela comprend une analyse de la migration possible des substances radioactives et dangereuses depuis le système de stockage définitif, de leur mouvement dans l'environnement et des effets qui en résultent. Les exigences et l'orientation concernant la réalisation d'une évaluation de la sûreté post-fermeture figurent à la section 8 du présent document.

## 7.5 Gestion des incertitudes

Dans le dossier de sûreté, le demandeur ou le titulaire de permis doit caractériser les incertitudes par rapport à leur source, à leur nature et à leur ampleur en utilisant des méthodes quantitatives et son jugement professionnel.

Le demandeur ou le titulaire de permis doit s'assurer que le dossier de sûreté décrit la façon dont les incertitudes sont gérées, par exemple :

- en modifiant la stratégie de sûreté pour réduire les incertitudes
- en démontrant que les incertitudes n'ont aucune incidence sur la sûreté
- en ayant recours à des hypothèses prudentes pour délimiter les incertitudes et démontrer qu'une marge suffisante demeure pour respecter les exigences de sûreté

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait réduire les incertitudes tout au long de l'élaboration du dossier de sûreté. De plus, il devrait déterminer les incertitudes restantes dans le dossier de sûreté, et la façon dont ce dossier demeure valable malgré ces incertitudes.

Les incertitudes restantes qui ont une incidence sur la sûreté devraient faire l'objet d'analyses des incertitudes et de la sensibilité. De plus, on pourrait élaborer des programmes de surveillance et de recherche et développement pour réduire davantage ces incertitudes.

## 7.6 Itération et optimisation de la conception

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait s'assurer que la conception du système de stockage définitif et ses composants sont optimisés, en utilisant un processus itératif et bien défini. À mesure que le projet progresse et que les connaissances s'améliorent, les résultats initiaux devraient se préciser et remplacer les données génériques ou par défaut, réduisant ainsi le recours aux hypothèses.

Dans le dossier de sûreté, le demandeur ou le titulaire de permis devrait expliquer comment la conception choisie et ses composants ont été optimisés. Le processus de conception devrait comprendre une comparaison des différentes options envisagées, une évaluation de leurs avantages et de leurs inconvénients, ainsi qu'une justification de l'option choisie.

## 7.7 Limites, contrôles et conditions

Le demandeur ou le titulaire de permis doit établir des limites, des contrôles et des conditions en utilisant le dossier de sûreté. Ceux-ci doivent être appliqués à toutes les activités qui influent sur la sûreté post-fermeture de l'installation et sur les déchets qui seront évacués dans cette installation.

Les limites, contrôles et conditions établis d'après l'évaluation de la sûreté pour les déchets doivent comprendre les critères d'acceptation des déchets tant pour les colis individuels que pour l'ensemble de l'installation, et pour l'inventaire de déchets acceptables ou les concentrations admissibles de radionucléides dans les déchets.

Le demandeur ou le titulaire de permis doit utiliser les limites, contrôles et conditions établis afin d'élaborer les procédures et programmes opérationnels envisagés pour la phase post-fermeture. Par exemple, il devrait s'appuyer sur le dossier de sûreté et sur les limites, conditions et contrôles établis pour élaborer un programme de surveillance du site et des environs adapté à l'installation.

## 7.8 Contrôle et surveillance

Le REGDOC-2.11.1, *Gestion des déchets, tome I : Gestion des déchets radioactifs* [7] présente les exigences relatives à la surveillance des installations de gestion des déchets.

## 7.9 Caractéristiques de sûreté de la période de contrôle institutionnel

Le demandeur ou le titulaire de permis doit définir le rôle que jouent les contrôles institutionnels dans la sûreté du système de stockage définitif des déchets et expliquer comment ce rôle est pris en compte dans le dossier de sûreté et l'évaluation connexe de la sûreté. L'existence de contrôles institutionnels ne devrait pas être invoquée pour justifier un rendement conceptuel moindre du système de confinement et d'isolement.

La sûreté à long terme du système de stockage définitif des déchets radioactifs ne devrait pas dépendre des contrôles institutionnels, mais il faudrait y recourir dans la mesure du possible pour confirmer que le système de stockage définitif fonctionne comme prévu.

Compte tenu des incertitudes associées aux activités humaines futures et à l'évolution et à la stabilité des sociétés, le demandeur ou le titulaire de permis devrait limiter son recours aux contrôles institutionnels pour assurer la sûreté à quelques centaines d'années, tout au plus. Dans le cas des déchets des mines et usines de concentration d'uranium, le volume important de déchets et la longévité de certains radionucléides peuvent nécessiter des périodes de contrôle institutionnel plus longues pour assurer leur sûreté. Le recours à un contrôle institutionnel de longue durée (plus de quelques centaines d'années) devrait être justifié dans le dossier de sûreté, au moyen d'un processus d'optimisation qui tient compte des facteurs techniques et socioéconomiques.

L'orientation relative au contrôle institutionnel est présentée dans le REGDOC-2.11.1, *Gestion des déchets, tome I : Gestion des déchets radioactifs* [7].

## 7.10 Intégration des arguments de sûreté

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait veiller à ce que le dossier de sûreté présente une synthèse des preuves, des arguments et analyses disponibles. Cette synthèse devrait être bien structurée, transparente et traçable.

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait :

- démontrer que toutes les exigences de sûreté ont été respectées
- comparer les paramètres ultimes sélectionnés pour l'évaluation (par exemple, la dose ou le risque) par rapport à leurs critères d'acceptation respectifs
- fournir des indicateurs de sûreté complémentaires, comme les concentrations et les flux de radionucléides dans chacune des barrières
- fournir des arguments de sûreté complémentaires, comme les résultats de l'étude paléohydrogéologique du site et de l'étude des analogues naturels du système de stockage définitif des déchets ou de chacun de ses composants
- indiquer l'incidence potentielle sur l'environnement des substances dangereuses contenues dans les déchets radioactifs

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait :

- démontrer la qualité et la fiabilité des travaux scientifiques et conceptuels sur lesquels repose le dossier de sûreté
- démontrer la qualité et la fiabilité de l'évaluation de la sûreté concernant l'élaboration des scénarios, la pertinence des méthodes, modèles, codes informatiques et bases de données, et la gestion de la qualité des calculs
- fournir toute conclusion ou tout résultat qui contredit les arguments présentés dans le dossier de sûreté
- reconnaître les limites des preuves, arguments et analyses actuellement disponibles
- consigner tout examen du dossier de sûreté par des pairs et montrer comment les résultats de cet examen ont été pris en compte

Après l'intégration des arguments de sûreté, le demandeur ou le titulaire de permis devrait justifier la poursuite du projet.

### **7.10.1 Comparaison avec les critères d'acceptation**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit comparer les paramètres ultimes sélectionnés pour l'évaluation avec les critères d'acceptation (p. ex., la dose et les concentrations de contaminants). Il convient de noter que le respect des critères d'acceptation ne suffit pas à rendre un dossier de sûreté acceptable, car d'autres exigences de sûreté (p. ex., l'isolement, ou le confinement) doivent également être respectées. De plus, il faudrait démontrer que le système de stockage définitif proposé a été optimisé.

### **7.10.2 Indicateurs de sûreté complémentaires**

En plus de comparer les paramètres ultimes de l'évaluation de la sûreté avec les critères d'acceptation, le demandeur ou le titulaire de permis devrait utiliser des indicateurs de sûreté complémentaires (c.-à-d. calculer des valeurs autres que les paramètres ultimes de l'évaluation) afin d'accroître la confiance à l'égard des conclusions du dossier de sûreté. Il faudrait justifier les évaluations qui s'appuient sur des indicateurs de sûreté complémentaires comme arguments additionnels en faveur de la sûreté.

On peut également utiliser les indicateurs complémentaires issus de l'évaluation de la sûreté pour éclairer le programme de surveillance. Cependant, dans de nombreux cas, il est impossible de surveiller directement ou de manière pratique ces indicateurs (p. ex., la vitesse de corrosion des conteneurs), mais on doit les déduire d'après un ensemble de sous-indicateurs qui sont facilement mesurés ou quantifiés. Par exemple, la vitesse de corrosion dépend de la température et de la composition géochimique des eaux souterraines, alors ces paramètres peuvent faire partie d'un programme de surveillance.

### **7.10.3 Arguments complémentaires (raisonnement multiples)**

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait utiliser plusieurs types de raisonnement pour accroître la confiance à l'égard du dossier de sûreté, par exemple, en utilisant des analogues naturels ou anthropiques ou encore des données paléohydrogéologiques.

Les analogues naturels peuvent être utilisés pour démontrer que les composants d'un système de stockage définitif des déchets restent efficaces sur les grandes échelles temporelles et spatiales prises en compte dans les modèles d'évaluation de la sûreté post-fermeture, et qu'on ne peut reproduire en laboratoire. En effet, en l'absence de données sur la caractérisation du site, ces

études peuvent fournir des données permettant de vérifier et de valider les modèles de processus détaillés et d'évaluation simplifiés, ainsi que d'élaborer des modèles descriptifs génériques. Il est aussi possible d'utiliser des analogues anthropiques, le cas échéant, en complément des analogues naturels. Les données paléohydrogéologiques propres à un site permettent d'accroître la confiance à l'égard de la stabilité géologique et de la capacité de confinement du site. Les analogues naturels et les données paléohydrogéologiques peuvent contribuer aux évaluations complémentaires de la sûreté à long terme, et être inclus dans le dossier de sûreté afin d'accroître la confiance à l'égard des conclusions tirées de l'évaluation de la sûreté.

## 8. Évaluation de la sûreté post-fermeture

Le demandeur ou le titulaire de permis doit s'assurer que l'évaluation de la sûreté post-fermeture d'un système de stockage définitif comprend une analyse quantitative systématique de l'évolution du système de stockage définitif et de son environnement, des événements perturbateurs possibles et des effets radiologiques et non radiologiques potentiels qui pourraient en résulter pour les personnes et l'environnement. L'interprétation des résultats quantitatifs devrait être claire.

Le demandeur ou le titulaire de permis doit élaborer et utiliser des scénarios pour décrire l'évolution possible de l'installation et de son environnement, ainsi que l'effet possible des CEP sur la sûreté.

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait appliquer des modèles à chaque scénario afin d'évaluer ce qui suit :

- l'évolution de la forme des déchets et de l'activité ou des concentrations des contaminants associés au fil du temps
- la vitesse de rejet des contaminants
- l'évolution des barrières artificielles
- l'évolution des barrières naturelles
- le déplacement des contaminants traversant les barrières artificielles, la géosphère et la biosphère
- l'exposition des récepteurs
- les effets potentiels de l'exposition

Le demandeur ou le titulaire de permis doit s'assurer que l'évaluation de la sûreté post-fermeture démontre qu'il comprend bien le système de stockage définitif, grâce à une méthode bien structurée, transparente et traçable.

La documentation de l'évaluation de la sûreté post-fermeture devrait fournir un compte rendu clair et complet des décisions prises et des hypothèses formulées lors de l'élaboration du modèle du système de stockage définitif des déchets. Les paramètres et les variables appliqués au modèle pour obtenir un ensemble de résultats donnés devraient être consignés et justifiés.

Les hypothèses et les données de l'évaluation de la sûreté post-fermeture doivent être étayées par une évaluation des conditions actuelles et futures du système de stockage définitif.

En raison de l'incertitude qui entache les hypothèses concernant les événements futurs, la fiabilité des estimations quantitatives diminue au fil du temps. La démonstration de la sûreté s'appuie donc moins sur des estimations quantitatives et davantage sur des arguments qualitatifs à mesure que l'horizon temporel augmente. Le demandeur ou le titulaire de permis ne devrait donc pas considérer les estimations quantitatives à long terme comme étant coulées dans le béton, mais

plutôt comme des indicateurs de sûreté. Pour renforcer la confiance à l'égard de l'évaluation de la sûreté post-fermeture, on devrait employer une approche qui combine plusieurs types de raisonnement (arguments complémentaires) et des indicateurs de sûreté dans le contexte du dossier de sûreté.

## **8.1 Éléments de l'évaluation de la sûreté post-fermeture**

Pour réaliser l'évaluation de la sûreté post-fermeture d'un système de stockage définitif, le demandeur ou le titulaire de permis devrait utiliser une approche structurée comprenant les éléments suivants :

- le contexte de l'évaluation de la sûreté post-fermeture
- la description du système de stockage définitif des déchets
- les scénarios et les périodes de référence de l'évaluation de la sûreté post-fermeture
- l'élaboration et l'utilisation de modèles d'évaluation de la sûreté
- l'interprétation des résultats

### **8.1.1 Contexte de l'évaluation de la sûreté post-fermeture**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit s'assurer que le contexte de l'évaluation de la sûreté permet de :

- définir la portée et l'objet du dossier de sûreté
- énoncer les critères utilisés dans l'évaluation
- décrire l'approche adoptée pour démontrer la sûreté
- indiquer les paramètres ultimes de l'évaluation (c.-à-d. les résultats de la modélisation qui doivent être comparés aux critères d'acceptation; voir la section 8.1.1.1)

#### **8.1.1.1 Critères d'acceptation utilisés dans l'évaluation**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit s'assurer que le contexte de l'évaluation de la sûreté contient des critères qui permettent de juger de l'acceptabilité des résultats de l'évaluation de la sûreté. Ces critères doivent être fondés sur des exigences réglementaires ou d'autres indicateurs de sûreté ou paramètres scientifiquement justifiables, qui démontrent le rendement du système. Le titulaire de permis devrait aussi définir les critères précis du niveau de sûreté à atteindre.

### **Radioprotection des personnes**

L'évaluation de la sûreté post-fermeture d'un système de stockage définitif doit fournir une assurance raisonnable que la limite réglementaire de dose radiologique pour l'exposition du public (actuellement de 1 mSv/an) ne sera pas dépassée dans le scénario d'évolution normale. Pour tenir compte de la possibilité d'exposition à des sources multiples et de leurs effets cumulatifs potentiels, et pour garantir que les doses dues au système de stockage définitif sont au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA), on devrait établir une contrainte de dose sous forme d'une fraction de la limite de dose réglementaire. La contrainte de dose n'est pas une limite, mais plutôt un outil de référence dans le processus d'optimisation. Par exemple, aux fins d'optimisation, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) [8] recommande une contrainte de dose de 0,3 mSv/an.

On ne devrait pas utiliser la contrainte de dose pour tenir compte des incertitudes dans les prévisions du modèle d'évaluation de la sûreté. En effet, le simple fait d'atteindre la contrainte de

dose ne prouve pas que la conception respecte le principe d'optimisation. La dose devrait être réduite en deçà de la contrainte, pourvu qu'il soit possible de le faire à un coût défendable, compte tenu des facteurs socioéconomiques. L'objectif radiologique nominal devrait être formulé de façon à être cohérent avec l'approche et la stratégie choisies pour l'évaluation de la sûreté post-fermeture.

Pour les scénarios d'intrusion humaine accidentelle, le document SSR-5 de l'AIEA, *Stockage définitif des déchets radioactifs* [9], propose les critères suivants, conformément aux recommandations de la CIPR :

- a) La limite de dose aux personnes du public pour toutes les situations d'exposition planifiées est une dose efficace de 1 mSv par an. Cette limite et son équivalent en termes de risque sont considérés comme des critères à ne pas dépasser à l'avenir.
- b) Pour que cette limite de dose soit respectée, une installation de stockage définitif (considérée comme une source unique) est conçue de façon que la dose ou le risque calculé pour la personne représentative qui pourrait être exposée à l'avenir à la suite de processus naturels possibles affectant l'installation de stockage définitif ne soit pas supérieur à une contrainte de dose de 0,3 mSv par an ou à une contrainte de risque de l'ordre de  $10^{-5}$  par an.
- c) S'agissant des effets d'une intrusion humaine par inadvertance après la fermeture, si l'on compte que cette intrusion entraînerait une dose annuelle inférieure à 1 mSv pour les personnes vivant autour du site, alors les efforts de réduction de la probabilité d'une intrusion ou de limitation de ses conséquences ne sont pas justifiés.
- d) Si l'on compte qu'une intrusion humaine pourrait entraîner une dose annuelle supérieure à 20 mSv aux personnes vivant autour du site, alors d'autres options de stockage définitif des déchets doivent être envisagées, par exemple le stockage définitif en profondeur ou la séparation des radionucléides causant les doses les plus élevées.
- e) Si l'on compte sur des doses annuelles entre 1 et 20 mSv, alors des efforts raisonnables sont justifiés, à la phase de réalisation de l'installation, pour réduire la probabilité d'intrusion ou en limiter les conséquences en optimisant la conception de l'installation.
- f) Des considérations similaires s'appliquent lorsque les seuils pertinents pour les effets déterministes dans les organes peuvent être dépassés.

### **Protection des personnes contre les substances dangereuses**

Les valeurs de référence pour la protection contre les substances dangereuses se trouvent dans les recommandations et les objectifs fédéraux et provinciaux en matière d'environnement. Lorsqu'elles sont disponibles, les *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement* [10], établies par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) pour la protection de la santé humaine, devraient être utilisées comme valeurs de référence ou valeurs toxicologiques de référence. Sinon, ce sont les recommandations fédérales ou provinciales sur la santé humaine qui devraient être appliquées. Si aucune valeur de référence n'est disponible, on peut les trouver dans la littérature sur la toxicité ou dans les documents publiés par d'autres organismes de réglementation, ou encore on peut établir ces critères en suivant les protocoles du CCME.

### **Radioprotection de l'environnement**

En ce qui concerne la protection du biote non humain contre la radioexposition, la principale préoccupation doit être la dose de rayonnement totale pouvant entraîner des effets déterministes sur les organismes exposés. Les valeurs de référence pour les doses de rayonnement, en vue d'une analyse quantitative des effets, devraient suivre l'orientation du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants [11]. Pour les espèces ayant besoin d'une protection spéciale (p. ex., celles qui figurent sur la *Liste des espèces en péril* du gouvernement du Canada), on devrait envisager un critère de débit de dose de référence plus prudent [8]. D'autres valeurs de référence pour des doses de rayonnement moyennes transmises au biote non humain ont été calculées pour différents types d'organismes [12, 13, 14, 15, 16, 17].

Les critères de radioprotection de l'environnement devraient être élaborés selon les protocoles établis pour les substances dangereuses, dont il est question ci-dessous.

### **Protection de l'environnement contre les substances dangereuses**

Les critères d'acceptation non radiologiques pour la protection de l'environnement peuvent comprendre la concentration ou le flux de substances dangereuses. Les *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement* [10] sur l'eau, les sédiments et le sol fournissent de bonnes valeurs de référence pour des analyses de la sûreté prudentes. Lorsqu'aucune recommandation fédérale n'a été établie, il est possible d'utiliser les recommandations provinciales.

Les valeurs de référence des substances dangereuses peuvent aussi être calculées à partir des données publiées dans des ouvrages sur la toxicité ou par d'autres organismes de réglementation (p. ex., l'Environmental Protection Agency des États-Unis). Le CCME fournit quant à lui des protocoles de calcul pour les critères de qualité de l'air, du sol et de l'eau. Les protocoles d'élaboration des critères de protection de l'environnement comprennent l'établissement des valeurs de toxicité critique, p. ex., la concentration produisant des effets dans 10 % ou 20 % des cas, la dose minimale avec effet nocif observé ou encore la dose sans effet nocif observé, selon les études d'exposition chronique des espèces les plus sensibles. L'évaluation des risques que représentent les substances dangereuses pour le biote non humain est effectuée au niveau de la population, mais pour les espèces nécessitant une protection spéciale (p. ex., celles qui figurent dans la [Loi sur les espèces en péril](#)), l'évaluation devrait porter sur la protection au niveau individuel.

#### **8.1.1.2 Approche adoptée pour démontrer la sûreté**

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait utiliser des approches tenant compte du risque pour estimer le rejet et la dispersion des contaminants, ainsi que les concentrations associées dans l'eau, les sédiments, le sol et l'air en fonction des caractéristiques des déchets, des mécanismes et taux de rejet et du taux de transport des contaminants. Il peut s'agir d'une combinaison de modélisations étayée par des données de surveillance.

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait évaluer la sûreté post-fermeture en combinant plusieurs approches quantitatives, notamment les suivantes :

- une évaluation de la portée pour illustrer les facteurs qui sont importants pour la sûreté post-fermeture, ainsi qu'une évaluation limitative des effets potentiels
- des calculs donnant une meilleure estimation réaliste du rendement du système de stockage définitif des déchets ou des calculs prudents surestimant intentionnellement les effets potentiels

- des calculs déterministes ou probabilistes appropriés, aux fins de l'évaluation de la sûreté, pour refléter l'incertitude des données

Le demandeur ou le titulaire de permis pourrait utiliser n'importe quelle combinaison de ces approches ou bien d'autres stratégies d'évaluation pertinentes et complémentaires afin d'accroître la confiance à l'égard de la sûreté de l'installation.

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait décrire et justifier le choix de l'approche dans la documentation qui démontre la sûreté post-fermeture. On s'attend à ce que l'objectif de l'évaluation de la sûreté justifie également le modèle d'évaluation utilisé (voir la section 8.1.5) et le niveau de confiance nécessaire dans les résultats.

### **Évaluation visant à déterminer la portée et les limites du système de stockage définitif**

Le demandeur ou le titulaire de permis peut effectuer une évaluation de la portée pour avoir une compréhension générale de l'ensemble du système de stockage définitif, ce qui l'aidera à déterminer les aspects du système qui sont essentiels à la sûreté.

Le demandeur ou le titulaire de permis peut effectuer une évaluation limitative afin d'estimer les limites du rendement du système de stockage définitif. Une telle évaluation peut être réalisée à l'aide de modèles mathématiques simples ou de modèles détaillés qui utilisent la valeur des paramètres limitatifs.

### **Meilleures estimations réalistes versus surestimations prudentes**

Le demandeur ou le titulaire de permis peut réaliser une évaluation basée sur la meilleure estimation réaliste pour comprendre le comportement le plus probable du système de stockage définitif. Il devrait alors utiliser les données réelles du site et de l'installation finie, des scénarios adaptés au site et des modèles précis des processus simulés dans l'estimation réaliste.

Il peut aussi réaliser des évaluations prudentes pour surestimer intentionnellement les conséquences futures afin de se donner une marge de sûreté supplémentaire pour les situations où les résultats de l'évaluation ne peuvent pas être considérés comme des estimations précises, mais comme des indicateurs de sûreté. Une approche prudente devrait être utilisée lorsqu'on élabore les codes informatiques et les modèles. Les hypothèses et la simplification des processus ne devraient pas entraîner une sous-estimation des risques ou des effets potentiels. Il se pourrait que les hypothèses ne soient pas toutes prudentes, mais toutes les hypothèses devraient avoir comme résultat net de représenter les effets et les risques à long terme de manière prudente.

Des valeurs prudentes des conditions limites et initiales d'un modèle d'évaluation, ainsi que les données d'entrée, peuvent être utilisées pour surestimer les conséquences futures. Étant donné que les modèles ne réagissent pas nécessairement de manière linéaire aux données d'entrée, les valeurs prudentes ne représentent pas forcément les limites maximales ou minimales des données. C'est la valeur du résultat calculé qui détermine si la structure du modèle et les données d'entrée ont produit une surestimation prudente.

Si les résultats de l'évaluation doivent être utilisés pour respecter une mesure numérique ou une norme de rendement, il peut s'avérer approprié d'adopter une approche prudente basée sur des modèles relativement simples. Pour qu'une telle approche soit possible, il doit y avoir une grande marge de sûreté. La prudence est de mise, car en cas d'utilisation abusive, les résultats des scénarios trop prudents ou les plus défavorables peuvent conduire à une mauvaise prise de

décisions sur la base des résultats de l'évaluation qui sont peu représentatifs du système de stockage définitif réel.

### **Approche déterministe et probabiliste**

Le demandeur ou le titulaire de permis pourrait utiliser un modèle déterministe pour illustrer l'effet de chacune des incertitudes ou des autres hypothèses du modèle. Le modèle déterministe utilise des données d'entrée uniques pour calculer un résultat unique qui sera comparé à un critère d'acceptation. Compte tenu de la variabilité des données, les calculs déterministes individuels doivent être effectués à partir de valeurs de paramètres différentes.

C'est l'approche utilisée pour réaliser les analyses de la sensibilité (examen de la variation des prévisions du modèle en fonction des changements des données d'entrée) et les analyses de l'importance (calcul de la plage des valeurs prédites correspondant à la plage des valeurs d'entrée).

Le demandeur ou le titulaire de permis pourrait utiliser des modèles probabilistes, qui effectuent habituellement des calculs déterministes répétitifs à partir de valeurs d'entrée tirées des distributions de paramètres et dont les résultats sont présentés sous forme de distribution de fréquence des conséquences calculées. La fréquence multipliée par la conséquence est interprétée comme étant le risque global de dommages dus à l'élimination des déchets. Les modèles probabilistes peuvent explicitement tenir compte de l'incertitude associée à la variabilité des données utilisées dans les prévisions de l'évaluation de la sûreté. Ces modèles pourraient aussi être structurés de façon à tenir compte des différents scénarios ou de leur incertitude.

Le risque calculé au moyen d'un modèle probabiliste ne peut pas être comparé directement à un critère d'acceptation, à moins que ce critère ne représente lui-même un risque. Les résultats d'un modèle probabiliste devraient être présentés et discutés. Lorsque le risque est calculé comme étant l'ampleur de la conséquence et la probabilité de sa survenance, le modèle reflétera la probabilité qu'un scénario avec ces données d'entrée particulières se produise réellement.

#### **8.1.1.3 Paramètres ultimes de l'évaluation**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit démontrer que les paramètres ultimes de l'évaluation sélectionnés sont conformes à l'objectif de l'évaluation et aux exigences réglementaires pertinentes, notamment les exigences relatives à la dose radiologique.

D'autres indicateurs de sûreté complémentaires, notamment ceux qui reflètent l'efficacité des barrières de confinement ou les effets sur les espèces non humaines, peuvent également être présentés pour illustrer le rendement à long terme d'un système de stockage définitif. Voici quelques exemples d'indicateurs de sûreté complémentaires :

- la vitesse de corrosion des conteneurs
- la vitesse de dégradation des déchets
- l'âge des eaux souterraines et leur temps de déplacement
- les flux de contaminants provenant d'une installation d'évacuation des déchets
- les effets du système sur la flore et la faune du site
- les concentrations de contaminants dans un milieu donné (p. ex., concentration de radium dans les eaux souterraines)
- la variation de la toxicité des déchets

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait établir et justifier les critères d'acceptation à l'égard desquels ces indicateurs de sûreté complémentaires seront jugés, en fonction de la relation entre l'indicateur de sûreté complémentaire et les paramètres ultimes plus directs de l'évaluation. Par exemple, si la concentration d'une substance dangereuse dans l'environnement est directement liée à la vitesse des eaux souterraines à proximité d'une installation de gestion des déchets, alors la vitesse prévue des eaux souterraines pourrait servir de critère de sûreté post-fermeture en complément à une évaluation de la sûreté exhaustive qui utilise les effets sur l'environnement, notamment la concentration dans l'environnement, comme paramètres ultimes.

### **Définition des récepteurs humains et environnementaux**

Pour l'analyse de la sûreté, le demandeur ou le titulaire de permis doit élaborer des scénarios définissant les récepteurs humains et environnementaux qui pourraient être exposés à des substances radioactives et dangereuses. Comme les doses seront transmises aux personnes et aux divers organismes récepteurs par différentes voies d'exposition, elles seront évaluées selon différents critères d'acceptation, même si tous les récepteurs sont présents dans le même milieu au même moment.

Les récepteurs humains et environnementaux devraient être identifiés selon l'orientation fournie dans les normes CSA N288.1, *Guide de calcul des limites opérationnelles dérivées de matières radioactives dans les effluents gazeux et liquides durant l'exploitation normale des installations nucléaires* [18] et CSA N288.6, *Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium* [19].

Le document IAEA-TECDOC-1077, *Critical Groups and Biospheres in the Context of Radioactive Waste Disposal* [20] fournit l'orientation nécessaire à l'évaluation de l'exposition des groupes critiques durant la période de référence du scénario d'évolution normale. Dans le cas des longues périodes de référence, le promoteur pourrait choisir d'utiliser une biosphère de référence comme groupe critique. On trouvera une orientation supplémentaire concernant l'utilisation des biosphères de référence dans le document BIOMASS-6 de l'AIEA, *Reference Biospheres for Solid Radioactive Waste Disposal* [21] publié en 2003.

### **8.1.2 Description du système de stockage définitif**

Le titulaire de permis doit inclure la description du système de stockage définitif. Cette description, qui est une composante du dossier de sûreté, devrait être réitérée pour montrer comment les caractéristiques sont pertinentes pour l'évaluation de la sûreté. Elle devrait présenter à la fois les caractéristiques du site et la conception des SSC importants pour la sûreté, ainsi qu'une description du type de déchets à gérer.

À mesure que l'installation avancera dans son cycle de vie autorisé, on recueillera des renseignements sur l'installation construite et des données d'exploitation. Ces deux sources de données permettront de mieux comprendre les caractéristiques du site. Les évaluations de la sûreté réalisées plus tard dans le cycle de vie de l'installation reposeront donc sur des données et des modèles actuels et précis. On utilisera de moins en moins les données par défaut, génériques ou hypothétiques, et les résultats des modèles seront donc plus fiables.

#### **8.1.2.1 Caractérisation du site**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit inclure les données de caractérisation du site dans son évaluation de la sûreté.

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait s'assurer que les caractéristiques du site sont suffisamment définies pour permettre une description précise des conditions actuelles du site et une projection crédible de leur évolution future.

Pour en savoir plus sur la caractérisation des dépôts géologiques en profondeur, veuillez consulter le REGDOC-1.2.1, *Orientation sur la caractérisation des emplacements de dépôts géologiques en profondeur* [6].

### **8.1.3 Scénarios d'évaluation de la sûreté post-fermeture et périodes de référence**

Le titulaire de permis doit élaborer et utiliser des scénarios pour décrire l'évolution possible du système de stockage définitif et de son environnement, ainsi que l'effet potentiel des CEP répertoriés sur la sûreté.

Le demandeur ou le titulaire de permis doit veiller à ce que les scénarios de l'évaluation de la sûreté tiennent compte de tous les états actuels et futurs, réels ou potentiels, du site et de la biosphère.

L'évaluation de la sûreté doit comprendre un scénario de base de l'évolution normale, attendue ou prévue du site et du système de stockage définitif au fil du temps, ainsi que des scénarios supplémentaires qui examinent l'effet possible d'événements perturbateurs ayant une faible probabilité d'occurrence.

Chaque scénario présenté dans une évaluation de la sûreté doit comporter des renseignements précis sur les points suivants :

- la période de référence sur laquelle l'évaluation est basée
- la durée (du début à la fin) pendant laquelle les contrôles institutionnels seront utilisés comme caractéristique de sûreté
- la définition et les caractéristiques des récepteurs et groupes critiques présumés

L'évaluation de la sûreté devrait présenter et justifier les techniques et les critères d'élaboration des scénarios analysés. Ces scénarios devraient être élaborés de manière systématique, transparente et traçable au moyen d'une analyse structurée des CEP pertinents selon les conditions actuelles et futures prévues des caractéristiques du site, les propriétés des déchets et les caractéristiques et modes de vie des récepteurs. L'approche d'élaboration des scénarios devrait correspondre à la rigueur de l'évaluation de la sûreté, compte tenu de l'objectif de l'évaluation, des dangers que représentent les déchets et de la nature de la décision pour laquelle l'évaluation est réalisée.

Afin de démontrer la robustesse d'un système de stockage définitif, l'évaluation devrait envisager des scénarios d'événements perturbateurs dans lesquels on fait l'hypothèse d'une défaillance totale ou partielle d'une ou plusieurs barrières ou fonctions de sûreté. Ces scénarios devraient montrer que, dans de telles circonstances, le système de stockage définitif des déchets demeurera sûr.

Des scénarios hypothétiques pourraient être utilisés pour démontrer la robustesse et l'efficacité des différentes barrières naturelles et artificielles dans des conditions extrêmes. Il peut être instructif de modifier les valeurs des paramètres ou autres propriétés dans différentes parties du système de barrières de façon à ce que chaque barrière soit sollicitée de manière exagérée. On

pourrait alors démontrer que de telles conditions exagérées sont irréalistes, qu'elles n'ont aucun effet négatif sur la sûreté ou qu'elles peuvent être évitées dans la conception.

Les scénarios stylisés sont la représentation générique d'un groupe de scénarios dans lesquels une partie du système de stockage définitif des déchets est uniformisée ou simplifiée. Les scénarios stylisés pourraient être utiles si les données sur le site sont insuffisantes ou que l'évaluation de la sûreté ne nécessite pas de données détaillées sur le site.

L'évaluation de la sûreté devrait démontrer que l'ensemble des scénarios élaborés est crédible et complet. Certains CEP ou scénarios peuvent être exclus de l'évaluation s'ils sont extrêmement peu probables ou s'ils ont un effet négligeable.

Une autre méthode d'élaboration des scénarios consiste à analyser la façon dont les fonctions de sûreté sont influencées par les éventuels CEP. Les scénarios élaborés pourraient ensuite être vérifiés par rapport à une liste de CEP appropriés.

L'approche et les critères de sélection utilisés pour exclure ou inclure des scénarios devraient être justifiés et bien documentés.

### **8.1.3.1 Scénario d'évolution normale**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit présenter un scénario d'évolution normale dans l'évaluation de la sûreté post-fermeture. Ce scénario devrait être basé sur l'extrapolation raisonnable des caractéristiques actuelles du site et des modes de vie des récepteurs. Il devrait inclure l'évolution prévue du site et la dégradation du système de stockage définitif des déchets (perte progressive ou totale de la fonction de protection assurée par les barrières), au fur et à mesure de son vieillissement. Les scénarios d'évolution n'ont pas à tenir compte de l'évolution biologique des espèces de récepteurs individuelles; elle peut donc être considérée comme étant statique dans le cadre de l'évaluation de la sûreté post-fermeture.

Tout dépendant des conditions particulières du site et de la période de référence utilisée pour l'évaluation de la sûreté, un scénario d'évolution normale devrait inclure les conditions ou les événements prévus, tels que les séismes, les changements climatiques ou un début de glaciation. Le scénario d'évolution normale devrait aussi tenir compte des événements perturbateurs naturels périodiques attendus durant la période de référence, comme des inondations ou des feux de forêt, ainsi que de leurs effets sur l'efficacité des barrières. Leurs effets sur le rendement de la barrière devraient être pris en compte. Ces différents événements pourraient être analysés séparément en tant que variantes du scénario d'évolution normale.

Le choix des événements naturels qui devraient être pris en compte repose sur l'évaluation des CEP et sur la probabilité qu'ils se produisent durant la période de référence de l'évaluation de la sûreté.

Le scénario d'évolution normale devrait aussi tenir compte des modes de défaillance des systèmes de confinement et d'isolement. Ces défaillances peuvent résulter non seulement de la dégradation naturelle des barrières, mais des événements qui pourraient se produire une ou plusieurs fois durant la période de référence de l'évaluation, y compris les intrus qui traversent les barrières.

L'évaluation de la sûreté devrait comprendre un modèle de la biosphère, c'est-à-dire l'environnement récepteur des contaminants, reposant le plus possible sur les données du site

fournies dans la description du système. Si les données du site ne permettent pas de faire des extrapolations raisonnables ou prudentes à partir des caractéristiques de la biosphère actuelle, on pourrait envisager une approche stylisée pour définir la biosphère conformément à l'objet de l'évaluation de la sûreté.

### **8.1.3.2 Scénarios d'événements perturbateurs, y compris l'intrusion humaine**

Le demandeur ou le titulaire de permis doit postuler les scénarios d'événements perturbateurs menant à la pénétration possible des barrières et à une perte de confinement anormale. Les événements comme les incendies, les inondations, les séismes, les éruptions volcaniques et les intrusions humaines ne peuvent pas être prédits avec exactitude, même lorsqu'ils sont associés à une probabilité annuelle ou à une période de récurrence. Les événements perturbateurs plus graves que ceux prévus dans les scénarios d'évolution normale pour lesquels les barrières sont conçues et auxquels elles sont censées résister devraient être pris en compte. L'inclusion de scénarios d'événements perturbateurs permettra de démontrer le principe de défense en profondeur et la robustesse du système de stockage définitif dans son ensemble.

En plus de compromettre les barrières de confinement, les intrusions pourraient entraîner la redistribution des déchets au-delà des barrières, exposant potentiellement le public et l'environnement. Par conséquent, l'évaluation des scénarios d'intrusion humaine doit fournir une estimation de l'exposition des personnes et de l'environnement en cas de redistribution des déchets. Les scénarios d'intrusion involontaire, c'est-à-dire que l'intrus ne connaît pas le danger associé aux déchets, devraient estimer l'exposition de l'intrus. Toutefois, lorsqu'un intrus traverse intentionnellement une barrière et est conscient des dangers des déchets, cette situation n'a pas besoin d'être prise en compte.

Les scénarios d'intrusion involontaire devraient être élaborés au cas par cas, selon le type de déchets et la conception du système de stockage définitif, et devraient tenir compte de la probabilité et des conséquences d'une intrusion. Les systèmes de stockage définitif en surface et près de la surface (p. ex., les parcs de résidus) sont plus susceptibles de faire l'objet d'intrusions que les dépôts géologiques en profondeur. Les critères d'acceptation pour l'intrusion humaine devraient être définis. Si les critères ne peuvent pas être remplis, même après l'optimisation de la conception et du choix de l'emplacement, la gestion des déchets à plus grande profondeur devrait être envisagée.

Dans les scénarios d'intrusion avec conséquences graves, tous les efforts possibles devraient être faits pour limiter la dose et réduire la probabilité d'intrusion. Les conséquences d'une intrusion pourraient être réduites grâce au contrôle de la forme et des propriétés des déchets admissibles. Des modifications à la conception devraient être envisagées afin de réduire la probabilité d'une intrusion par inadvertance. Cela peut inclure le choix du site (lorsque les options relatives à la sélection du site sont réalisables), l'implantation du système de stockage définitif à une profondeur qui décourage l'intrusion, l'incorporation de caractéristiques de conception robustes qui rendent l'intrusion plus difficile, et la mise en œuvre de contrôles institutionnels actifs ou passifs, selon le cas.

Pour ce qui est du stockage définitif près de la surface, outre la conception et l'optimisation, l'évaluation des scénarios d'intrusion humaine permet également d'élaborer des critères d'acceptation des déchets, de mettre en place les périodes de référence nécessaires pour les contrôles institutionnels, et de déterminer s'il y a lieu de recourir à un stockage définitif plus profond de certains flux de déchets.

Dans le cas des dépôts géologiques en profondeur, où la probabilité d'intrusion a déjà été réduite par l'optimisation des caractéristiques du site, de la profondeur et de la conception de l'installation, les résultats de l'évaluation des scénarios d'intrusion humaine devraient être utilisés à titre d'exemples. Dans les scénarios d'intrusion humaine involontaire dans de tels dépôts, on pourrait estimer que les doses sont supérieures à la limite réglementaire. L'interprétation de tels résultats devrait donc tenir compte du degré d'incertitude associé à l'évaluation, du degré de prudence de la limite de dose et de la probabilité d'intrusion. La probabilité et les conséquences de l'intrusion devraient être indiquées.

### 8.1.3.3 Périodes de référence de l'évaluation

Le demandeur ou le titulaire de permis doit s'assurer que toutes les répercussions futures pouvant découler des déchets radioactifs incluent la période pendant laquelle les effets futurs potentiels des déchets radioactifs culmineront.

On doit justifier la période de référence associée à l'évaluation de la sûreté. L'approche adoptée pour déterminer les différentes périodes de l'évaluation de la sûreté devrait tenir compte des éléments suivants :

- la durée de vie dangereuse des contaminants associés aux déchets
- la durée de la période opérationnelle (avant que le système de stockage définitif n'atteigne son état final)
- la durée de vie des barrières artificielles
- la durée des contrôles institutionnels actifs et passifs
- la fréquence des événements naturels et des changements environnementaux anthropiques (p. ex., séismes, inondations, sécheresses, glaciations ou changements climatiques)
- le degré de protection et d'isolement requis contre les intrusions involontaires à long terme

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait documenter et justifier les périodes de référence des barrières techniques donnant le rendement présumé, ainsi que l'évolution de leurs fonctions de sûreté au fil du temps. Selon l'objectif de l'évaluation, il peut s'avérer utile de diviser la période de référence globale en plusieurs créneaux de temps plus courts, aux fins de modélisation ou de présentation. On peut également utiliser des paramètres ultimes différents pour différents créneaux de temps.

Si les périodes de référence sont longues, on devrait tenir compte des événements plus graves (présentant une faible probabilité de dépassement) dans la conception du système de stockage définitif et de ses composants. Par exemple, le séisme de référence qu'on choisira pour un système ou ses composants dépend de la probabilité de dépassement et des conséquences d'une défaillance si un séisme plus grave se produit pendant la période de référence. Si les conséquences sont importantes, la probabilité de dépassement du séisme de référence durant la période de référence devrait être moindre. Un séisme de référence est souvent associé à une périodicité (en années), qui est l'inverse de sa probabilité annuelle de dépassement. Par exemple, la probabilité annuelle de dépassement pour un séisme dont la période de récurrence est de 10 000 ans est de 1/10 000. Par conséquent, pour une année donnée, la probabilité qu'un séisme plus grave que le séisme de référence se produise est de 1/10 000 (0,01 %). Pour une période de référence de 10 000 ans, la probabilité augmente à 63 % et pour une période de référence de 100 000 ans, cette probabilité est proche de 100 %.

### **8.1.4 Élaboration et utilisation des modèles d'évaluation**

Lors de l'élaboration des modèles d'évaluation, le demandeur ou le titulaire de permis devrait employer divers outils informatiques et de calcul (modèles conceptuels et mathématiques) pour prévoir les conditions futures afin de les comparer aux critères d'acceptation.

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait élaborer un modèle conceptuel, qui est une représentation du comportement du système de stockage définitif des déchets et qui comporte la description des composants du système et leurs interactions mutuelles. Ce modèle devrait aussi comprendre un ensemble d'hypothèses reflétant les données et les connaissances disponibles sur la géométrie du système et le comportement chimique, physique, biologique, mécanique et géologique de l'installation ou de l'activité.

Les modèles conceptuels du site et le système de stockage définitif doivent souvent être simplifiés pour correspondre aux limites des équations mathématiques et aux capacités des modèles informatiques. Un modèle mathématique représente les caractéristiques et les processus du modèle conceptuel sous forme d'équations mathématiques.

Le niveau de précision nécessaire dans les modèles d'évaluation de la sûreté post-fermeture et le degré de prudence souhaité dans les résultats sont déterminés par ce qui suit :

- l'objectif de l'évaluation de la sûreté
- l'importance des résultats du modèle pour pouvoir indiquer la sûreté et le rendement prévus

#### **8.1.4.1 Confiance dans les modèles d'évaluation de la sûreté**

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait s'assurer que les modèles d'évaluation de la sûreté sont adaptés à l'objectif visé. Les paramètres d'entrée, les scénarios analysés et les résultats devraient être conformes aux hypothèses et aux limites du modèle.

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait conserver des dossiers sur la manière dont les données de caractérisation propres au site et au système ont été utilisées pour déterminer les paramètres d'entrée.

Le processus d'évaluation des modèles d'évaluation de la sûreté devrait chercher à déterminer et comprendre les principaux processus radiologiques, physiques, chimiques et biologiques qui sont importants pour la sûreté aux différentes échelles spatiales et temporelles en cause dans l'évaluation de la sûreté. Il est possible d'utiliser des modèles sophistiqués et détaillés des processus pour déterminer si ceux-ci ont suffisamment d'influence pour être intégrés au modèle d'évaluation de la sûreté post-fermeture ou s'ils peuvent être ignorés sans que cela compromette la fiabilité des prévisions.

L'évaluation du modèle devrait comprendre des analyses de sensibilité indiquant si les résultats produits par le modèle reflètent de manière attendue la variation des paramètres d'entrée. Elle devrait aussi comprendre des analyses des incertitudes et de l'importance précisant les paramètres qui contrôlent la variabilité des résultats du modèle. Ces analyses devraient indiquer si le modèle reproduit bien les faits connus et compris sur les processus simulés. De plus, les résultats de ces analyses devraient être prouvés conformes aux limites et restrictions des hypothèses du modèle d'évaluation de la sûreté.

La nécessité d'évaluer l'incertitude des modèles d'évaluation de la sûreté dépend du niveau de confiance nécessaire à l'égard des résultats de la modélisation. Le niveau de confiance acceptable est régi par l'objectif de l'évaluation de la sûreté, le facteur de sûreté intégré dans les critères d'acceptation des indicateurs de sûreté, et l'importance des résultats du modèle d'évaluation de la sûreté pour le dossier de sûreté.

Les analyses de la sensibilité et des incertitudes des modèles déterministes ou probabilistes ne peuvent pas prévoir en soi les incertitudes du modèle conceptuel sous-jacent ni les incertitudes liées aux limites du modèle mathématique utilisé pour décrire les processus. L'analyse de telles incertitudes nécessiterait l'utilisation de différents modèles mathématiques et informatiques reposant sur d'autres modèles conceptuels.

La confiance à l'égard du modèle d'évaluation de la sûreté peut être améliorée de différentes façons, notamment les suivantes :

- le rendement des prévisions indépendantes selon des stratégies d'évaluation de la sûreté et des outils informatiques entièrement différents
- la démonstration de la cohérence entre d'une part les résultats du modèle d'évaluation de la sûreté post-fermeture, et d'autre part l'évaluation complémentaire de la portée et des limites de la sûreté
- l'application du modèle d'évaluation de la sûreté à un analogue du système de stockage définitif
- des études des problèmes de référence par modélisation
- l'examen scientifique par les pairs, sous forme de publication dans la littérature ouverte
- d'autres pratiques largement utilisées par la communauté scientifique et technique

#### **8.1.4.2 Confiance à l'égard des outils de calcul**

Le demandeur ou le titulaire de permis devrait s'assurer que les programmes informatiques sont adaptés à une évaluation donnée. Ces programmes peuvent être des logiciels disponibles dans le commerce ou des logiciels développés expressément pour l'évaluation en question.

Les logiciels utilisés pour les calculs dans l'évaluation devraient être qualifiés conformément aux normes applicables.

L'étalonnage des modèles informatiques et la vérification et la validation des logiciels sont les principaux processus en cause dans l'assurance de la qualité des logiciels. L'étalonnage consiste à modifier les paramètres des équations mathématiques de manière à réduire l'écart entre les réponses calculées et les réponses mesurées du système, ces dernières étant connues.

Le titulaire de permis devrait vérifier et valider tous les logiciels utilisés pour l'évaluation de la sûreté. La vérification donne l'assurance que le programme fonctionne comme il se doit (c.-à-d. que les équations mathématiques du modèle informatique sont résolues correctement). Le fonctionnement peut être vérifié au moyen de problèmes de référence conçus pour le type de modèle évalué. La validation sert à confirmer que les équations mathématiques du modèle informatique simulent, avec une précision raisonnable, les processus et les conditions qu'elles sont censées représenter.

#### **8.1.5 Interprétation des résultats**

Lors de l'interprétation des résultats de l'évaluation de la sûreté, le demandeur devrait démontrer qu'il comprend à fond les principes scientifiques et techniques sous-jacents qui influent sur les

résultats de l'évaluation de la sûreté. L'interprétation devrait comprendre l'évaluation du respect des critères d'acceptation et l'analyse des incertitudes associées à l'évaluation de la sûreté.

Les résultats de l'évaluation de la sûreté devraient aussi faire l'objet d'une analyse montrant leur conformité avec les attentes à l'égard du rendement du système et l'ensemble des hypothèses et simplifications utilisées dans l'élaboration des modèles et des scénarios. Tout résultat ou écart inattendu devrait être consigné, examiné et expliqué.

#### **8.1.5.1 Comparaison des résultats de l'évaluation de la sûreté aux critères d'acceptation**

L'un des objectifs de l'évaluation de la sûreté est de comparer les paramètres ultimes de l'évaluation de la sûreté avec les critères d'acceptation. Cette comparaison devrait comporter une discussion sur le degré de prudence des résultats du modèle, et sur le degré de prudence intégré dans les critères d'acceptation des paramètres ultimes de l'évaluation.

Si les résultats de l'évaluation de la sûreté ne démontrent pas le respect des critères d'acceptation, l'évaluation de la sûreté doit être révisée. Il devrait y avoir suffisamment de détails pour que la CCSN puisse vérifier les résultats.

Toutefois, le respect des critères d'acceptation n'est pas suffisant en soi pour qu'un dossier de sûreté soit accepté, car on doit également démontrer que les exigences de sûreté additionnelles sont respectées.

#### **8.1.5.2 Analyse des incertitudes**

Une analyse des incertitudes entourant les résultats de l'évaluation devrait être effectuée pour relever les sources et l'importance des incertitudes. Cette analyse devrait faire la distinction entre les incertitudes attribuables à diverses sources :

- les données ou les paramètres d'entrée
- les hypothèses des scénarios
- l'imprécision du modèle mathématique
- les modèles conceptuels

Afin de déterminer l'importance relative de l'incertitude d'un paramètre d'entrée pour les résultats de l'évaluation de sûreté, il faut réaliser une analyse de la sensibilité.

Alors que les critères d'acceptation sont habituellement exprimés sous forme de valeurs uniques, les résultats des évaluations déterministes et probabilistes de la sûreté comportent une incertitude inhérente. Il est prévu que la comparaison entre les paramètres ultimes de l'évaluation de la sûreté et les critères d'acceptation tiendront compte explicitement des incertitudes dans l'évaluation de la sûreté, à savoir :

- dans le cas des analyses déterministes de sûreté, le degré d'incertitude des résultats obtenus dans le cadre d'une analyse de la sensibilité (ou d'une analyse de l'importance) doit être explicitement indiqué dans la comparaison
- dans le cas des études probabilistes de sûreté, la probabilité de dépasser les critères d'acceptation devrait être déterminée à partir de la distribution des résultats calculés. Si la plage des résultats de l'évaluation de la sûreté, obtenus par une analyse déterministe des incertitudes ou par une distribution probabiliste des résultats, montre qu'une partie des résultats peut dépasser les critères d'acceptation, le demandeur devrait démontrer que ces

résultats ne représenteront pas un risque déraisonnable pour l'environnement ou pour la santé et la sécurité des personnes, compte tenu du degré de prudence intégré dans les calculs de l'évaluation de la sûreté et de la probabilité que surviennent les circonstances menant à ces résultats.

## Glossaire

Les définitions des termes utilisés dans le présent document figurent dans le REGDOC-3.6, *Glossaire de la CCSN*, qui comprend des termes et des définitions tirés de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, de ses règlements d'application ainsi que des documents d'application de la réglementation et d'autres publications de la CCSN. Le REGDOC-3.6 est fourni à titre de référence et pour information.

## Références

1. CCSN. REGDOC-2.9.1, [Protection de l'environnement : Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement](#), Ottawa, 2017.
2. CCSN. REGDOC-2.11.1, [Gestion des déchets, tome II : Gestion des stériles des mines d'uranium et des résidus des usines de concentration d'uranium](#), Ottawa, 2018.
3. CNSC. REGDOC-3.5.3, [Principes fondamentaux de réglementation](#). Ottawa, 2018.
4. CCSN. REGDOC-2.1.1, [Système de gestion](#), Ottawa, 2019.
5. CCSN. REGDOC-2.4.3, [Sûreté-criticité nucléaire](#), Ottawa, 2018.
6. CCSN. REGDOC-1.2.1, *Orientation sur la caractérisation des emplacements de dépôts géologiques en profondeur*, Ottawa, à déterminer.
7. CCSN. REGDOC-2.11.1, [Gestion des déchets, tome I : Gestion des déchets radioactifs](#), Ottawa, à déterminer.
8. Commission internationale de protection radiologique. ICRP Publication 103, [The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection](#). Royaume-Uni , 2007.
9. AIEA. [Prescriptions de sûreté particulières SSR-5, Stockage définitif des déchets radioactifs](#), Vienne, 2011.
10. Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). [Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement](#), Ottawa, 2014.
11. Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants. [Rapport de 1996 à l'Assemblée générale, Sources and Effects of Ionizing Radiation](#), New York, 1996.
12. Larsson, C.-M. « [An overview of the ERICA integrated approach to the assessment and management of environmental risks from ionizing radiation](#) », *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 99, p. 1364 à 1370. Stockholm, 2008.
13. Brown et al. « [The ERICA Tool](#) », *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 99, 2008, p. 1371 à 1383.
14. National Council on Radiation Protection and Measurements. [NCRP Reports Vol. XXII No. 112-114](#), Bethesda, 1991.
15. Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). [Collection Rapports techniques de l'AIEA n° 332, Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards](#), Vienne, 1992.
16. Environnement et Changement climatique Canada. [Liste de substances d'intérêt prioritaire, Rejets de radionucléides des installations nucléaires \(effets sur les espèces autres que l'être humain\)](#), Ottawa, 2003.

17. Commission internationale de protection radiologique. ICRP Publication 108, [\*Environmental Protection – the Concept and Use of Reference Animals and Plants\*](#), Royaume-Uni, 2008.
18. Groupe CSA. CSA N288.1, [\*Guide de calcul des limites opérationnelles dérivées de matières radioactives dans les effluents gazeux et liquides durant l'exploitation normale des installations nucléaires\*](#). Mississauga, 2019.
19. Groupe CSA. CSA N288.6, [\*Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium\*](#). Mississauga, 2012.
20. AIEA. [\*IAEA TECDOC-1077, Critical Groups and Biospheres in the Context of Radioactive Waste Disposal\*](#), Vienne, 1999.
21. AIEA. [\*IAEA BIOMASS-6, Reference Biospheres for Solid Radioactive Waste Disposal\*](#), Vienne, 2003.

## Renseignements supplémentaires

La CCSN pourrait recommander d'autres documents sur les pratiques exemplaires et les normes, comme ceux publiés par le Groupe CSA. Avec la permission du Groupe CSA, qui en est l'éditeur, toutes les normes de la CSA associées au secteur nucléaire peuvent être consultées gratuitement à partir de la page Web de la CCSN « [Comment obtenir un accès gratuit à l'ensemble des normes de la CSA associées au secteur nucléaire](#) ».

Les documents suivants ne sont pas cités dans le présent document d'application de la réglementation, mais ils renferment des renseignements qui pourraient être utiles au lecteur.

- CCSN. REGDOC-2.11, *Cadre de gestion des déchets radioactifs et du déclassé au Canada*. Ottawa, 2018.
- CCSN. REGDOC-2.11.2, *Déclassé*. Ottawa, à déterminer.
- Groupe CSA. CSA N286, Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires. Mississauga, 2012.
- Groupe CSA. CSA N288.4, *Programmes de surveillance de l'environnement aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium*, Mississauga, 2010.
- Groupe CSA. CSA N288.5, *Programmes de surveillance des effluents aux installations nucléaires de catégorie I et usines de concentration d'uranium*, Mississauga, 2011.
- Groupe CSA. CSA N288.6, *Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium*, Mississauga, 2012.
- Groupe CSA. CSA N288.7, *Programmes de protection des eaux souterraines aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium*, Mississauga, 2015.
- Groupe CSA. CSA N292.0, *Principes généraux pour la gestion des déchets radioactifs et du combustible irradié*, Mississauga, 2014.
- Groupe CSA. CSA N292.1, *Entreposage humide du combustible irradié et d'autres matières radioactives*, Mississauga, 2016.
- Groupe CSA. CSA N292.2, *Entreposage à sec provisoire du combustible irradié*, Mississauga, 2013.
- Groupe CSA. CSA N292.3, *Gestion des déchets radioactifs de faible et de moyenne activité*, Mississauga, 2008.
- Groupe CSA. CSA N292.5, *Ligne directrice sur l'exemption ou la libération du contrôle réglementaire des matières contenant ou susceptibles de contenir des substances nucléaires*, Mississauga, 2011.
- Groupe CSA. CSA N292.6, *Gestion à long terme des déchets radioactifs et de combustible irradié*, Mississauga, 2018.

- Groupe CSA. CSA N294, *Déclassement des installations contenant des substances nucléaires*, Mississauga, 2009.
- Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). [Prescriptions générales de sûreté GSR-Partie 5, Gestion des déchets radioactifs avant stockage définitif](#), Vienne, 2009.
- AIEA. [Guide général de sûreté GSG-1, Classification of Radioactive Waste](#), Vienne, 2009.
- AIEA. [Guide de sûreté SSG-23, The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste](#), Vienne, 2012.
- AIEA. [Guide de sûreté SSG-3, The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste](#), Vienne, 2013.
- AIEA. [Guide de sûreté SSG-31, Monitoring and Surveillance of Radioactive Waste Disposal Facilities](#), Vienne, 2014.
- AIEA. [Collection Rapports de sûreté n° 389, Radiological characterization of shut down nuclear reactors for decommissioning purposes](#), Vienne, 1998.
- Organisation internationale de normalisation. [ISO 21238:2007, Énergie nucléaire – Technologie du combustible nucléaire – Méthode des ratios pour déterminer la radioactivité des colis de déchets de faible et moyenne activité produits par les centrales nucléaires](#), Genève, 2007.

## Série de documents d'application de la réglementation de la CCSN

Les installations et activités du secteur nucléaire du Canada sont réglementées par la CCSN. En plus de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* et de ses règlements d'application, il pourrait y avoir des exigences en matière de conformité à d'autres outils de réglementation, comme les documents d'application de la réglementation ou les normes.

Les documents d'application de la réglementation préparés par la CCSN sont classés en fonction des catégories et des séries suivantes :

### 1.0 Installations et activités réglementées

- Séries
- 1.1 Installations dotées de réacteurs
  - 1.2 Installations de catégorie IB
  - 1.3 Mines et usines de concentration d'uranium
  - 1.4 Installations de catégorie II
  - 1.5 Homologation d'équipement réglementé
  - 1.6 Substances nucléaires et appareils à rayonnement

### 2.0 Domaines de sûreté et de réglementation

- Séries
- 2.1 Système de gestion
  - 2.2 Gestion de la performance humaine
  - 2.3 Conduite de l'exploitation
  - 2.4 Analyse de la sûreté
  - 2.5 Conception matérielle
  - 2.6 Aptitude fonctionnelle
  - 2.7 Radioprotection
  - 2.8 Santé et sécurité classiques
  - 2.9 Protection de l'environnement
  - 2.10 Gestion des urgences et protection-incendie
  - 2.11 Gestion des déchets
  - 2.12 Sécurité
  - 2.13 Garanties et non-prolifération
  - 2.14 Emballage et transport

### 3.0 Autres domaines de réglementation

- Séries
- 3.1 Exigences relatives à la production de rapports
  - 3.2 Mobilisation du public et des Autochtones
  - 3.3 Garanties financières
  - 3.4 Séances de la Commission
  - 3.5 Processus et pratiques de la CCSN
  - 3.6 Glossaire de termes de la CCSN

**Remarque :** Les séries de documents d'application de la réglementation pourraient être modifiées périodiquement par la CCSN. Chaque série susmentionnée peut comprendre plusieurs documents d'application de la réglementation. Pour obtenir la plus récente [liste des documents d'application de la réglementation](#), veuillez consulter le site Web de la CCSN.