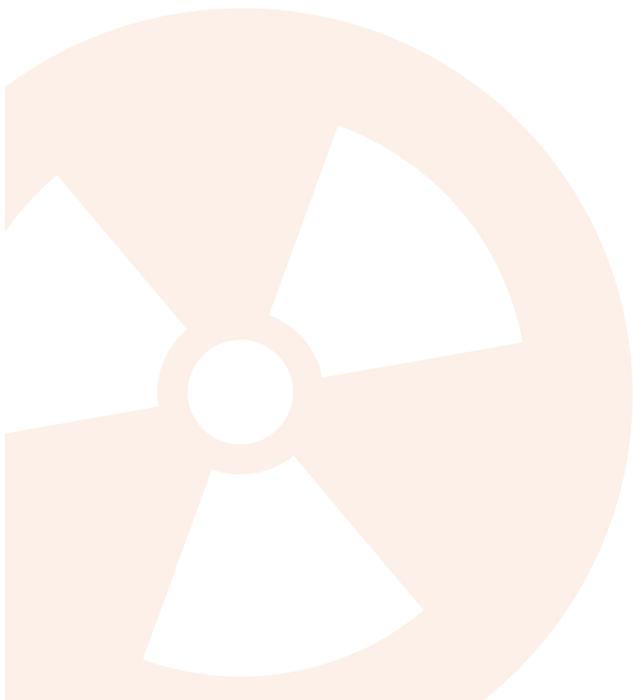




Conseils pour
l'évaluation des effets
sur la santé humaine
dans le cadre d'une
évaluation d'impact :

LES EFFETS RADIOLOGIQUES



Santé Canada est le ministère fédéral responsable d'aider les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur état de santé. Santé Canada s'est engagé à améliorer la vie de tous les Canadiens et à faire du Canada l'un des pays où les gens sont le plus en santé au monde, comme en témoignent la longévité, les habitudes de vie et l'utilisation efficace du système public de soins de santé.

Also available in English under the title:
*Guidance for Evaluating Human Health Effects in Impact Assessment:
RADIOLOGICAL IMPACTS*

Pour obtenir plus d'information, veuillez communiquer avec :

Santé Canada
Indice de l'adresse 0900C2
Ottawa (Ontario) K1A 0K9
Tél. : 613-957-2991
Sans frais : 1-866-225-0709
Télec. : 613-941-5366
ATS : 1-800-465-7735
Courriel : publications-publications@hc-sc.gc.ca

© Sa Majesté le Roi du Chef du Canada, représenté par le ministre de la Santé, 2023

Date de publication : décembre 2023

La présente publication peut être reproduite sans autorisation pour usage personnel ou interne seulement, dans la mesure où la source est indiquée en entier.

Cat. : H129-54/4-2023F-PDF
ISBN : 978-0-660-68831-2
Pub. : 230592

TABLE DES MATIÈRES

1	ACRONYMES	1
2	OBJET DU DOCUMENT	3
3	INTRODUCTION ET CONTEXTE.....	4
4	RÔLES ET RESPONSABILITÉS	7
4.1	RÔLE DE LA COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE.....	7
4.2	RÔLE DE SANTÉ CANADA	8
4.3	RÔLES DES PROVINCES ET DES TERRITOIRES.....	9
4.4	LOIS ET LIGNES DIRECTRICES APPLICABLES	9
5	PRINCIPES DE BASE DU RAYONNEMENT.....	11
5.1	TYPES ET SOURCES DE RAYONNEMENTS.....	11
5.1.1	Types de rayonnements.....	11
5.1.2	Sources de radionucléides naturels.....	12
5.1.3	Sources de radionucléides artificiels	14
5.2	EFFETS DU RAYONNEMENT SUR LA SANTÉ HUMAINE.....	16
6	EXAMEN DES EFFETS RADIOLOGIQUES POTENTIELS DANS LE CADRE D'UNE ÉVALUATION D'IMPACT	19
6.1	ÉNONCÉ DU PROBLÈME.....	21
6.2	COLLECTE ET ÉVALUATION DE DONNÉES	22
6.3	ÉTABLISSEMENT DES VALEURS DE RÉFÉRENCE.....	23
6.4	ÉVALUATION DE L'EXPOSITION	23
6.5	ÉVALUATION DE LA DOSE	24
6.6	CARACTÉRISATION DE LA DOSE ET DU RISQUE.....	25
6.7	MESURES D'ATTÉNUATION	25
6.8	PROGRAMMES DE SUIVI	26



7	TYPES DE PROJETS RADIOLOGIQUES REQUÉRANT UNE ÉVALUATION D'IMPACT EN VERTU DE LA LEI.....	27
7.1	EXTRACTION ET CONCENTRATION DE L'URANIUM	28
7.2	TRAITEMENT DE L'URANIUM ET FABRICATION DE COMBUSTIBLE	29
7.3	RÉACTEURS NUCLÉAIRES	29
7.4	DÉCHETS RADIOACTIFS.....	29
8	RÉFÉRENCES.....	31
9	LISTE DE RÉFÉRENCES COMPLÉMENTAIRES	33

LISTE DE FIGURE

Figure 6.1 : Paradigme de l'évaluation des risques radiologiques pour la santé humaine (basé sur Santé Canada, 2010)	20
--	----

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 5.1 : Principaux radionucléides primordiaux présents dans l'environnement.....	12
Tableau 5.2 : Radionucléides d'intérêt dans la chaîne d'uranium-238.....	12
Tableau 5.3 : Radionucléides artificiels susceptibles d'être présents dans l'environnement.....	15
Tableau 7.1 : Isotopes de l'uranium et leurs produits de filiation susceptibles d'être présents dans le minerai d'uranium	28

ANNEXES

ANNEXE A LISTE DE VÉRIFICATION D'UNE ÉVALUATION DES EFFETS RADIOLOGIQUES	34
ANNEXE B GLOSSAIRE.....	39

Le présent document peut être cité de la façon suivante :

Santé Canada. 2023. *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : LES EFFETS RADIOLOGIQUES*. Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).

Vous pouvez faire parvenir vos questions ou vos commentaires à l'adresse suivante : Division de l'évaluation d'impact, Ottawa (Ontario) K1A 0K9

Courriel : ia-ei@hc-sc.gc.ca



1

ACRONYMES

ACRONYME	SENS
ACS Plus	analyse comparative entre les sexes plus
ADN	acide désoxyribonucléique
AEIC	Agence d'évaluation d'impact du Canada (aussi appelée « l'Agence »)
Agence	Agence d'évaluation d'impact du Canada (aussi appelée AEIC)
ALARA	niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (<i>as low as reasonably possible</i>)
Bq	becquerel
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CMA	concentration maximale acceptable
CSA	Association canadienne de normalisation (<i>Canadian Standards Association</i>)
DL50	dose létale – 50 % de mortalité
EI	évaluation d'impact
EIS	évaluation d'impact sur la santé
ERSH	évaluation des risques pour la santé humaine
FPT	fédéral, provincial et territorial
Gy	gray
LDI	lignes directrices individualisées
LEI	<i>Loi sur l'évaluation d'impact</i>
LSRN	<i>Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires</i>
LSS	linéaire sans seuil



MRN	matière radioactive naturelle
mSv	millisieverts
RCSR	Réseau canadien de surveillance radiologique
SGDN	Société de gestion des déchets nucléaires
SI	système international d'unités
Sv	sievert



2

OBJET DU DOCUMENT

Le présent document fournit des conseils généraux permettant d'évaluer les risques potentiels pour la santé humaine liés au rayonnement ionisant dans les évaluations d'impact (EI) fédérales des grands projets d'exploitation des ressources et de l'infrastructure qui sont proposés au Canada. Il traite des principes, des pratiques actuelles de même que des renseignements de base dont Santé Canada tient compte au moment d'évaluer l'étude d'impact ou tout autre document présenté par les promoteurs de projet dans le cadre du processus d'EI.

Ce document a été préparé dans le but de favoriser un processus d'examen des projets efficace et transparent. Aux renseignements de base fournis ici doivent s'ajouter les renseignements supplémentaires concernant les projets proposés.

Ce document qui s'adresse à l'Agence d'évaluation d'impact du Canada (l'Agence) et aux intervenants participant au processus d'EI présente les secteurs d'engagement standards de Santé Canada ainsi que ses priorités afin qu'il y ait suffisamment de données probantes pour appuyer la prise de décisions judicieuses. Dans le cadre de son évaluation, Santé Canada pourrait suggérer que l'Agence, des commissions ou d'autres personnes recueillent des renseignements dont il n'est pas explicitement question dans le présent document afin d'évaluer les effets sur la santé de projets proposés. Étant donné que les conseils fournis dans ce document sont généraux et visent à appuyer le processus d'EI, la portée de l'examen de Santé Canada pourrait aussi être modifiée de façon à prendre en compte les conditions spécifiques de chaque projet.

Santé Canada met périodiquement à jour ses documents d'orientation et, cherchant continuellement à s'améliorer, accueille favorablement les commentaires et les corrections à l'adresse suivante : ia-ei@hc-sc.gc.ca.

Les documents d'orientation suivants sont disponibles dans la même collection :

- *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : LA QUALITÉ DE L'AIR;*
- *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : LES ALIMENTS TRADITIONNELS;*
- *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : LA QUALITÉ DE L'EAU POTABLE ET DE L'EAU UTILISÉE À DES FINS RÉCRÉATIVES;*
- *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : L'ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE;*
- *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : LE BRUIT.*

Veillez vous assurer d'avoir en main la version la plus récente disponible en consultant les Publications du gouvernement du Canada: <https://www.publications.gc.ca/site/fra/accueil.html>.



3

INTRODUCTION ET CONTEXTE

Les principaux objectifs du programme d'EI de Santé Canada sont d'informer et d'améliorer la compréhension des risques pour la santé humaine associés aux projets proposés, afin d'aider à prévenir, réduire et atténuer les effets négatifs et favoriser les effets positifs. Santé Canada met à disposition son expertise et ses connaissances pour aider l'Agence, les commissions d'examen et d'autres intervenants à évaluer les effets potentiels d'un projet sur la santé.

À titre d'autorité fédérale, Santé Canada fournit l'expertise ou les connaissances dont elle dispose pour soutenir l'évaluation des effets sur la santé humaine de projets pris en considération de manière individuelle et cumulative en vertu de la *Loi sur l'évaluation d'impact* (LEI). Ce complément d'expertise peut changer ou évoluer au fil du temps. Le ministère offre une expertise scientifique et il n'exerce aucun rôle réglementaire. Ce sont finalement les organismes d'examen qui décideront de la façon dont sera utilisée cette expertise dans le cadre du processus d'EI.

En comparaison avec la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale 2012*, la LEI élargit l'évaluation de la santé pour favoriser une meilleure compréhension du milieu naturel et soutient l'évaluation des effets socioéconomiques des projets. Elle exige, en outre, la prise en compte des effets positifs et négatifs sur les conditions sanitaires et socioéconomiques de la population, y compris les peuples autochtones. En outre, la LEI prévoit l'obligation de consulter au cours de la phase de planification d'un projet les groupes autochtones susceptibles d'être concernés et d'intégrer les connaissances traditionnelles autochtones, le cas échéant, aux autres données probantes. La LEI exige également la prise en compte de l'interaction du sexe et du genre avec d'autres facteurs identitaires.

Analyse comparative entre les sexes plus

L'analyse comparative entre les sexes plus (ACS Plus) permet d'identifier et d'analyser les divers impacts de projets désignés sur différents groupes de population. Le « plus » dans ACS Plus indique que l'ACS ne se limite pas aux différences biologiques (sexe¹) et socioculturelles (genre²). Il fait ressortir l'origine de ces différences et la manière avec laquelle ces différences interagissent avec d'autres déterminants pour définir la santé et le bien-être. Il guide la façon avec laquelle le sexe et le genre sont pris en compte lors de l'élaboration, la planification et la mise en œuvre de l'EI de projets désignés. L'analyse comparative entre les sexes plus prend également en considération d'autres facteurs d'identité individuelle et sociale comme la race, la religion, la position sociale, le revenu, l'âge, la capacité et l'éducation; c'est ce que l'on appelle l'intersectionnalité³. La mise en œuvre de l'ACS Plus comporte la collecte de données appropriées, la compréhension du contexte et la nécessité de poser des questions analytiques pour déterminer si le projet devrait avoir des effets disproportionnés sur divers groupes de population. Une ACS Plus permet aux experts de mieux connaître les éventuels effets différentiels d'un projet sur des groupes distincts de personnes, dont les populations affectées ou touchées de manière disproportionnée et celles définies selon leur sexe et leur genre.

1 Le terme *sexe* renvoie à des caractéristiques physiques et physiologiques, y compris les chromosomes, l'expression génique, les niveaux d'hormones et la fonction hormonale, et l'anatomie du système reproducteur. <https://cihr-irsc.gc.ca/f/48642.html>

2 Le terme *genre* renvoie aux rôles, aux comportements, aux expressions et aux identités que la société construit pour les hommes, les femmes, les filles, les garçons et les personnes de divers sexes et de genre. <https://cihr-irsc.gc.ca/f/48642.html>

3 Approche du gouvernement du Canada – Analyse comparative entre les sexes plus. <https://femmes-egalite-genres.canada.ca/fr/analyse-comparative-entre-sexes-plus/approche-gouvernement.html>



Le fait de tenir compte comment un programme, une politique, un plan ou un produit peut avoir un impact différent sur les groupes permet à tous ceux impliqués de contribuer à éviter les pièges potentiels avant qu'ils ne deviennent un problème ou d'identifier des opportunités qui autrement n'auraient pas été envisagées

Les principaux éléments de l'ACS Plus à prendre en compte lors de l'EI de projets désignés sont les suivants :

- Le projet identifie-t-il les diverses collectivités de femmes, d'hommes et d'enfants qui seront directement ou indirectement touchées par les activités du projet proposé?
- Les données concernant les impacts potentiels sont-elles ventilées par sexe, âge, langue et autres identités sociales des collectivités locales?
- Les points de vue des femmes, des hommes, des peuples autochtones et autres groupes touchés de manière disproportionnée ont-ils été pris en compte lors de la conception du projet proposé?
- Quelles sont les incidences des effets sanitaires et socioéconomiques du projet proposé sur le bien-être des femmes, des hommes, des peuples autochtones et des populations touchées de manière disproportionnée?
- Quels types de mesures doivent être adoptés pour assurer une représentation équitable lors des processus de consultation et des étapes suivantes de l'EI?
- Quelles mesures doivent être adoptées pour améliorer les effets positifs ou atténuer tout effet négatif du projet désigné sur les femmes, les hommes, les enfants et autres groupes touchés de manière disproportionnée?

Établir l'ensemble des préoccupations et des intérêts des différents groupes ainsi que leurs impacts sur ces derniers en fonction de caractéristiques sociales comme le genre, l'âge, l'ethnicité, la profession et la durée de résidence peut contribuer à l'élaboration de stratégies d'atténuation et d'amélioration plus complètes.

L'évaluation d'impact sur la santé (EIS) est une démarche systématique, objective, à la fois souple et pratique d'évaluer les effets potentiels positifs et négatifs d'un projet sur la santé et le bien-être. Dans le cadre de projets désignés en vertu de la LEI, la raison d'être d'une EIS est de caractériser les effets prévus sur la santé, qu'ils soient positifs ou négatifs, et leur distribution au sein de la population. L'Agence détermine la portée des facteurs pris en compte, y compris leur pertinence pour l'EI, telle que décrite dans les lignes directrices individualisées (LDI) relatives à l'étude d'impact. Les étapes d'une EIS comprennent le dépistage, le cadrage, l'évaluation, la formulation de recommandations, la présentation d'un rapport, la surveillance et l'évaluation de l'efficacité du processus d'EIS, et son incidence sur la prise de décision.

Santé Canada, en collaboration avec ses principaux partenaires et détenteurs de droits – notamment des organisations autochtones, des partenaires fédéraux, les provinces et les territoires, et d'autres intervenants clés – a travaillé à l'élaboration de recommandations et d'outils relatifs à l'EIS permettant d'évaluer de façon plus complète les effets potentiels des projets proposés sur la santé. Le document fournit des conseils pour définir et aborder les conditions socioéconomiques générales qui sous-tendent la santé des collectivités et des peuples autochtones potentiellement concernés. Santé Canada a élaboré un document d'orientation provisoire concernant les EIS pour combler le vide



entre la LEI entrée en vigueur le 28 août 2019 et la publication prochaine du document d'orientation et matériels complémentaires relativement aux EIS par le ministère. Le document d'orientation provisoire est disponible sur demande à ia-ei@hc-sc.gc.ca.

Santé Canada met à profit son expertise en matière de risques pour la santé humaine associés à la qualité de l'air, à la qualité de l'eau potable et de l'eau utilisée à des fins récréatives, aux rayonnements ionisants, aux champs électromagnétiques, au bruit et aux aliments traditionnels au moment d'évaluer les renseignements fournis par les promoteurs à l'appui des projets proposés et de fournir des commentaires sur ces derniers. Santé Canada fournit également des informations générales au sujet des évaluations en matière de santé en lien avec les projets assujettis au processus d'examen fédéral de l'EI.

Le présent document porte sur l'évaluation des risques pour la santé humaine associés au rayonnement ionisant. Il comprend des renseignements sur la répartition des rôles et des responsabilités en ce qui concerne les questions liées au rayonnement ionisant au sein des divers ordres de gouvernement au Canada, les effets du rayonnement ionisant sur la santé et leurs indicateurs, et les étapes de l'approche privilégiée par Santé Canada pour évaluer les effets du rayonnement ionisant sur la santé.

L'ANNEXE A est une liste de vérification qui permet de s'assurer que les principaux éléments d'une évaluation des risques associés aux effets radiologiques ont été réalisés et de déterminer à quel endroit cette information apparaît dans les documents de l'évaluation.

L'ANNEXE B fournit un glossaire des termes spécifiques utilisés dans le présent document.



4

RÔLES ET RESPONSABILITÉS

La connaissance du régime de réglementation au niveau fédéral et provincial ou territorial est importante pour les intervenants impliqués dans l'évaluation des impacts radiologiques ou nucléaires sur la santé humaine. Ces régimes sont régis par les lois applicables et les rôles connexes présentés dans les paragraphes suivants.

Au Canada, la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) est chargée de réglementer l'énergie et les matières nucléaires pour protéger la santé humaine. Les matières radioactives naturelles ne relèvent pas de la CCSN mais plutôt des provinces et des territoires, à l'exception de leur importation, leur exportation et leur transport. Santé Canada possède une expertise relative aux effets de l'exposition radiologique sur la santé humaine et collabore avec les provinces et les territoires à l'élaboration de conseils dans des domaines qui ne sont pas du ressort de la CCSN. Des représentants de la CCSN, de Santé Canada et des provinces et des territoires participent au Comité de radioprotection fédéral-provincial-territorial (FPT) pour faire progresser le développement et l'harmonisation des pratiques et des normes de radioprotection au sein des administrations fédérales, provinciales et territoriales.

4.1 RÔLE DE LA COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (LSRN) est entrée en vigueur le 31 mai 2000, en remplacement de la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique*. La LSRN a établi le mandat, les responsabilités et les pouvoirs de la CCSN. Elle confère à la CCSN le pouvoir de réglementer le développement, la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire ainsi que la production, la possession et l'utilisation des substances nucléaires, et de l'équipement et des renseignements réglementés. En s'acquittant de son mandat, la CCSN protège la santé et la sécurité des personnes, l'environnement et la sécurité nationale en lien avec le développement, la production, la possession ou l'utilisation de substances nucléaires ainsi qu'assure le respect des obligations internationales du Canada. En vertu de son mandat, la CCSN doit également diffuser de l'information scientifique, technique et réglementaire objective au public.

Le *Règlement sur la radioprotection* édicté en vertu de la LSRN fixe les limites de dose de rayonnement des membres du public et des travailleurs du secteur nucléaire due aux activités réglementées au Canada. En outre, les titulaires de permis doivent limiter au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA) l'exposition aux rayonnements et les doses de rayonnement.

En vertu de la LEI, les projets désignés qui sont réglementés par la CCSN doivent être évalués par une commission d'examen intégré. Pour ces projets, l'Agence élaborera des LDI relatives à l'étude d'impact en collaboration avec la CCSN et indiquera les exigences en matière de renseignements conformes à la LEI et à la LSRN. Un modèle de LDI relatives à l'étude d'impact pour les projets assujettis à la LEI et à la LSRN peut être consulté sur le site Web de l'Agence à <https://www.canada.ca/fr/agence-evaluation-impact/services/politiques-et-orientation/guide-practitioner-evaluation-impact-federale/declaration-impact-guide-mesure-projets-evaluation-loi-impact-surete-nucleaire.html>.



Pour les projets désignés qui sont réglementés par la CCSN et qui font l'objet d'évaluations d'impact intégrées, les normes suivantes de l'Association canadienne de normalisation (CSA) devraient être consultées :

- La modélisation du mouvement des radionucléides rejetés par une installation vers une « personne représentative » (CSA N288.1:F20 : *Lignes directrices pour la modélisation du transport, du devenir et de l'exposition dans l'environnement des radionucléides associés à l'exploitation normale des installations nucléaires*);
- La réalisation d'une évaluation des risques pour l'environnement et la santé humaine liés aux installations nucléaires, et aux mines et usines de concentration d'uranium (CSA N288.6:22 : *Environmental risk assessments at nuclear facilities and uranium mines and mills*).

Pour de plus amples renseignements au sujet de la réglementation sur la sûreté nucléaire et des limites de dose, veuillez consulter le site Web de la CCSN à www.nuclearsafety.gc.ca.

4.2 RÔLE DE SANTÉ CANADA

L'expertise en matière radiologique est principalement détenue par la Direction des sciences de la santé environnementale et de la radioprotection de Santé Canada, et plus particulièrement par son Bureau de la radioprotection qui a pour mandat de promouvoir et protéger la santé des Canadiens en évaluant et en gérant les risques de l'exposition aux rayonnements dans leurs milieux de vie, de travail et de loisirs. Les fonctions particulières de ce bureau pertinentes aux EI sont les suivantes :

- Assurer le bon fonctionnement du Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR);
- Étudier les effets sur la santé des radionucléides présents dans l'environnement;
- Formuler des conseils pour protéger les Canadiens contre les effets des accidents nucléaires, de la radioactivité dans l'eau potable, du radon dans l'air intérieur et des matières radioactives naturelles (MRN) provenant des industries non nucléaires;
- Fournir des conseils aux ministères et aux organismes fédéraux, à d'autres ordres de gouvernement, à l'industrie, aux universités, aux hôpitaux, aux travailleurs et au public sur des questions relatives à la santé en lien avec l'exposition aux rayonnements;
- Fournir des conseils concernant les projets relevant de la LEI.

Santé Canada examine plusieurs aspects de l'information radiologique présentée dans une EI, notamment :

- Les principales voies d'exposition (c.-à-d., le rayonnement de nuage, le rayonnement du sol, l'inhalation et l'ingestion⁴) vers un récepteur humain afin de vérifier si toutes les voies ont été envisagées et adéquatement décrites pour que les effets potentiels sur la santé humaine soient bien caractérisés;
- Les doses estimées pour les récepteurs humains dans l'EI afin de vérifier si elles sont réalistes compte tenu de la nature du projet;
- Les doses estimées afin de vérifier si elles sont acceptables lorsqu'on les compare aux limites de dose ou aux niveaux de référence pertinents;
- Le caractère approprié des mesures d'atténuation, de surveillance et de suivi afin de protéger la santé humaine.

⁴ Voir la section 6.1 pour une description de ces termes.



Sur demande, Santé Canada, par l'intermédiaire de ses comités FPT, apporte son savoir-faire aux provinces et aux territoires en matière de rejets radiologiques auxquels le public peut être exposé. De plus, Santé Canada coopère et échange des informations avec la CCSN en vertu d'un protocole d'entente : <http://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/pdfs/MoU-Agreements/MOU-between-CNSC-and-Health-Canada-fra.pdf>.

4.3 RÔLES DES PROVINCES ET DES TERRITOIRES

Au Canada, les ressources naturelles sont principalement réglementées par les provinces ou les territoires, à l'exception de l'extraction et du traitement de l'uranium qui relèvent de la LSRN et qui sont donc réglementés par la CCSN. Toutefois, avant d'atteindre la phase d'extraction et de traitement, l'exploration de l'uranium relève de la compétence des provinces ou des territoires.

Tous les minéraux et les matières premières d'origine géologique contiennent des radionucléides d'origine naturelle, notamment ceux de la famille radioactive de l'uranium-238 (^{238}U) et du thorium-232 (^{232}Th), ainsi que du potassium 40 (^{40}K). Leur extraction, leur traitement, leur utilisation ou leur transport pourrait produire des niveaux de rayonnement tels que ces matières devront être traitées comme des matières radioactives naturelles (MRN). Les expositions du public et professionnelle aux MRN relèvent des gouvernements provinciaux et territoriaux. Les *Lignes directrices canadiennes pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN)* (Lignes directrices relatives aux MRN) ont été élaborées dans le but d'offrir une approche harmonisée de gestion des MRN au Canada. Il appartient aux gouvernements provinciaux et territoriaux d'inclure ces lignes directrices dans l'élaboration de leurs règlements exécutoires. Les lignes directrices relatives aux MRN ont été mises à jour en 2013 et peuvent être consultées sur le site Web de Santé Canada à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/norm-mrn/index-fra.php.

La qualité de l'eau potable est aussi principalement de compétence provinciale ou territoriale. Comme pour les MRN, les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada* et les documents techniques connexes ont été élaborés par le Comité FPT sur l'eau potable. Ces lignes directrices fournissent des recommandations au sujet des concentrations maximales acceptables (CMA) de plusieurs radionucléides naturels et artificiels. Il appartient aux gouvernements provinciaux ou territoriaux d'inclure ces recommandations dans l'élaboration de leurs règlements exécutoires. Le document *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique – Paramètres radiologiques* peut être consulté sur le site Web de Santé Canada à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/radiological_para-radiologiques/index-fra.ph.

4.4 LOIS ET LIGNES DIRECTRICES APPLICABLES

D'autres lois et règlements peuvent être utiles à la réalisation d'une EI pour un projet susceptible d'avoir des impacts radiologiques. Les évaluateurs sont invités à consulter en particulier les textes suivants :

- *Loi sur les déchets de combustibles nucléaires;*
- *Loi sur l'évaluation d'impact;*
- *Loi canadienne sur la protection de l'environnement;*
- *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires;*



- *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires;*
- *Règlement sur la radioprotection;*
- *Règlement sur les installations nucléaires de catégorie I;*
- *Règlement sur les mines et les usines de concentration d'uranium;*
- *Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires;*
- *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses;*
- Lignes directrices relatives aux MRN;
- Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada;
- *L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada.
Partie VI : l'évaluation quantitative détaillée des risques radiologiques pour la santé humaine (ÉQDR_{RAD}).*

La CSA publie également des normes et des lignes directrices de rayonnement liées à différentes activités industrielles. Ces normes peuvent être consultées sur son site Web à l'adresse www.scc.ca/fr/search/standardsdb. La conformité aux normes de la CSA est volontaire, toutefois les autorités gouvernementales ont souvent recours à cette méthodologie à titre d'exemple de pratiques exemplaires. La CCSN intègre certaines normes de la CSA dans les manuels des conditions de permis des titulaires de permis sous forme de critères de vérification de la conformité, ce qui oblige ces mêmes titulaires à les suivre et à les mettre en œuvre.



5

PRINCIPES DE BASE DU RAYONNEMENT

5.1 TYPES ET SOURCES DE RAYONNEMENTS

5.1.1 Types de rayonnements

Toutes les formes de rayonnement dans l'environnement sont ionisantes ou non ionisantes. Le rayonnement ionisant comporte des particules et des photons possédant suffisamment d'énergie pour arracher des électrons aux atomes, créant ainsi des paires électron-ion lors de son passage à travers la matière. Le rayonnement non ionisant possède une énergie moindre que le rayonnement ionisant et est trop faible pour produire des ions. Le présent document porte uniquement sur le rayonnement ionisant.

Le rayonnement ionisant est produit par divers processus. Le présent document s'intéresse au rayonnement ionisant produit par la désintégration radioactive des atomes possédant un noyau instable. Les trois types de rayonnement ionisant suivants sont normalement observés dans l'environnement :

Rayonnement alpha : Une particule alpha (α) est constituée de deux protons liés à deux neutrons. Le rayonnement alpha est le moins pénétrant de tous les types de rayonnement ionisant et peut être arrêté par une feuille de papier. Il ne peut pénétrer dans la peau humaine; il est toutefois plus nuisible que les autres formes de rayonnements ionisants si la source alpha est à l'intérieur du corps.

Rayonnement bêta : Le rayonnement bêta (β) est composé de positrons chargés positivement ou d'électrons chargés négativement. Le rayonnement bêta est plus pénétrant que le rayonnement alpha, mais il peut être arrêté par quelques millimètres d'aluminium.

Rayonnement gamma : Le rayonnement gamma (γ)⁵ est composé de photons de haute énergie et constitue une forme de rayonnement électromagnétique. Le rayonnement gamma est beaucoup plus pénétrant que les rayonnements alpha ou bêta et peut pénétrer profondément dans le corps humain. Un épais blindage comme le plomb est nécessaire pour assurer une protection efficace contre le rayonnement gamma.

Un radionucléide est un atome radioactif au noyau instable. Afin de se stabiliser, le noyau émet souvent des rayonnements, principalement sous forme de particules alpha ou bêta ou de rayonnements gamma, selon le radionucléide. Ce processus porte le nom de désintégration radioactive. Chaque radionucléide est caractérisé par une période, qui est le temps requis pour que son activité soit réduite de moitié. La puissance d'une source radioactive est mesurée en unités d'activité appelées becquerels (Bq), où un Bq représente une désintégration par seconde.

⁵ La désintégration radioactive de certains noyaux entraîne également l'émission de rayons X qui sont pris en compte dans les coefficients de dose utilisés dans l'évaluation de la dose.



5.1.2 Sources de radionucléides naturels

Les radionucléides dans l'environnement peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Les radionucléides naturels sont de trois types :

- les radionucléides primordiaux (présents depuis la formation de la Terre);
- les membres d'une famille radioactive (dans laquelle le radionucléide père primordial se désintègre en un autre radionucléide, qui à son tour se désintègre en un autre radionucléide, et ainsi de suite pour aboutir à un isotope stable);
- les radionucléides cosmogéniques (constamment produits par le bombardement des atomes de la haute atmosphère par les rayons cosmiques).

Les radionucléides primordiaux les plus importants sont présentés dans le Tableau 5.1. Il convient de noter que ces radionucléides ont tous des périodes comparables à l'âge de la Terre (soit 4,5 milliards d'années). Les radionucléides ^{232}Th , uranium-235 (^{235}U) et ^{238}U entraînent tous une longue série de désintégrations alpha et bêta aboutissant en un isotope stable du plomb.

Tableau 5.1 : Principaux radionucléides primordiaux présents dans l'environnement

Radionucléide	Symbole	Période (années)
Potassium-40	^{40}K	$1,27 \times 10^9$
Thorium-232	^{232}Th	$1,40 \times 10^{10}$
Uranium-235	^{235}U	$7,04 \times 10^8$
Uranium-238	^{238}U	$4,468 \times 10^9$

N'étant pas un radionucléide primordial, l'uranium 234 (^{234}U) ne fait pas partie du Tableau 5.1, bien qu'il soit le principal composant de l'uranium naturel. Les évaluations de la dose d'exposition à l'uranium naturel devraient toujours prendre en compte l' ^{234}U , l' ^{235}U et l' ^{238}U . Plusieurs radionucléides de la chaîne de l' ^{238}U ont une importance environnementale. Le Tableau 5.2 résume leurs caractéristiques.

Tableau 5.2 : Radionucléides d'intérêt dans la chaîne d'uranium-238

Radionucléide	Symbole	Période	Autres caractéristiques	Considérations de santé
Radium 226	^{226}Ra	1600 ans	Analogue chimique du calcium, plus mobile dans l'environnement que l'uranium	Peut se substituer au calcium dans les os.



Radionucléide	Symbole	Période	Autres caractéristiques	Considérations de santé
Radon 222	²²² Rn	3,8 jours	Gaz inerte (c.-à-d. possédant une très faible réactivité chimique) pouvant se dégager du sol	Peut s'accumuler dans les espaces de vie ou de travail clos; les produits de désintégration peuvent endommager les poumons.
Polonium 218	²¹⁸ Po	3,05 min	Produit de désintégration à période courte du ²²² Rn	S'attache aux particules d'aérosol et se dépose dans les poumons lors de l'inhalation; l'un des principaux contributeurs à la dose provenant des produits de désintégration du radon en raison de son émission de rayonnement alpha.
Plomb 214	²¹⁴ Pb	26,8 min	Produit de désintégration à période courte du ²²² Rn	S'attache aux particules d'aérosol et se dépose dans les poumons lors de l'inhalation.
Bismuth 214	²¹⁴ Bi	19,7 min	Produit de désintégration à période courte du ²²² Rn	S'attache aux particules d'aérosol et se dépose dans les poumons lors de l'inhalation.
Polonium 214	²¹⁴ Po	1,64 x 10 ⁻⁴ s (164 µs)	Produit de désintégration à période courte du ²²² Rn	S'attache aux particules d'aérosol et se dépose dans les poumons lors de l'inhalation; l'un des principaux contributeurs à la dose provenant des produits de désintégration du radon en raison de son émission de rayonnement alpha.
Plomb 210	²¹⁰ Pb	22 ans		Généralement absorbé par ingestion plutôt que par inhalation en raison de sa possible accumulation dans certains aliments consommés par les humains (p. ex., caribou et crustacés).
Polonium-210	²¹⁰ Po	138 jours		Produit de désintégration du ²¹⁰ Pb qui peut s'accumuler à des niveaux importants dans certains aliments consommés par les humains (produit une dose plus importante que le ²¹⁰ Pb après ingestion).



Les familles radioactives du ^{232}Th et du ^{235}U sont généralement moins préoccupantes pour l'environnement. Toutefois, dans la famille du thorium, des éléments comme le radium-228 (^{228}Ra , période = 5,75 ans) et le radon 220 (^{220}Rn , période = 56 secondes, souvent appelé gaz *thoron*) devraient également être pris en considération dans certains cas (comme les projets miniers). Jusqu'à récemment, les effets sur la santé de l'exposition au thoron n'étaient pas pris en considération, et seul le ^{222}Rn – un produit de désintégration de la famille de ^{238}U – était une source de préoccupation. Cependant, tout comme le radon, le ^{220}Rn donne lieu à des produits de désintégration capables d'irradier les poumons. Le ^{40}K n'est pas considéré comme un risque pour l'environnement, car il est régulé par homéostasie dans le corps. En d'autres termes, une ingestion accrue de ^{40}K sera compensée par une augmentation de l'excrétion.

Les radionucléides naturels sont omniprésents dans l'environnement. La teneur du ^{40}K est généralement d'environ 500 Bq/kg (ce qui signifie qu'il y a environ 500 désintégrations par seconde dans un kilogramme de roche ou de sol) dans les roches et les sols. Celles de l'uranium et du thorium se situent généralement entre 25 et 50 Bq/kg dans les roches et les sols, bien qu'elles varient considérablement d'une région à l'autre et peuvent être plus élevées là où les minerais d'uranium et de thorium peuvent être extraits. Dans les roches solides et les sols bien compactés, ces familles seront généralement en équilibre séculaire avec l'uranium ou le thorium parent. Dans les sols meubles, le radon peut s'échapper dans l'atmosphère ou vers les espaces clos.

5.1.3 Sources de radionucléides artificiels

Les radionucléides artificiels (ou anthropiques) sont produits pour des applications médicales, industrielles et de recherche. Ils sont également rejetés sous forme de déchets par plusieurs activités nucléaires. Les radionucléides artificiels sont produits par trois principaux mécanismes :

1. La fission nucléaire, soit dans un réacteur ou par la détonation d'une arme nucléaire⁶;
2. La capture de neutrons sur un élément stable à l'aide du flux de neutrons d'un réacteur;
3. Des réactions de spallation produite par un accélérateur de particules de haute énergie.

Le Tableau 5.3 présente une liste des radionucléides artificiels importants susceptibles d'être présents dans l'environnement.

⁶ Comme le Canada utilise et exporte des matières nucléaires uniquement à des fins pacifiques, les radionucléides associés à la détonation d'armes seront évalués dans des EI que s'ils se rapportent à des doses de rayonnement de fond dans le cadre d'un projet.



Tableau 5.3 : Radionucléides artificiels susceptibles d'être présents dans l'environnement

Radionucléide	Symbole	Période	Mécanisme de production	Considérations de santé
Tritium	^3H	12,3 ans	Capture radiative d'un neutron par le deutérium dans les réacteurs canadiens à deutérium-uranium	Souvent présent dans l'eau; se répartit uniformément dans le corps; faible énergie de rayonnement et taux d'excrétion rapide entraînant généralement peu de risque pour la santé.
Carbone-14	^{14}C	5730 ans	Capture radiative d'un neutron par l'azote sélectionné comme gaz annulaire dans les réacteurs	Se disperse dans le corps par la circulation sanguine.
Cobalt-60	^{60}Co	5,27 ans	Capture radiative d'un neutron par le cobalt-59 stable dans les réacteurs	La principale préoccupation est l'exposition externe au rayonnement gamma. Il peut aussi être absorbé dans le foie, les reins et les os en cas d'ingestion
Strontium 90	^{90}Sr	29 ans	Fission nucléaire dans les bombes ou les réacteurs	Se dépose dans les os.
Technétium 99 m*	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6,02 heures	Produit de fission du molybdène 99 dans les réacteurs	Isotope médical le plus couramment utilisé; excrété par le corps en un mois
Iode 131	^{131}I	8,041 jours	Fission nucléaire dans les bombes ou les réacteurs	Produit de fission qui se concentre dans la glande thyroïde.
Césium 137	^{137}Cs	30,17 ans	Fission nucléaire dans les bombes ou les réacteurs	Risque associé au rayonnement gamma externe; se répartit assez uniformément dans le corps, mais est éliminé assez rapidement en cas d'ingestion.
Iridium-192	^{192}Ir	74,02 jours	Capture radiative d'un neutron par l'iridium-191 stable dans les réacteurs	Risque de rayonnement gamma externe; peut se concentrer dans plusieurs organes en cas d'ingestion.



Radionucléide	Symbole	Période	Mécanisme de production	Considérations de santé
Plutonium 239	²³⁹ Pu	24 110 ans	Capture radiative d'un neutron par l' ²³⁸ U dans les réacteurs	Il n'est pas considéré comme un risque important en cas d'ingestion, car il n'est pratiquement pas absorbé par l'organisme; en cas d'inhalation, il passe des poumons vers la circulation sanguine et peut demeurer dans le corps pendant des dizaines d'années – les oxydes sont retenus dans les poumons pendant une longue période.

* m signifie métastable.

Certains de ces radionucléides sont aussi produits naturellement par le bombardement des molécules de la haute atmosphère par les rayons cosmiques. Les radionucléides cosmogéniques les plus importants sont le tritium (³H), le béryllium 7 (⁷Be), le carbone-14 (¹⁴C) et le sodium 22 (²²Na). Leur production naturelle est toutefois très faible, et ils ne contribuent que faiblement à la dose de rayonnement de fond.

La plus grande source de radionucléides artificiels dans l'environnement provient des retombées à l'échelle planétaire des essais atmosphériques d'armes nucléaires effectués de 1945 à 1980. Des niveaux résiduels de tritium, ¹⁴C, ¹³⁷Cs et ⁹⁰Sr provenant de cette source sont encore présents dans l'environnement. Les concentrations de ¹³⁷Cs et de ⁹⁰Sr dans le lait canadien sont en baisse constante depuis les années 1960 où ces essais étaient les plus nombreux. Les radionucléides artificiels contribuent désormais moins de 0,005 millisieverts (mSv)/an à la dose totale de rayonnement de fond au Canada.

5.2 EFFETS DU RAYONNEMENT SUR LA SANTÉ HUMAINE

L'effet biologique du rayonnement résulte de sa capacité à ioniser les molécules des cellules vivantes qu'il traverse. La cible la plus sensible dans une cellule est la molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN) qui contient le code génétique de l'organisme. La perturbation de l'ADN d'une cellule peut produire différents résultats, notamment :

- la réparation des dommages à l'ADN et la poursuite du bon fonctionnement de la cellule;
- la mort de la cellule ou son incapacité à se diviser et se reproduire en raison de la gravité des dommages à l'ADN;
- la réparation incorrecte sans mort cellulaire avec possibilité de perturbation du fonctionnement futur de la cellule ou des futures cellules filles, ce qui peut mener à un cancer.

Les trois types de dose couramment utilisés en radioprotection sont la dose absorbée, la dose équivalente et la dose efficace. La « dose absorbée » est la quantité d'énergie déposée dans un milieu (p. ex., une personne, une plante ou l'air). L'unité SI (SI désignant le Système international d'unités) utilisée pour mesurer la dose absorbée est le gray (Gy), défini comme étant un joule d'énergie absorbée par kilogramme de matière. Étroitement



liée à ce concept, la « dose équivalente » (mesurée en sieverts [Sv]) correspond à la somme des doses absorbées moyennes pondérées dans un tissu ou un organe – reconnaissant que différents types de rayonnement produisent différents degrés de nocivité pour la même dose absorbée. Ainsi, pour les rayonnements bêta et gamma, la dose équivalente en Sv est numériquement égale à la dose absorbée en Gy. En ce qui a trait au rayonnement alpha, la dose équivalente en Sv est 20 fois plus élevée que la dose absorbée. La « dose efficace » – également mesurée en Sv – est la somme des doses équivalentes reçues par tous les tissus et organes du corps, pondérées pour représenter la contribution relative des différents tissus et organes au détriment total de la santé résultant de l'exposition aux rayonnements. Les niveaux de référence et les limites de dose pertinents pour les EI sont généralement exprimés sous forme de dose efficace; il s'agit de la mesure utilisée pour quantifier les effets radiologiques dans une EI.

Les effets du rayonnement sont des réactions tissulaires ou stochastiques chez les organismes multicellulaires. Les réactions tissulaires ont un certain seuil et leur gravité augmente avec la dose au-dessus de ce seuil. Ce seuil peut varier d'un individu à l'autre. Le syndrome d'irradiation aiguë est un exemple de réaction tissulaire qui est observé chez les humains à partir de doses d'environ un Sv (1000 mSv) au cours d'une exposition de courte durée (aiguë). Des doses de cette ampleur n'existent pas dans l'environnement et ne surviennent que par exposition directe au cours d'accidents radiologiques graves.

Les effets stochastiques ne devraient pas avoir de seuil et leur gravité est indépendante de l'exposition. Cependant, la probabilité de survenue de ce type d'effet est considérée comme proportionnelle à l'exposition aux fins de l'évaluation des risques. Contrairement aux réactions tissulaires, il n'a pas été possible d'établir clairement un seuil en dessous duquel il n'y a aucun risque d'effet stochastique. L'effet stochastique le plus important de l'exposition radiologique est le cancer.

Les risques d'effets stochastiques sont bien documentés pour les niveaux élevés d'exposition radiologique grâce à des études sur des populations exposées, comme les survivants des bombes atomiques et les personnes exposées en milieu professionnel ou médical. Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants évalue de telles données, et la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) tient compte de ces études dans ses recommandations.

La dernière recommandation de la CIPR (2007a) comprend une estimation du détriment d'environ 5 % par sievert. Le détriment est défini comme l'excès d'effets stochastiques sur la santé subis par un groupe de personnes exposées à des rayonnements de faible intensité et par leurs descendants par rapport à un groupe non exposé. Il est déterminé pour des organes et des tissus à partir d'estimations du risque vie entière, pondérées par le sexe et l'âge au moment de l'exposition, en prenant en compte la gravité relativement à la qualité de vie dans des conditions non mortelles et la durée de vie perdue (CIPR, 2022). Les évaluations des risques sur lesquelles reposent les calculs du détriment supposent que toute exposition aux rayonnements comporte un risque, et que la relation dose-réponse est linéaire pour les cancers solides et linéaire quadratique pour la leucémie. Les données scientifiques probantes continuent d'appuyer l'utilisation de ce modèle en radioprotection (p. ex., UNSCEAR, 2021; Richardson, 2018), bien qu'elles deviennent de plus en plus incertaines à mesure que la dose diminue. Ceci s'explique en partie par le fait qu'à des doses inférieures à 100 mSv, l'augmentation du nombre de cas de cancer au niveau



de la population devrait être très faible et donc difficile à détecter par rapport au taux global d'incidence du cancer estimé à plus de 40 % dans la population générale (Société canadienne du cancer, 2021).

Pour les doses plus faibles, des modèles mathématiques sont utilisés en radioprotection pour estimer les risques. Le plus fréquemment utilisé est le modèle linéaire sans seuil (LSS) qui suppose qu'il n'y a pas de seuil pour le cancer radio-induit et que le risque est directement proportionnel à la dose. Depuis les années 1950, cette approche a été utilisée systématiquement par les organismes de réglementation et les autorités de radioprotection afin d'établir les limites de doses. La CIPR (2007a) considère que le modèle LSS et les trois principes fondamentaux suivants constituent la base de la radioprotection :

- **Justification** : Aucune pratique ayant recours aux rayonnements ne doit être adoptée à moins qu'elle n'apporte des avantages nets.
- **Optimisation** : Toute exposition doit être maintenue au niveau ALARA, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.
- **Limite de dose** : Aucune dose ne doit dépasser la limite établie pour le grand public de 1 (un) mSv/an pour les expositions prévues, au-delà du rayonnement de fond, provenant de toutes les applications industrielles des rayonnements, excluant les expositions à des fins médicales.

De plus amples informations sont disponibles à l'adresse suivante : <https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/radiation/index.cfm>.



6

EXAMEN DES EFFETS RADIOLOGIQUES POTENTIELS DANS LE CADRE D'UNE ÉVALUATION D'IMPACT

L'évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH) est l'un des principaux outils recommandés par Santé Canada pour évaluer les effets potentiels sur la santé humaine découlant de l'exposition aux contaminants liés à un projet. Une ERSH peut aider à déterminer s'il existe des risques potentiels pour la santé humaine associés à un projet proposé.

Trois éléments doivent être présents pour qu'un « risque » existe :

1. un danger (p. ex., une substance chimique ou un radionucléide);
2. un récepteur (des individus ou des collectivités);
3. une voie d'exposition (un moyen par lequel les gens sont exposés au contaminant).

Dans le cadre d'une EI, une ERSH correspond au processus utilisé pour estimer la probabilité d'effets nocifs pour des personnes exposées à des contaminants par différentes voies (ingestion ou inhalation) dans des milieux environnementaux particuliers (air, aliments, sol, eau ou sédiments).

Une ERSH fournit des estimations qualitatives ou quantitatives de la probabilité d'effets nocifs sur la santé humaine, compte tenu de l'information disponible. Ces estimations sont fondées sur les caractéristiques inhérentes aux contaminants et sur les facteurs propres au projet faisant l'objet de l'évaluation, comme les caractéristiques de la population exposée et les milieux dans lesquels l'exposition se produit.

Bien que la tenue d'une ERSH ne constitue pas toujours une exigence dans le cadre d'une EI et qu'elle est liée à la portée d'un projet donné, elle peut fournir un soutien accru aux conclusions de l'EI. Les conclusions d'une ERSH servent à établir l'importance d'un effet potentiel ainsi que les mesures d'atténuation, les programmes de suivi et les plans de surveillance, d'assainissement ou de gestion des risques appropriés.

De plus amples informations sur les méthodes d'ERSH à appliquer dans le cadre d'une EI figurent dans les *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : L'ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE* (Santé Canada, 2023). Le cadre général d'évaluation des risques radiologiques est similaire au modèle général utilisé dans l'ERSH, bien que les méthodes et les niveaux de référence varient parfois entre les différents organismes de réglementation. La Figure 6.1 présente un modèle général d'évaluation des risques radiologiques provenant d'une publication de Santé Canada (2010) et s'appuyant sur les conseils d'une publication de l'United States Environmental Protection Agency (1989). Chacune des étapes est présentée de manière détaillée dans les sections qui suivent.



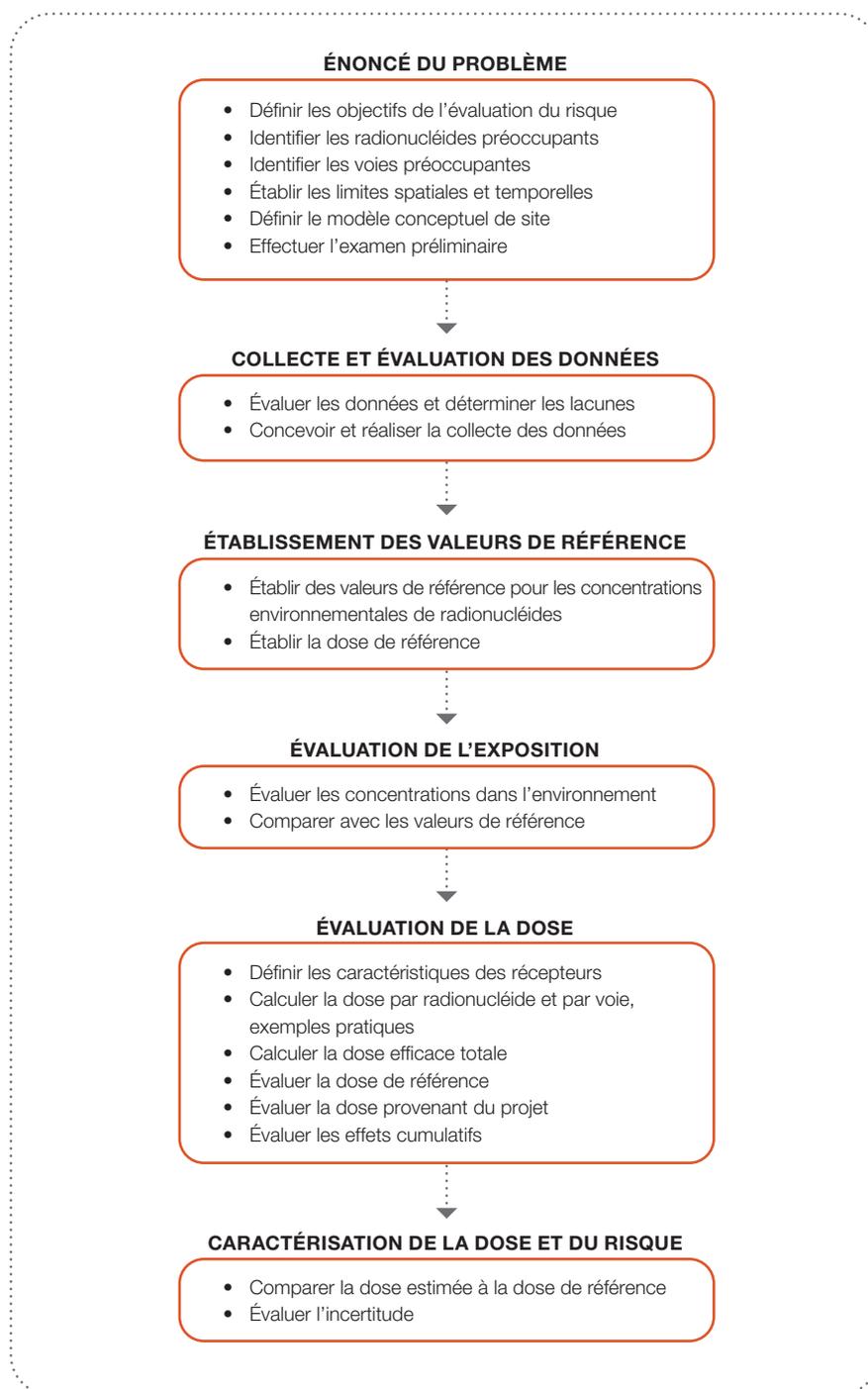


Figure 6.1 Paradigme de l'évaluation des risques radiologiques pour la santé humaine (basé sur Santé Canada, 2010)



6.1 ÉNONCÉ DU PROBLÈME

L'énoncé du problème est la première étape la plus cruciale de la planification d'une ERSH des effets radiologiques potentiels, car les éléments à inclure dans l'évaluation vont influencer l'établissement d'éventuelles mesures correctives. Un énoncé du problème incluant des objectifs clairement définis pour l'évaluation des risques permet de déterminer le type d'évaluation requis (p. ex., préliminaire, déterministe ou probabiliste).

Une évaluation des risques radiologiques adopte généralement une approche déterministe (utilisation d'une seule valeur pour chaque variable dans l'équation de l'exposition). Une telle approche permet d'utiliser des hypothèses prudentes de sorte que les doses et les risques estimés représentent, de manière raisonnable, les pires scénarios. Dans certains cas justifiés, une analyse de sensibilité peut aider à identifier les paramètres ayant la plus grande influence sur les doses et les risques prévus.

L'approche probabiliste est utilisée lorsqu'il est nécessaire de quantifier de manière plus complète et précise les effets de l'incertitude ou d'établir la fréquence des doses et les niveaux de risque dans une population cible (p. ex., s'il y a risque d'accidents ou de pannes). Les sources d'incertitude peuvent survenir à différents niveaux :

- récepteurs (groupes d'âge, ampleur des activités, résidence et échelle temporelle);
- voies d'exposition potentielle (irradiation, inhalation, ingestion ou contact cutané);
- évaluation de la dose;
- qualité des données disponibles.

Des modèles conceptuels de site sont souvent utilisés à l'étape de l'énoncé du problème pour évaluer les risques radiologiques. Un modèle conceptuel est un schéma générique du projet qui facilite l'identification des éléments suivants : toutes les sources d'émission pertinentes, les radionucléides potentiellement préoccupants, les voies d'exposition potentielles et tous les groupes de récepteurs potentiellement touchés. L'énoncé du problème devrait également définir les limites spatiales et temporelles (y compris les zones d'étude régionales, locales et du site) qui seront utilisées dans le cadre de l'évaluation.

En général, on compte quatre principales voies d'exposition par lesquelles les membres du public peuvent être exposés aux rayonnements :

- le rayonnement de nuage – exposition directe à un nuage de matières radioactives;
- le rayonnement du sol – exposition directe à une couche de radioactivité déposée sur le sol;
- l'inhalation d'aérosols radioactifs;
- l'ingestion de radioactivité dans les aliments, l'eau potable ou le sol.

Le contact cutané n'est habituellement pas considéré comme l'une des principales voies d'exposition humaine, même s'il devra être pris en compte dans certaines circonstances.

Un examen préliminaire peut être utilisé pour éliminer les radionucléides et les voies d'exposition qui devraient avoir une influence négligeable sur la dose reçue par les récepteurs, permettant ainsi à l'évaluation de mettre l'accent sur la collecte et l'analyse de données pertinentes. Cependant, l'ERSH devrait justifier l'exclusion de toute voie d'exposition ou de tout radionucléide.



6.2 COLLECTE ET ÉVALUATION DE DONNÉES

Les concentrations de base des radionucléides naturels et artificiels liés au projet devraient être déterminées dans les principaux milieux environnementaux présents dans les zones d'étude, notamment :

- l'atmosphère;
- les sols et les sédiments;
- les plantes et les animaux terrestres communs, en particulier s'ils sont consommés par les humains;
- les eaux de surface, surtout si elles sont utilisées pour l'eau potable ou des activités de loisirs;
- les poissons et les plantes aquatiques;
- les eaux souterraines, surtout en présence de puits.

Les données de base peuvent provenir de plusieurs sources, y compris des documents historiques et/ou des mesures prises pour appuyer l'EI. Pour les projets menés dans des installations nucléaires existantes, des rapports de surveillance de l'environnement doivent être soumis une fois l'an selon les exigences relatives à la production de rapports de la CCSN. Ces rapports peuvent fournir des données pertinentes sur l'environnement radiologique et les doses de rayonnement annuelles associées reçues par le public (p. ex., une personne représentative ou un ou des groupes critiques). Ces rapports se trouvent habituellement sur le site Web des titulaires de permis. Des données en ligne peuvent également être obtenues du Programme indépendant de surveillance environnementale de la CCSN (pour les installations nucléaires existantes seulement) et des réseaux de surveillance des rayonnements dans l'environnement de Santé Canada.

Lorsque de nouvelles mesures de base sont nécessaires, une simple analyse par spectrométrie gamma d'échantillons en vrac prélevés sur le terrain (p. ex., sol, eau ou air) devrait permettre de caractériser et de quantifier tout radionucléide émetteur gamma naturel ou artificiel présent. D'autres techniques de mesure devront être employées si les radionucléides préoccupants sont des émetteurs alpha ou bêta. Les débits de dose de rayonnement gamma de fond devraient également être évalués au moyen de détecteurs à long terme. L'incertitude liée à toute mesure devrait être estimée et prise en compte tout au long de l'évaluation. S'il n'y a pas de données historiques et qu'il n'est pas possible ou pratique d'obtenir des mesures directes, les données environnementales devront être modélisées. La modélisation peut se faire au moyen de modèles de devenir et de transfert dans l'environnement, qui sont décrits plus en détail dans la section suivante. Il est toujours préférable d'utiliser des données mesurées si de telles données existent. Les modèles empiriques établis à partir de données mesurées ou de combinaisons de données mesurées et de données tirées de la littérature servent surtout à remplacer les données manquantes ou incomplètes. Un modèle utilisé pour remplacer des valeurs mesurées devrait être validé à l'aide de données de référence ou de surveillance issues d'un site ou d'un projet d'exploitation similaire. Les lacunes qui subsistent dans les données doivent être bien identifiées.



6.3 ÉTABLISSEMENT DES VALEURS DE RÉFÉRENCE

À cette étape de l'évaluation, des valeurs de référence qui serviront de points de référence ou de limites pour le projet devraient être établies⁷. Dans la majorité des cas, les valeurs de référence choisies devraient provenir de la réglementation ou des lignes directrices fédérales ou provinciales pertinentes. Lorsqu'elles sont exprimées sous forme de doses (généralement des doses annuelles), il pourrait être utile de déterminer les critères d'exploitation, tels que les débits de dose et les activités volumiques, à l'aide d'évaluations réalistes de la dose (voir la section suivante) et de formulation d'hypothèses claires.

Les directives suivantes contiennent des exemples de critères d'exploitation établis à partir de contraintes de dose annuelles :

- *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique – Paramètres radiologiques;*
- *Lignes directrices canadiennes pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN);*
- *Lignes directrices sur le radon du gouvernement du Canada.*

6.4 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

L'évaluation de l'exposition consiste à estimer tous les rejets de radionucléides préoccupants du projet et à déterminer les concentrations dans les milieux environnementaux. Les rejets du projet peuvent être dans l'eau, le sol ou l'air. Une fois estimées, les concentrations de radionucléides devraient être comparées aux valeurs de référence. L'évaluation de l'exposition concernant les effets du projet devrait généralement être réalisée pour toutes les phases du projet, y compris la construction, l'exploitation, le déclassement et l'abandon.

Ces estimations peuvent se faire au moyen de modèles de transport dans l'environnement. Bien qu'élaborée pour établir les limites opérationnelles dérivées des radionucléides provenant des installations nucléaires, la norme CSA N288.1:F20 (*Lignes directrices pour la modélisation du transport, du devenir et de l'exposition dans l'environnement des radionucléides associés à l'exploitation normale des installations nucléaires*) peut être utilisée dans le cadre de l'évaluation de l'exposition. Cette norme décrit les principales voies d'exposition dans l'environnement et fournit un ensemble de tableaux et de formules incluant tous les coefficients de transfert et d'autres paramètres nécessaires pour calculer les concentrations de rayonnement dans les différents milieux environnementaux ainsi que les doses humaines. Bien que cette norme vise d'abord à s'assurer que les limites de dose réglementaires ne sont pas dépassées, sa méthodologie peut également servir à prédire l'impact d'une installation proposée sur une population humaine.

De plus, *L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada, Partie VI : L'évaluation quantitative détaillée des risques radiologiques pour la santé humaine (ÉQDR_{RAD})* (Santé Canada, 2010) donne un aperçu des modèles de devenir et de transport qui peuvent être utilisés dans les évaluations de risques radiologiques. Il recense les modèles canadiens et américains, les accompagnant de références et de renseignements généraux sur le choix d'un modèle approprié. Ces renseignements peuvent également être obtenus auprès d'autres sources non gouvernementales. Une évaluation qui se sert de la modélisation pour prédire les concentrations environnementales devrait identifier les

⁷ Il convient de noter que la définition du terme *valeur de référence* adoptée dans ce document n'est pas nécessairement la même dans d'autres documents. Par exemple, le terme *niveau de référence*, qui rappelle le terme *valeur de référence*, est défini autrement dans d'autres lignes directrices dont celles concernant l'eau potable et les stratégies de protection en cas d'urgence nucléaire.



paramètres supposés et justifier les hypothèses avancées. Ces hypothèses devraient être prudentes, mais raisonnables.

6.5 ÉVALUATION DE LA DOSE

L'évaluation de la dose utilise des informations relatives aux contaminants, aux caractéristiques des récepteurs, au comportement et aux profils d'activité pour quantifier la dose. L'évaluation de l'exposition détermine la dose de rayonnement (corps entier ou tissu particulier) dans les évaluations des effets radiologiques.

Dans le cadre d'une ERSR radiologiques, les critères d'évaluation des effets sur la santé humaine reposent sur une « personne représentative » (CIPR 2007b, CSA 2020). La personne représentative est une personne ou un groupe de personnes qui, en raison de son emplacement, de ses habitudes et de ses caractéristiques métaboliques, subirait les effets radiologiques les plus importants d'une exposition à une source donnée. La personne représentative doit être soigneusement choisie.

Habituellement, les personnes les plus exposées vivent sur le site ou à proximité du site d'un projet. Elles ont parfois un potager ou du bétail subvenant en partie à leurs besoins alimentaires. Leur approvisionnement en eau potable peut provenir d'une source d'eau de surface ou d'eau souterraine située à proximité du projet. La personne représentative peut être membre d'une collectivité autochtone qui fréquente quelquefois la zone à des fins de chasse ou de pêche. L'âge peut également jouer un rôle dans le choix d'une personne représentative, car les nourrissons et les enfants sont généralement plus sensibles que les adultes aux effets des rayonnements.

L'évaluation de la dose consiste à établir les caractéristiques et les comportements de la personne représentative, notamment les taux d'ingestion et le temps passé sur les lieux (durée de l'exposition), à analyser les voies d'exposition et à déterminer la dose efficace. L'évaluation de la dose devrait inclure toutes les voies d'exposition et tous les radionucléides préoccupants identifiés au cours de l'étape de l'énoncé du problème du projet. L'exclusion de toute voie d'exposition ou de tout radionucléide doit être justifiée. La dose efficace devrait être établie pour chaque radionucléide et chaque voie d'exposition, puis additionnée pour établir la dose efficace totale. Les références sur lesquelles reposent les coefficients de dose devraient être récentes et citées. L'évaluation de la dose devrait couvrir les conditions de base, les effets du projet et les effets cumulatifs.

L'évaluation des effets du projet devrait être réalisée à l'aide des concentrations de radionucléides dans l'environnement déterminées lors de l'évaluation de l'exposition. Le cas échéant, une évaluation de la dose provenant des effets du projet devrait être réalisée pour diverses phases du projet, comme la construction, l'exploitation, le déclassement et l'abandon. Les concentrations dans l'environnement peuvent être utilisées pour déterminer les expositions internes (p. ex., ingestion) et externes (p. ex., rayonnement du sol) à l'aide des modèles de voies d'exposition et de pénétration dans l'environnement décrits précédemment. Pour assurer la clarté, l'évaluation devrait fournir un exemple pratique pour un radionucléide de chaque voie d'exposition liée au milieu environnemental – montrant les différentes étapes de calcul de la dose.



En vertu du paragraphe 22(1)a)(ii) de la LEI, l'EI d'un projet doit prendre en compte « tous les effets cumulatifs que sa réalisation, combinée à l'exercice d'autres activités concrètes, passées ou futures, est susceptible de causer ». L'évaluation des effets cumulatifs d'un projet est au cœur de l'EI. Les effets cumulatifs comportent les effets environnementaux potentiels découlant des conditions de base, du projet et de tout autre projet raisonnablement prévisible se déroulant dans la même zone d'influence. Les projets raisonnablement prévisibles comprennent les projets approuvés, mais qui ne sont pas encore en exploitation, ou les projets d'exploitation proposés ou susceptibles d'être construits dans la zone touchée. Ce scénario permet d'obtenir une estimation des risques pour la santé humaine lorsque d'autres installations seront également en service. Des doses efficaces individuelles peuvent déjà exister pour tous les projets situés dans la zone d'étude; par conséquent, il serait utile d'évaluer les effets cumulatifs en additionnant les doses de rayonnement provenant de chacune des opérations.

Ce document n'aborde pas les effets combinés de l'exposition aux rayonnements et à d'autres dangers dans l'environnement. Les possibles interactions ou synergies entre les rayonnements et les contaminants chimiques ne sont pas encore bien comprises et devraient être abordées séparément. En outre, les risques chimiques sont souvent plus élevés que les risques radiologiques quand il s'agit de l'exposition du public (p. ex., l'uranium).

6.6 CARACTÉRISATION DE LA DOSE ET DU RISQUE

Les doses efficaces estimées provenant des conditions de base devraient servir de référence pour les conditions normales, et pourraient être utilisées pour évaluer les hausses et prédire les effets du projet.

Les doses efficaces totales estimées provenant des effets du projet et des effets cumulatifs devraient être comparées à la dose limite de 1 mSv/an pour les membres du public ou à toute autre dose de référence pertinente établie dès le début de l'évaluation. Si des effets cumulatifs sont prévus, il serait prudent de fixer une contrainte de dose pour le projet (p. ex., pas plus de 0,3 mSv/an) pour s'assurer que la limite globale de dose du public n'est pas dépassée.

Il convient de noter qu'il existe tout au long de l'évaluation une grande incertitude dans les valeurs utilisées pour évaluer la dose, peu importe qu'elle soit mesurée ou modélisée. Il n'est pas toujours possible de déterminer quantitativement cette incertitude, auquel cas il faudrait la décrire qualitativement. Les estimations prudentes (p.ex., les concentrations maximales dans l'environnement) peuvent compenser l'incertitude; il faudrait toutefois éviter d'utiliser des estimations extrêmement prudentes pour chaque variable (CIRP, 2007b). La forte surestimation de doses va à l'encontre du principe d'optimisation.

6.7 MESURES D'ATTÉNUATION

Une EI devrait comprendre des mesures d'atténuation qui sont techniquement et économiquement réalisables et qui réduiraient les effets nocifs du projet désigné. La réalisation d'une analyse des voies d'exposition aidera à identifier les effets nocifs dus au rejet de radionucléides ou d'autres impacts associés au projet. S'il y a lieu, le promoteur peut être tenu de préciser les mesures d'atténuation qui seront mises en place pour atténuer ces impacts, évaluer les effets résiduels potentiels et confirmer qu'ils sont acceptables étant donné les valeurs de référence établies pour le projet.



6.8 PROGRAMMES DE SUIVI

En vertu de l'article 2 de la LEI, un programme de suivi désigne un programme permettant de :

- a) Vérifier la justesse de l'EI d'un projet désigné;
- b) Juger de l'efficacité de toute mesure d'atténuation.

Les résultats d'un programme de suivi peuvent servir à identifier les méthodes susceptibles de réduire les risques potentiels pour les ramener à des niveaux acceptables. Les méthodes suivantes pourraient gérer les risques potentiels futurs :

- Des programmes de surveillance de certains milieux environnementaux présents dans la zone du projet la plus proche des récepteurs humains sensibles;
- Des stratégies d'atténuation telles que des modifications à la conception, à l'implantation ou à l'emplacement du projet, l'introduction de nouvelles technologies, et des changements dans la capacité ou le type de production;
- Des stratégies de communication entre le promoteur et le public pour tenir toutes les parties prenantes informées de tout changement lié au projet pouvant avoir un impact sur la santé humaine (p. ex., les émissions, les accidents et les défaillances).

Le suivi et la surveillance peuvent tous deux faire partie intégrante d'un plan de gestion adaptative progressive.

Santé Canada peut transmettre, sur demande de l'Agence, d'une commission ou autres intervenants menant l'EI, l'expertise et les connaissances liées à la santé s'appliquant au programme de suivi.

Afin d'obtenir de plus amples renseignements à jour au sujet des programmes de suivi, veuillez contacter l'Agence.



7

TYPES DE PROJETS RADIOLOGIQUES REQUÉRANT UNE ÉVALUATION D'IMPACT EN VERTU DE LA LEI

Les activités inscrites dans le *Règlement sur les activités concrètes (Liste des projets)* de la LEI doivent répondre aux exigences d'une EI en vertu de la LEI. La Liste des projets vise à identifier les activités concrètes les plus susceptibles de causer des effets négatifs importants dans des domaines de compétence fédérale comme les mines et les usines de concentration (d'uranium ou autres) ainsi que les installations nucléaires. Certaines de ces activités relèvent de la CCSN et d'autres d'autorités réglementaires comme les provinces et les territoires.

Les sections 7.1 à 7.4 concernent les activités qui relèvent à la fois de la LSRN et de la LEI. Toutes les installations exerçant des activités liées à l'utilisation, la production et la distribution d'énergie et de substances nucléaires autorisées par la CCSN en vertu de la LSRN doivent d'abord respecter les exigences d'une EI en vertu de la LEI.

Les types de projets nécessitant une EI en vertu du *Règlement sur les activités concrètes* sont présentés aux articles 18 à 23 et 26 à 29 et comprennent :

- l'extraction et la concentration de l'uranium;
- le traitement de l'uranium et la fabrication de combustible;
- les réacteurs nucléaires;
- l'entreposage des déchets radioactifs.

Pour de plus amples renseignements au sujet des règlements de la LSRN, veuillez consulter le site Web de la CCSN à : www.cnscccsn.gc.ca/fra/acts-and-regulations/index.cfm.

Les normes et les lignes directrices de la CSA concernant les installations touchées par le cycle du combustible nucléaire peuvent être consultées à titre d'exemple de pratiques exemplaires à l'adresse : www.csagroup.org/fr/normes/services/elaboration-de-normes/.



7.1 EXTRACTION ET CONCENTRATION DE L'URANIUM

L'extraction et la concentration de l'uranium présentes et futures sont régies par la LSRN pour l'ensemble du cycle de vie minier, incluant la préparation de l'emplacement, la construction, l'exploitation, le déclassement et l'abandon (ou le relèvement de l'autorisation). Habituellement, le plus grand risque radiologique pour la santé humaine lié à l'exploitation d'une mine d'uranium est l'exposition des travailleurs au radon. Bien que la santé et la sécurité au travail soient une responsabilité provinciale et territoriale, les risques pour la santé humaine des membres du public doivent également faire l'objet d'une évaluation.

La concentration de l'uranium est normalement réalisée à la mine ou à proximité, et laisse derrière elle de grandes quantités de déchets appelés « résidus et stériles ». Les résidus sont les déchets produits par le broyage du minerai et la concentration chimique de l'uranium. Lorsqu'ils sont secs, les résidus ont la même consistance que du sable fin. Les stériles sont simplement des roches enlevées pendant les travaux d'excavation pour accéder au minerai. Les stériles contiennent peu ou pas d'uranium. Les stériles sont séparés en stériles propres et en stériles minéralisés, d'après leur teneur en minerai. Les résidus et les stériles minéralisés doivent être gérés sur une longue période, car ils pourraient contenir des concentrations importantes d'éléments radioactifs et leurs produits de désintégration.

Ces deux types de déchets contiendront très probablement plusieurs radionucléides à longue période, dont certains sont décrits dans le Tableau 7.1, et doivent être éliminés de manière appropriée.

Tableau 7.1 : Isotopes de l'uranium et leurs produits de filiation susceptibles d'être présents dans le minerai d'uranium

Radionucléide	Symbole	Période
Uranium-234	²³⁴ U	245 000 ans
Uranium-235	²³⁵ U	704 millions d'années
Uranium-238	²³⁸ U	4,46 milliards d'années
Thorium 230	²³⁰ Th	75 000 ans
Radium 226	²²⁶ Ra	1600 ans
Plomb 210	²¹⁰ Pb	22 ans



7.2 TRAITEMENT DE L'URANIUM ET FABRICATION DE COMBUSTIBLE

Les installations de traitement de l'uranium destiné à servir de combustible sont réglementées par la CCSN en vertu de la LSRN.

Le processus d'autorisation qui s'applique aux installations de traitement de l'uranium suit les étapes décrites dans le *Règlement sur les installations nucléaires de catégorie I*, soit la préparation de l'emplacement, la construction, la mise en service, l'exploitation, le déclassé et l'abandon.

Les installations de traitement et de fabrication de l'uranium raffinent généralement les concentrés de minerai d'uranium (appelés communément « yellowcake ») en grappes de combustible par un traitement en plusieurs étapes. Les installations de traitement de l'uranium doivent satisfaire aux exigences de sûreté et de protection de la CCSN.

Lors de l'évaluation des émissions provenant des installations de traitement de l'uranium et de fabrication de combustible, seuls les isotopes de l'uranium sont généralement préoccupants, puisque les produits de désintégration de l'uranium ont tous été presque entièrement éliminés pendant le processus de concentration réalisé au site d'extraction.

7.3 RÉACTEURS NUCLÉAIRES

Deux grands types de réacteurs nucléaires sont en exploitation au Canada : les réacteurs de puissance et les réacteurs de recherche. Les réacteurs de puissance produisent de l'électricité, alors que les réacteurs de recherche servent à la recherche scientifique et produisent des substances nucléaires à usage médical et industriel.

Tout comme l'extraction de l'uranium, l'ensemble du cycle de vie d'un réacteur nucléaire, y compris la préparation de l'emplacement, la construction, l'exploitation, le déclassé et l'abandon, est régi par la LSRN. La vie utile d'un réacteur nucléaire peut être prolongée par sa remise à neuf, qui pourrait inclure le remplacement de divers composants du réacteur.

Les réacteurs nucléaires des centrales électriques rejettent de façon contrôlée de petites quantités de matières radioactives tant dans l'atmosphère (sous forme d'effluents gazeux) que dans les étendues d'eau voisines (sous forme d'effluents liquides). Les effluents gazeux contiennent du tritium sous forme d'oxyde, de l'¹³¹I, des gaz rares, des matières particulaires radioactives et du ¹⁴C. Quant aux effluents liquides, ils contiennent du tritium sous forme d'oxyde, de l'activité bêta-gamma globale et du ¹⁴C.

Habituellement, le plus grand risque radiologique pour la santé humaine se produit pendant les phases d'exploitation et de déclassé du réacteur, toutefois toutes les étapes du cycle de vie devraient faire l'objet d'une évaluation.

7.4 DÉCHETS RADIOACTIFS

Le gouvernement du Canada a mis en place une structure de politiques et de lois ainsi que des organisations responsables qui régissent la gestion des déchets radioactifs au Canada. Les ministères du gouvernement canadien, des organismes et l'industrie nucléaire ont des rôles et des responsabilités clairement définis conformément à la *Politique canadienne en matière de gestion des déchets radioactifs et de déclassé (2023)* pour assurer la gestion sécuritaire des déchets radioactifs.



La CCSN réglemente toutes les étapes de la gestion des déchets radioactifs, y compris, selon le cas, leur production, leur manutention, leur traitement, leur transport, leur stockage et leur élimination.

Les déchets radioactifs au Canada sont définis comme toute matière (liquide, gazeuse ou solide) qui contient une substance nucléaire radioactive au sens de l'article 2 de la LSRN, et qui n'a plus d'autre usage envisagé. En plus de contenir des substances nucléaires, les déchets radioactifs peuvent aussi contenir d'autres substances dangereuses, telles que définies à l'article 1 du *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (<https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2000-202/index.html>).

Au Canada, les déchets radioactifs eux-mêmes peuvent être classés comme déchets de faible, de moyenne ou de haute activité, ou comme des résidus de mines ou d'usines de concentration d'uranium. Les déchets radioactifs sont classés en fonction du degré de confinement et d'isolement requis pour assurer leur sûreté, en tenant compte du risque des différents types de déchets et de la durée du danger. Les déchets provenant de mines et d'usines de concentration d'uranium sont un type particulier de déchet radioactif et sont abordés à la section 7.1.

De plus amples informations sur la gestion des déchets radioactifs sont disponibles à <http://www.nuclearsafety.gc.ca/fra/acts-and-regulations/regulatory-documents/published/html/regdoc2-11-1-vol1/index.cfm> et dans la Stratégie intégrée pour les déchets radioactifs canadiens à <https://plandechetsradioactifs.ca>.

Déchets de faible activité

La plupart des déchets radioactifs entrent dans cette catégorie. Il s'agit de déchets dont la radioactivité dépasse les valeurs permises par les niveaux de libération et les quantités d'exemption. Ces déchets comprennent principalement des produits industriels – vadrouilles, chiffons, papier, vêtements de protection et articles de quincaillerie comme de l'équipement ou des outils.

Déchets de moyenne activité

Les déchets de moyenne activité contiennent des radionucléides à longue période à des concentrations telles qu'ils nécessitent un isolement et un confinement de plusieurs centaines d'années. Il s'agit principalement de composants de réacteurs nucléaires, de résines échangeuses d'ions et de certaines sources radioactives utilisées en radiothérapie.

Déchets de haute activité

Les déchets de haute activité sont principalement constitués de combustible nucléaire usé de centrales nucléaires, de réacteurs de recherche et d'installations d'essai. La *Loi sur les déchets de combustible nucléaire* (LDCN) a été établie en 2002 pour assurer la surveillance que le gouvernement du Canada et le ministre des Ressources naturelles exerceront à l'égard de la gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire au Canada. La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) a été établie en vertu de la LDCN pour élaborer et mettre en œuvre le plan canadien de gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire dans un dépôt géologique en profondeur situé au sein d'une collectivité informée et consentante. Il est possible d'obtenir des renseignements au sujet des activités de la SGDN à l'adresse : www.nwmo.ca.



8

RÉFÉRENCES

Association canadienne de normalisation. (2014). CSA N288.1-F14, *Guide de calcul des limites opérationnelles dérivées de matières radioactives dans les effluents gazeux et liquides durant l'exploitation normale des installations nucléaires*. Toronto, Canada.

Association canadienne de normalisation. (2020). CSA N288.1:F20, *Lignes directrices pour la modélisation du transport, du devenir et de l'exposition dans l'environnement des radionucléides associés à l'exploitation normale des installations nucléaires*. Canada.

Association canadienne de normalisation. (2022). CSA N288.6:22, *Environmental risk assessments at nuclear facilities and uranium mines and mills*. Toronto, Canada.

Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR). (2021). *Sources and Effects of Ionizing Radiation, 2020/2021 Report*. Volume III, Scientific Annex C.

Commission canadienne de sûreté nucléaire. (2006). *Guide d'application de la réglementation G-320. Évaluation de la sûreté à long terme de la gestion des déchets radioactifs*. Décembre 2006.

Commission internationale de protection radiologique. (2007a). Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique. Publication 103 de la CIPR. *Annals of the ICRP* 37(2–4).

Commission internationale de protection radiologique. (2007b). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 101 de la CIPR. Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and Optimization of Radiological Protection. *Annals of the ICRP* 6(3).

Commission internationale de protection radiologique. (2022). Radiation Detriment Calculation Methodology. ICRP Publication 152. *Annals of the ICRP* 51(3).

Knolls Atomic Power Laboratory. (2002). Nuclides and Isotopes: Chart of the Nuclides. 16^e édition. 2002.

Lignes directrices révisées sur le radon. (2007). Gazette du Canada Partie I, Vol. 141, No. 23. 9 juin 2007.

Loi canadienne sur la protection de l'environnement. L.C. 1999, c. 33. (1999). Sur Internet : laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/C-15.31/index.html.

Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires (LSRN). L.C. 1997, ch. 9. (1997). Sur Internet : laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/N-28.3/index.html.

Loi sur les déchets de combustible nucléaire. L.C. 2002, ch. 23. (2002).

Loi sur l'évaluation d'impact. L.C. 2019, ch. 28, art. 1. (2019). Sur Internet : laws-lois.justice.gc.ca/PDF/I-2.75.pdf.

Règlement sur l'emballage et le transport des substances nucléaires, Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires. Mai (2000). Sur Internet : laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2000-208/index.html.



Règlement de transport des matières radioactives, Édition de (2018). Prescriptions de sûreté particulières, No SSR-6 (Rev. 1). Agence internationale de l'énergie atomique.

Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires (DORS/2000-202). (2015). Sur Internet : laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2000-202/index.html.

Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (DORS/2001-286). (2021). Sur Internet : <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2001-286.pdf>.

Ressources naturelles Canada. (2023). *La Politique canadienne en matière de gestion des déchets radioactifs et de déclassement*. https://ressources-naturelles.canada.ca/sites/nrcan/files/energy/pdf/RadWasteDecomPolicy_2023_FR.pdf.

Richardson, David B., Elisabeth Cardis, Robert D. Daniels, Michael Gillies, Richard Haylock, Kiervl Leuraud, Dominique Laurier, Monika Moissonnier, Mary K. Schubauer-Berigan, Isabelle Thierry-Chef, and Ausrele Kesminiene. (2018). Site-specific Solid Cancer Mortality After Exposure to Ionizing Radiation. *Epidemiology*, 29(1): 31–40.

Santé Canada. (2009). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique – Paramètres radiologiques*. Bureau de la radioprotection, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa, Ontario.(Catalogue No. H128-1/10-614E-PDF). Sur Internet : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/radiological_para-radiologiques/index-fra.php.

Santé Canada. (2010). *L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada, Partie VI : L'évaluation quantitative détaillée des risques radiologiques pour la santé humaine (ÉQDR_{RAD})*. Division des lieux contaminés, Direction de la sécurité des milieux, Santé Canada. Ottawa.

Santé Canada. (2022). *Lignes directrices canadiennes pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN). Volume III : Transport*. Rédigées par le Comité de radioprotection fédéral-provincial-territorial. Sur Internet : www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/securite-et-risque-pour-sante/lignes-directrices-gestion-matieres-radioactives-naturelles-volume-3-transport.html.

Santé Canada. (2023). *Conseils pour l'évaluation des effets sur la santé humaine dans le cadre d'une évaluation d'impact : L'ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE*. Division des évaluations environnementales, Direction de la sécurité des milieux, Santé Canada. Ottawa.

Société canadienne du cancer. (2021). Comité consultatif des statistiques canadiennes sur le cancer, en collaboration avec la Société canadienne du cancer, Statistique Canada et l'Agence de la santé publique du Canada. *Statistiques canadiennes sur le cancer 2021*. Toronto, ON.

Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN). (2010). Pour de l'information au sujet des activités de cette société concernant la gestion du combustible nucléaire irradié à long terme, veuillez consulter le site www.nwmo.ca/home?language=fr_FR.

United States Environmental Protection Agency. (1989). *Risk Assessment Guidance for Superfund, (RAGS), Volume I – Human Health Evaluation Manual, Part A*.



9

LISTE DE RÉFÉRENCES COMPLÉMENTAIRES

Académie des sciences. (2005). *Dose-effect Relationships and Estimation of the Carcinogenic Effects of Low Doses of Ionizing Radiation*. Académie des sciences. Paris, France.

Association canadienne de normalisation. (2014). *Déclassement des installations contenant des substances nucléaires*. Norme N294-09. Association canadienne de normalisation. Toronto, Canada.

Baweja, A.S., Joshi, S.R. et Demayo, A. (1987). *Radionuclide content of some Canadian surface waters: A report on the National Radionuclides Monitoring Program, 1981–1984*. Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada. Ottawa.

Boice, J.D., Munna, M.T. et Blot, W. J. (2010). Cancer Incidence and Mortality in Populations Living Near Uranium Milling and Mining Operations in Grants, New Mexico, 1950-2004. *Radiation Research*, 174 : 624–636.

Brenner, D., Doll, R., Goodhead, D.T., Hall, E.J., Land, C.E., Little et Zaider, M. (2003). Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proceedings of National Academy of Science*, 100(24), 13761–13766.

Commission canadienne de sûreté nucléaire. (2006). *Le rejet de tritium et ses conséquences radiologiques au Canada en 2006*.

Commission canadienne de sûreté nucléaire. (2008a). *Normes et recommandations sur le tritium dans l'eau potable*. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada.

Commission canadienne de sûreté nucléaire (2008b). *Conception des nouvelles centrales nucléaires*.

Commission canadienne de sûreté nucléaire. (2011). *Mines et usines de concentration d'uranium au Canada*.

Commission internationale de protection radiologique (CIPR). (2012). Publication 119. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* 41(Suppl.).

Eisenbud, M. et Gesell, T. (1997). *Environmental Radioactivity – From Natural, Industrial and Military Sources*. New York : Academic Press.

Golder Associés. (2002). *Bruce Restart Project: Draft Environmental Assessment Study Report. Volume 1 : Main Report*. Rapport préparé pour Bruce Power. Tiverton, Ontario.

Gouvernement du Nouveau-Brunswick. (2013). *Conditions standards pour l'exploration minérale*. Sur Internet : www.gnb.ca/0078/minerals/Mineral_Rights_StandardRequirements-f.aspx.

Schubauer-Berigan, M.K., Daniels, R.D. et Pinkerton, L.E. (2009). Radon Exposure and Mortality Among White and American Indian Uranium Miners: An Update of the Colorado Plateau Cohort. *American Journal of Epidemiology*, 169(6) : 718–730.

Tomasek, L., Rogel, A., Tirmarche, M., Mitton, N. et Laurier, D. (2008). Lung Cancer in French and Czech Uranium Miners: Radon-Associated Risk at Low Exposure Rates and Modifying Effects of Time Since Exposure and Age at Exposure. *Radiation Research*, 169 : 125-137.

Tracy, B.L., Letourneau, E.G., McGregor, R.G. et Walker, W.B. (1996). Variations in Natural Background Radiation Across Canada. *Environment International*, 22 : S55-S60.



ANNEXE A | LISTE DE VÉRIFICATION D'UNE ÉVALUATION DES EFFETS RADIOLOGIQUES

Cette liste de vérification peut être utilisée pour vérifier si les principaux éléments d'une évaluation des effets radiologiques ont été réalisés. Il serait utile d'annexer cette liste à l'étude d'impact (ou document équivalent) pour repérer les emplacements des éléments se rapportant à l'évaluation des effets radiologiques, surtout lorsque ces éléments figurent dans plus d'une section du document.

ÉNONCÉ DU PROBLÈME		
✓	Point	Section de l'EI
	1. L'énoncé du problème contient-il un énoncé des objectifs (p. ex., établir si des risques non négligeables pour la santé humaine existent par rapport au projet)?	
	2. La portée et la complexité de l'évaluation des risques est-elle adéquatement décrite (c. à d. l'évaluation qualitative par rapport à l'évaluation quantitative des risques)?	
	3. L'évaluation est-elle suffisamment complexe et appropriée? L'adéquation peut être basée sur : <ul style="list-style-type: none"> a. La nature du projet (en particulier s'il s'agit d'une nouvelle ou d'une grande entreprise comprenant ou pouvant éventuellement comprendre des niveaux importants de contamination); b. Le nombre et le type de contaminants en cause; c. La disponibilité des critères de dépistage applicables; d. Les niveaux d'exposition estimés ou prévus; e. Le nombre et la complexité des voies d'exposition humaine; f. L'emplacement et la sensibilité des récepteurs humains; g. La qualité des données de base du projet; h. L'intention du promoteur d'obtenir des justifications ou des précisions supplémentaires concernant les risques potentiels associés au projet proposé; i. Le niveau de préoccupation du public. 	
	4. Un modèle conceptuel a-t-il été présenté et semble-t-il complet (c.-à-d. contient-il les éléments suivants)? <ul style="list-style-type: none"> a. Toutes les sources potentielles de contamination; b. Tous les radionucléides préoccupants; c. Tous les groupes de récepteurs critiques; d. Toutes les voies potentielles d'exposition. 	
	5. L'emplacement du projet est-il adéquatement décrit à l'aide de cartes et de plans de site?	



COLLECTE ET ÉVALUATION DES DONNÉES

✓	Point	Section de l'EI
	6. Les radionucléides préoccupants pertinents ont-ils tous été identifiés? Y a-t-il suffisamment d'information pour établir s'ils ont tous été identifiés pour toutes les phases du projet?	
	7. Les sources d'information servant à déterminer les radionucléides préoccupants ont-elles toutes été identifiées (p. ex., projets similaires et documents portant sur le secteur)?	
✓	Point	Section de l'EI
	8. Des données de base adéquates ont-elles été recueillies, et en particulier existe-t-il des données relatives aux concentrations de base dans les milieux pertinents (p. ex., air, sol, eau souterraine, eau de surface et aliments traditionnels, le cas échéant)?	
	9. Les lacunes au sujet de l'information existante ont-elles été identifiées? Si oui, indique-t-on de quelle manière il sera possible de réduire au maximum ces lacunes?	
✓	Point	Section de l'EI
	10. Les concentrations des radionucléides découlant des effets du projet ont-elles été calculées pour tous les milieux touchés?	
	11. Le cas échéant, les concentrations de radionucléides découlant des effets du projet ont-elles été calculées pour les différentes phases du projet, comme la construction, l'exploitation, le déclassement et l'abandon?	
✓	Point	Section de l'EI
	12. Les concentrations de radionucléides présentes dans les différents milieux ont-elles été comparées aux normes fédérale ou provinciales?	
	13. Une dose de référence appropriée a-t-elle été choisie?	



ÉVALUATION DE LA DOSE

✓	Point	Section de l'EI
	14. Les emplacements et la proximité de tous les récepteurs humains potentiels présents et futurs visés par le projet ont-ils été identifiés?	
	15. Les récepteurs humains potentiels présents et futurs les plus sensibles ont-ils été identifiés ainsi que leurs emplacements et leur proximité par rapport au projet (les récepteurs sensibles comprennent les personnes dans les écoles, les garderies, les hôpitaux, les résidences pour personnes âgées, les réserves autochtones, les habitations et les chalets saisonniers)?	
	16. Les récepteurs humains potentiels les plus sensibles ont-ils été évalués dans l'EI? Si non, l'utilisation de récepteurs moins sensibles a-t-elle été justifiée?	
	17. La durée d'exposition prévue a-t-elle été identifiée pour tous les récepteurs pertinents (p. ex., 24 heures/jour, 365 jours/an)?	
	18. Si une durée d'exposition inférieure aux valeurs maximales a été utilisée (p. ex., 24 heures/jour, 90 jours/an pour les utilisateurs de chalets saisonniers), l'emploi d'une telle valeur a-t-il été justifié?	
	19. Les caractéristiques des récepteurs ont-elles toutes été définies (p. ex., taux d'inhalation et taux d'ingestion)?	
	20. La dose efficace estimée du récepteur le plus sensible découlant des conditions de base a-t-elle été fournie?	
	21. La dose efficace estimée du récepteur le plus sensible découlant des effets du projet a-t-elle été fournie ?	
	22. Le cas échéant, les doses efficaces estimées du récepteur le plus sensible découlant des effets du projet ont-elles été fournies pour les différentes phases du projet, comme la construction, l'exploitation, le déclassement et l'abandon?	
	23. A-t-on utilisé les concentrations maximales de radionucléides prévues dans tous les milieux pertinents? Si non, l'utilisation d'autres valeurs a-t-elle été justifiée?	



	24. Les coefficients de dose appropriés ont-ils été utilisés pour le calcul de la dose efficace?	
	25. Des exemples pratiques ont-ils été inclus pour un radionucléide de chaque voie d'exposition?	
	26. Ces exemples présentent-ils une méthode étape par étape illustrant les calculs des doses ou des risques ainsi que la façon employée pour parvenir aux résultats?	

CARACTÉRISATION DE LA DOSE ET DU RISQUE

✓	Point	Section de l'EI
	27. Les doses efficaces tirées de l'évaluation des doses ont-elles été comparées à la dose de référence choisie pour le projet?	
	28. Les incertitudes de chaque étape ont-elles été décrites de manière qualitative ou quantitative?	
	29. Les voies d'exposition, les récepteurs sensibles et les radionucléides ayant le plus d'impact sur les résultats de l'évaluation de la dose ont-ils été identifiés, et leurs incertitudes ont-elles fait l'objet d'une analyse?	
	30. Les incertitudes ont-elles été évaluées pour établir si certaines sont inacceptables et s'il est nécessaire d'obtenir des données supplémentaires pour déterminer avec précision les risques potentiels pour les humains?	
	31. Des conclusions concernant les risques liés aux dangers identifiés et une conclusion concernant l'acceptabilité des incertitudes identifiées et des lacunes dans les données ont-elles été fournies?	
	32. Des recommandations ont-elles été formulées (p. ex., nécessité de recueillir des données supplémentaires, ou autres mesures d'atténuation, de surveillance de suivi, ou de gestion des risques) lorsque des risques ou des incertitudes inacceptables ou des lacunes au niveau des données ont été relevés?	



MESURES D'ATTÉNUATION, SURVEILLANCE ET EFFETS RÉSIDUELS

✓	Point	Section de l'EI
	33. Si des risques potentiellement inacceptables ont été identifiés, un plan de gestion des risques a-t-il été élaboré pour présenter des mesures d'atténuation et de surveillance visant à éviter la présence de risque inacceptable pour les humains?	
	34. En l'absence d'un tel plan, des mesures d'atténuation visant à réduire les risques à un niveau acceptable ont-elles été présentées? Si aucune mesure d'atténuation n'est prévue, propose-t-on la mise en place de mesures de surveillance? Si non, l'absence de mesures d'atténuation ou de surveillance a-t-elle été adéquatement justifiée?	
	35. Le cas échéant, le programme de surveillance est-il suffisamment détaillé afin de vérifier son adéquation?	
	36. Des mesures de gestion adaptative ont-elles été envisagées si jamais les risques prévus ne correspondent pas aux résultats de surveillance et de suivi?	

SUIVI

✓	Point	Section de l'EI
	37. Un programme de suivi a-t-il été élaboré pour évaluer l'exactitude des prédictions contenues dans l'ERSH?	



ANNEXE B | GLOSSAIRE

TERM	DEFINITION
Activité (<i>Activity</i>)	Rythme auquel se produit la désintégration dans une matière radioactive, c'est-à-dire le nombre moyen de transformations par unité de temps. Unité SI = Becquerel (Bq) = une désintégration par seconde
ADN (<i>DNA</i>)	Acide désoxyribonucléique – matériel génétique présent dans tous les organismes vivants et qui contient les instructions génétiques des processus de la vie.
Atome (<i>Atom</i>)	Particule la plus petite d'un élément qui conserve les propriétés chimiques de cet élément (du grec <i>atomos</i> signifiant « indivisible »). L'atome est constitué d'électrons chargés négativement en orbite autour d'un noyau chargé positivement constitué de protons et de neutrons.
Becquerel (Bq)	Unité d'activité SI équivalente à une désintégration par seconde. La désintégration nucléaire est un processus au cours duquel un radionucléide est transformé en un autre radionucléide ou en élément stable.
Cancer	Maladie caractérisée par la croissance incontrôlée et invasive de cellules provenant à l'origine d'un tissu normal dans le corps.
Capture neutronique (<i>Neutron capture</i>)	Réaction nucléaire au cours de laquelle le noyau absorbe un neutron pour former un isotope différent d'un même élément.
Contaminant	Substance, radioactive ou non radioactive, dont la concentration peut être supérieure aux niveaux de fond.
Contrainte de dose (<i>Dose constraint</i>)	Plafond de dose établi par l'entreprise, inférieur aux limites réglementaires, appliqué à une source unique de rayonnement pour s'assurer que la somme des doses provenant de toutes les sources ne dépasse pas les limites réglementaires.
Déchet radioactif (<i>Radioactive waste</i>)	Toute matière liquide, gazeuse ou solide contenant une substance radioactive définie en vertu de la LSRN, et que le propriétaire a déclaré comme déchet.
Déclassement (<i>Decommissioning</i>)	Mesures prises à des fins de protection de la santé, de la sûreté, de la sécurité et de l'environnement pour mettre fin à une installation ou à un site autorisé et le remettre dans un état final prédéterminé.
Dose	Voir <i>dose absorbée</i> .



TERM	DEFINITION
Dose absorbée <i>(Absorbed dose)</i>	Quantité d'énergie de rayonnement absorbée par unité de masse du milieu récepteur. Pour les évaluations relatives à la santé, les organes ou les tissus humains constituent normalement le milieu. Unité SI = Gray (Gy) = un joule par kilogramme. La dose absorbée est souvent simplement appelée « dose ».
Dose collective <i>(Collective dose)</i>	Somme des doses individuelles multipliée par le nombre de personnes recevant cette dose. Dose collective (personne Sv) = \sum (dose individuelle en Sv) \times (nombre de personnes recevant la dose).
Dose efficace <i>(Effective dose)</i>	Somme des doses équivalentes reçues par tous les tissus et organes du corps, pondérées pour représenter la contribution relative des différents tissus et organes. Elle est exprimée en sievert (Sv).
Dose équivalente <i>(Equivalent dose)</i>	Dose absorbée multipliée par un facteur de pondération radiologique qui varie d'un pour les rayonnements bêta et gamma à 20 pour le rayonnement alpha. La dose équivalente tient compte du fait que certains types de rayonnement causent plus de dommages que d'autres au même niveau de dose absorbée. L'unité SI de dose équivalente est le sievert (Sv) de mêmes dimensions que le Gray (Gy), c.-à-d. joule par kilogramme.
Effet déterministe sur la santé <i>(Deterministic health effects)</i>	Effet du rayonnement pour lequel il existe un seuil de dose au-dessus duquel la gravité de cet effet augmente avec la dose.
Effet stochastique sur la santé <i>(Stochastic health effects)</i>	Effet du rayonnement qui ne devrait généralement pas avoir de seuil et pour lequel la probabilité de survenue est proportionnelle à la dose reçue.
Électron <i>(Electron)</i>	Particule subatomique qui tourne autour du noyau de l'atome. L'électron a une charge électrique négative de $-1,602 \times 10^{-19}$ coulomb (unité de quantité d'électricité).
Entreposage <i>(Storage)</i>	Conservation de courte ou de longue durée de déchets radioactifs dans une installation qui en assure le confinement, dans l'intention de les récupérer, et où des mécanismes de contrôle institutionnels et des activités d'entretien sont mis en œuvre.
Équilibre séculaire <i>(Secular equilibrium)</i>	Le taux de désintégration du radionucléide est égal au taux de production dû à la désintégration du radionucléide parent. Bien que le radionucléide soit en désintégration constante, sa concentration ne change pas.
Évaluation déterministe du risque <i>(Deterministic risk assessment)</i>	Approche mathématique se servant d'estimations ponctuelles pour chaque variable. Ce sont souvent les estimations des pires scénarios qui sont utilisées.



TERM	DEFINITION
Évaluation probabiliste du risque <i>(Probabilistic risk assessment)</i>	Approche mathématique se servant de distributions pour représenter les variables incertaines dans le calcul.
Famille de désintégration <i>(Decay series)</i>	Suite de désintégrations au cours de laquelle la désintégration de l'isotope père produit un nouvel isotope, qui peut être également radioactif, jusqu'à l'obtention d'un atome stable.
Fission nucléaire <i>(Nuclear fission)</i>	Réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd se scinde en deux fragments généralement inégaux avec émission d'une grande quantité d'énergie et de plusieurs neutrons libres. Cette réaction est généralement provoquée par un bombardement de neutrons, mais peut également se produire spontanément.
Gray (Gy)	Unité SI de dose absorbée égale à un joule par kilogramme. Subdivisé en milligray (mGy, un millième de gray) et en microgray (μGy, un millionième de gray). En ce qui a trait aux rayonnements gamma et bêta, la dose absorbée est équivalente à la dose efficace mesurée en sieverts (Sv) (c.-à-d. 1 Gy = 1 Sv). Pour le rayonnement alpha, la dose absorbée doit être multipliée par un facteur de qualité de 20 pour calculer la dose efficace (c.-à-d. 1 Gy = 20 Sv).
Groupe critique <i>(Critical group)</i>	Groupe de membres du public raisonnablement homogène par rapport à l'exposition à une source de rayonnements et généralement composé des personnes qui reçoivent la plus forte dose équivalente liée à cette source.
Hypothèse linéaire sans seuil <i>(Linear-non-threshold model)</i>	Hypothèse selon laquelle toute exposition au rayonnement ionisant, aussi faible soit-elle, comporte un certain degré de risque et que ce risque est directement proportionnel à la dose.
Indice de risque <i>(Risk coefficient)</i>	Risque absolu à vie lié à l'exposition à une unité de dose de rayonnement, généralement exprimé en pourcentage par Sievert.
Isotopes	Nucléides possédant le même nombre de protons (c.-à-d. appartenant à un même élément), mais un nombre différent de neutrons.
DL50 <i>(LD50)</i>	Dose de rayonnement pouvant tuer 50 % des individus.
Limite opérationnelle dérivée <i>(Derived release limit)</i>	Mesure des émissions radiologiques provenant d'une installation nucléaire fournie par l'organisme de réglementation; elle est habituellement basée sur la dose moyenne de rayonnement reçue par un membre du groupe critique et ne doit pas dépasser la dose de 1 mSv par an.
Neutron	Particule subatomique dépourvue de charge normalement présente dans le noyau de l'atome.



TERM	DEFINITION
Noyau (<i>Nucleus</i>)	Partie centrale de l'atome, contenant des protons et des neutrons, représentant plus de 99,9 % de la masse de l'atome.
Nucléide (<i>Nuclide</i>)	Espèce nucléaire caractérisée par le nombre de protons et de neutrons dans le noyau.
Numéro atomique (<i>Secular equilibrium</i>)	Nombre de protons dans le noyau d'un atome. Le numéro atomique définit de manière unique chaque élément.
Période (<i>Half-life</i>)	Temps requis pour que l'activité d'un radionucléide soit réduite de moitié.
Photon	Quantum ou paquet d'énergie dans une onde électromagnétique. L'énergie d'un photon est directement proportionnelle à la fréquence de l'onde.
Positron	Particule élémentaire stable chargée positivement de $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb et dont la masse est de $9,1 \times 10^{-31}$ kg (comparable à un électron, mais chargée positivement).
Proton	Particule subatomique chargée positivement normalement présente dans le noyau de l'atome.
Radio-isotope (<i>Radioisotope</i>)	Isotope instable d'un élément. Le terme « radio-isotope » est souvent utilisé pour décrire un radionucléide possédant des applications médicales ou commerciales.
Radionucléide (<i>Radionuclide</i>)	Espèce nucléaire ou nucléide instable subissant une désintégration radioactive.
Radionucléide primordial (<i>Primordial radionuclide</i>)	Radionucléide de longue période présent depuis la formation de la Terre.
Radionucléides cosmogéniques (<i>Cosmogenic radionuclides</i>)	Radionucléides produits par le bombardement des atomes de la haute atmosphère par les rayons cosmiques primaires ou secondaires.
Radium	Élément radioactif de numéro atomique 88 et membre de la famille des alcalino-terreux. Il est également un précurseur immédiat du radon.
Radon	Élément le plus lourd de la famille des gaz nobles. Le terme « radon » désigne souvent son isotope le plus courant, le radon-222, un membre de la famille radioactive de l'uranium-238.



TERM	DEFINITION
Rayonnement alpha <i>(Alpha radiation)</i>	Forme de rayonnement ionisant constitué de deux protons et deux neutrons, semblable au noyau de l'hélium-4. Le rayonnement alpha a une faible capacité de pénétration et peut être arrêté par une feuille de papier ou la peau humaine.
Rayonnement bêta <i>(Beta radiation)</i>	Forme de rayonnement ionisant constitué de positrons chargés positivement ou d'électrons chargés négativement. Le rayonnement bêta est moyennement pénétrant et peut être arrêté par quelques millimètres d'aluminium.
Rayonnement cosmique <i>(Cosmic radiation)</i>	Rayonnement ionisant provenant du cosmos ou l'espace et composé d'environ 90 % de protons, 9 % de noyaux d'hélium-4 et 1 % d'éléments plus lourds.
Rayonnement gamma <i>(Gamma radiation)</i>	Forme de rayonnement ionisant constitué du rayonnement électromagnétique à très haute fréquence de photons. Le rayonnement gamma a une forte capacité de pénétration et seul un blindage de plomb d'une épaisseur minimale de 10 centimètres peut assurer une protection efficace.
Rayonnement ionisant <i>(Ionizing radiation)</i>	Toute forme de rayonnement possédant suffisamment d'énergie pour arracher des électrons aux atomes et ainsi produire des ions.
Rayonnement non ionisant <i>(Non-ionizing radiation)</i>	Toute forme de rayonnement dont l'énergie n'est pas suffisante pour arracher des électrons aux atomes, et par conséquent incapable de produire des ions. Les rayonnements non ionisants comprennent toutes les formes de rayonnements électromagnétiques dont la fréquence est inférieure ou égale à celle du rayonnement ultraviolet ainsi que les ondes sonores et les ultrasons.
Récepteur <i>(Receptor)</i>	Dans le cadre des évaluations des effets radiologiques sur la santé humaine, personne susceptible d'être exposée à la radioactivité rejetée dans l'environnement.
Retombées <i>(Fallout)</i>	Contamination ou débris radioactifs qui se fixent à de petites particules dans l'atmosphère. Elles sont transportées sur de grandes distances par les courants aériens avant de se déposer au sol.
SI (Système international d'unités)	Système d'unités officiellement adopté à l'échelle internationale, fondé sur le mètre, le kilogramme, la seconde, et l'ampère.
Sievert (Sv)	Unité SI de dose équivalente ou efficace exprimée en joules par kilogramme. Subdivisé en millisievert (mSv, un millième de sievert) et en microsievert (µSv, un millionième de sievert).
Spallation	Réaction nucléaire au cours de laquelle une particule chargée à haute énergie éjecte un ou plusieurs protons ou neutrons du noyau après une collision.



TERM	DEFINITION
Spectrométrie gamma <i>(Gamma spectrometry)</i>	Utilisation de détecteurs sensibles aux rayonnements (p. ex., iodure de sodium ou germanium) qui produisent un signal électrique proportionnel à l'énergie gamma détectée. Comme chaque radionucléide émet un rayonnement gamma d'énergie caractéristique, la spectrométrie gamma permet d'identifier les radionucléides présents dans un échantillon et leur quantité.
Syndrome d'irradiation aiguë <i>(Acute radiation syndrome)</i>	Effet déterministe sur la santé dû à une forte exposition de courte durée à un rayonnement, qui survient chez les humains à partir de doses d'environ un Sievert (Sv). Au-dessus de 1 Sv, la gravité de l'effet est proportionnelle à la dose et une dose d'environ 5 Sv tue 50 % des individus exposés.
Thorium	Élément naturel radioactif de numéro atomique 90.
Thoron	Radon-220, membre de la famille de désintégration du thorium-232. Voir aussi <i>radon</i> .



