



Demande de confidentialité

concernant les documents soumis en lien avec

Permis de déclassement du réacteur nucléaire Gentilly-2 d'Hydro-Québec – Renouvellement du permis CMD : 26 H-101

Ce formulaire vient étayer la Directive sur les demandes de confidentialité. Consultez la Directive pour y trouver des informations importantes sur la façon de remplir ce formulaire et sur les documents qui doivent y être joints.

Le formulaire dûment rempli et les pièces jointes **doivent être soumis au** [Greffé de la Commission](#).

Concernant l'affaire suivante : **Demande de renouvellement du permis de déclassement d'un réacteur nucléaire de puissance PDRP 10.00/2026 des Gentilly-2**

Je, Patrice Desbiens, suis un représentant autorisé des installations de Gentilly-2. Je comprends que :

- les documents fournis à la Commission canadienne de sûreté nucléaire (« la Commission ») dans le cadre d'une audience publique seront mis à la disposition du public à moins que la Commission ne rende une décision afin de protéger ces renseignements;
- indépendamment de toute demande relative à la confidentialité, ou approbation de celle-ci, les documents peuvent être divulgués si la Commission est tenue de le faire par la loi (par exemple, en réponse à une demande en vertu de la [Loi sur l'accès à l'information](#)).

Par la présente, je demande que la Commission prenne des mesures pour interdire la publication et la divulgation des renseignements suivants, conformément à l'article 12 des [Règles de procédure de la Commission Canadienne de sûreté nucléaire](#) (les Règles).

REMARQUE 1 : Toute mesure de protection supplémentaire demandée doit être précisée dans une lettre jointe à ce formulaire.

Documents visés par cette demande de confidentialité :

Les documents visés par cette demande de confidentialité sont clairement indiqués dans le tableau 1 ci-après.

REMARQUE 2 : Lorsque la demande de confidentialité ne s'applique qu'à une partie d'un document, celle-ci doit porter clairement la mention « CONFIDENTIEL » afin de la distinguer de tout contenu non confidentiel.

REMARQUE 3 : La Commission n'est responsable d'aucune violation des droits d'auteur liée à la publication, sur le site Web de la CCSN, de documents rédigés par des tiers.

Tableau 1 : Documents visés par la demande de confidentialité

	Nom	Partie(s) visée(s) par cette demande de confidentialité	Critères applicables Cochez tous les critères pertinents	Raison de la demande Expliquez en quoi les critères de l'article 12 des Règles s'appliquent et en quoi le résumé ou la version caviardée suffit à satisfaire l'intérêt public
1.	Rapport de sûreté des installations de Gentilly-2 – Édition 2021	<input checked="" type="checkbox"/> Contenu entier <input type="checkbox"/> Contenu caviardé, comme indiqué clairement dans le document	<input type="checkbox"/> Les renseignements touchent à des questions de sécurité nationale ou nucléaire. <input type="checkbox"/> Les renseignements se rapportent au savoir autochtone. Les renseignements sont de nature : <input type="checkbox"/> financière <input type="checkbox"/> commerciale <input checked="" type="checkbox"/> scientifique <input checked="" type="checkbox"/> technique <input type="checkbox"/> personnelle <input checked="" type="checkbox"/> autre (veuillez préciser), et <i>Présente des vulnérabilités associées au site des installations de Gentilly-2</i> <input checked="" type="checkbox"/> sont traités comme confidentiels de façon constante, et la personne concernée n'a pas consenti à leur divulgation. Ou : <input type="checkbox"/> La divulgation des renseignements est susceptible de mettre en danger la vie, la liberté ou la sécurité d'une ou de plusieurs personnes.	Ce rapport contient des renseignements de nature technique (notamment, relatifs aux matières fissiles réglementées, aux détails de conception de l'ensemble des installations), ainsi que des analyses de sûreté dont la communication comporte des enjeux de sécurité que nous traitons de manière confidentielle. Le document complet n'est pas destiné à la diffusion.

Tableau 1 : Documents visés par la demande de confidentialité

Nom	Partie(s) visée(s) par cette demande de confidentialité	Critères applicables Cochez tous les critères pertinents	Raison de la demande Expliquez en quoi les critères de l'article 12 des Règles s'appliquent et en quoi le résumé ou la version caviardée suffit à satisfaire l'intérêt public
2. Plan de déclassement détaillé des installations de Gentilly-2	<input type="checkbox"/> Entièreté du contenu <input checked="" type="checkbox"/> Contenu caviardé, comme indiqué clairement dans le document	<input type="checkbox"/> Les renseignements touchent à des questions de sécurité nationale ou nucléaire. <input type="checkbox"/> Les renseignements se rapportent au savoir autochtone. Les renseignements sont de nature : <input checked="" type="checkbox"/> financière <input checked="" type="checkbox"/> commerciale <input checked="" type="checkbox"/> scientifique <input checked="" type="checkbox"/> technique <input type="checkbox"/> personnelle <input type="checkbox"/> autre (veuillez préciser), et <input checked="" type="checkbox"/> sont traités comme confidentiels de façon constante, et la personne concernée n'a pas consenti à leur divulgation. Ou : <input type="checkbox"/> La divulgation des renseignements est susceptible de mettre en danger la vie, la liberté ou la sécurité d'une ou de plusieurs personnes.	Ce document présente des renseignements de nature financière et commerciale, incluant explicitement le nom des entreprises ayant obtenu des contrats. Par ailleurs, il comporte des renseignement de nature technique dont la communication comporte des enjeux de sécurité que nous traitons de manière confidentielle. Une version expurgée du document est jointe pour diffusion publique.
3. Étude de coûts du déclassement et Étude des coûts complémentaires	<input checked="" type="checkbox"/> Entièreté du contenu <input type="checkbox"/> Contenu caviardé, comme indiqué clairement dans le document	<input type="checkbox"/> Les renseignements touchent à des questions de sécurité nationale ou nucléaire. <input type="checkbox"/> Les renseignements se rapportent au savoir autochtone. Les renseignements sont de nature : <input checked="" type="checkbox"/> financière <input checked="" type="checkbox"/> commerciale <input type="checkbox"/> scientifique <input type="checkbox"/> technique <input type="checkbox"/> personnelle <input type="checkbox"/> autre (veuillez préciser), et <input checked="" type="checkbox"/> sont traités comme confidentiels de façon constante, et la personne concernée n'a pas consenti à leur divulgation. Ou : <input type="checkbox"/> La divulgation des renseignements est susceptible de mettre en danger la vie, la liberté ou la sécurité d'une ou de plusieurs personnes.	Ces documents présentent des renseignements de nature financière et commerciale que nous traitons de manière confidentielle. Les documents complets ne sont pas destinés à la diffusion.

Tableau 1 : Documents visés par la demande de confidentialité

	Nom	Partie(s) visée(s) par cette demande de confidentialité	Critères applicables Cochez tous les critères pertinents	Raison de la demande Expliquez en quoi les critères de l'article 12 des Règles s'appliquent et en quoi le résumé ou la version caviardée suffit à satisfaire l'intérêt public
4.	Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2	<input type="checkbox"/> Entièreté du contenu <input checked="" type="checkbox"/> Contenu caviardé, comme indiqué clairement dans le document	<input type="checkbox"/> Les renseignements touchent à des questions de sécurité nationale ou nucléaire. <input type="checkbox"/> Les renseignements se rapportent au savoir autochtone. Les renseignements sont de nature : <input type="checkbox"/> financière <input checked="" type="checkbox"/> commerciale <input type="checkbox"/> scientifique <input checked="" type="checkbox"/> technique <input type="checkbox"/> personnelle <input checked="" type="checkbox"/> autre (veuillez préciser), et <i>Présente des vulnérabilités associées au site des installations de Gentilly-2</i> <input checked="" type="checkbox"/> sont traités comme confidentiels de façon constante, et la personne concernée n'a pas consenti à leur divulgation. Ou : <input type="checkbox"/> La divulgation des renseignements est susceptible de mettre en danger la vie, la liberté ou la sécurité d'une ou de plusieurs personnes.	Ce document contient des renseignements de nature technique (notamment, relatifs aux matières fissiles réglementées, aux détails de conception de l'ensemble des installations), ainsi que de nature commerciale incluant le nom des entreprises ayant obtenu des contrats. Une version expurgée du document est jointe pour diffusion publique.

Attestation :

1. Je confirme que les documents mentionnés ci-dessus ne sont disponibles auprès d'aucune source publique.
2. J'ai joint une version **résumée** ou **caviardée** des documents qui nuit le moins possible au caractère public de la présente audience.
3. Je comprends que si la Commission n'approuve pas cette demande, j'aurai la possibilité d'exclure les documents de ma demande.
4. Je comprends également que si je n'exclus pas les documents, ils feront partie du dossier public, conformément à l'article 15 des Règles.
5. Je comprends qu'à la réception de cette demande, la registraire de la Commission considérera les documents visés comme confidentiels, à moins et jusqu'à ce que la Commission ne rende sa décision.

Pièces jointes :

p.j 1 - Édition 2021 du Rapport de sûreté des installations de Gentilly-2 – résumé

p.j 2 - Plan de déclassement détaillé des installations de Gentilly-2 – expurgé

p.j 3 - Étude de coûts du déclassement - résumé

p.j 4 - Étude des coûts complémentaires – résumé

p.j 5 - Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2– expurgé

Signature autorisée :



Patrice Desbiens, Directeur Opérations et maintenance

2025-12-19

Date

PIÈCE JOINTE 1

Édition 2021 du Rapport de sûreté des installations de Gentilly-2

Le rapport de sûreté a pour objectif de fournir une description à jour de l'installation nucléaire de Gentilly-2, ainsi que des installations de gestion des déchets radioactifs et du combustible irradié. Il répond aux exigences du REGDOC-3.1.1 sur la production de rapports.

Ce rapport unifié remplace deux documents précédents :

- Le rapport de sûreté de l'installation nucléaire de Gentilly-2 ;
- Le rapport de sûreté des installations de gestion des déchets radioactifs et du combustible irradié.

Notamment, le rapport couvre les aspects suivants :

- La description du site : Emplacement, la disposition des installations sur le site, ainsi que les caractéristiques de l'environnement naturel et physique ;
- Les objectifs et principes de sûreté : Présentation des principes de sûreté et des mesures physiques et administratives mises en œuvre par Hydro-Québec ;
- Présentation des structures et systèmes de Gentilly-2 : Description des structures, systèmes et composants de l'installation nucléaire, ainsi que leur état à la date de référence ;
- Présentation des installations de gestion des déchets : Présentation des structures, systèmes et composants des installations de stockage des déchets radioactifs, avec leur état actuel ;
- Analyse de risques : Évaluation des risques associés aux installations ;
- Analyse de sûreté : Présentation de l'analyse de sûreté globale des installations.

PIÈCE JOINTE 2

G2-RT-2024-00020-003
Révision 0

Plan de déclassement détaillé des installations de Gentilly-2





INSTALLATIONS DE GENTILLY 2

RAPPORT TECHNIQUE

G2-RT-2024-00020-003 Révision 0

TITRE : Plan de déclassement détaillé des installations de Gentilly-2

DOCUMENT CONFIDENTIEL
 « secret »
 RENSEIGNEMENTS RÉGLEMENTÉS
 PUBLIC

USI : 1666-09000

Révisé par :

A handwritten signature in blue ink that appears to read "Stéphanie Seang".

Stéphanie Seang, ing
Surveillance Gentilly-2

Vérifié par :

A handwritten signature in blue ink that appears to read "Annie Désilets".

Annie Désilets, ing
Cheffe Surveillance Gentilly-2

Date : Décembre 2024

Approuvé par :

A handwritten signature in blue ink that appears to read "Patrice Desbiens".

Patrice Desbiens
Directeur Opérations et maintenance

LISTE DE DISTRIBUTION

RAPPORT TECHNIQUE

Surveillance Gentilly-2

Patrice Desbiens Directeur Opérations et maintenance

Alain Gosselin Chef Maintenance Gentilly-2

Noémie Roy Conseillère en planification et contrôle

(PROG-120-07)

REMERCIEMENTS

Nous aimerais souligner la contribution des personnes suivantes pour la révision du présent document :

Stéphan Chapdelaine	Conseiller environnement Surveillance Gentilly-2
Dominique Cloutier	Ingénieure en électricité Direction expertise, ingénierie et standardisation
Stéphane Galarneau	Coordonnateur en déclassement Surveillance Gentilly-2
Mélanie Garceau	Conseillère environnement Surveillance Gentilly-2
Martin Gravel	Conseiller stratégies Surveillance Gentilly-2
André Lalancette	Coordonnateur en déclassement Surveillance Gentilly-2
Martin Lyonnais	Ingénieur en mécanique Direction expertise, ingénierie et standardisation
Noémie Roy	Conseillère planification et contrôle III Direction principale Comptabilité générale et états financiers
Claude Savard	Responsable technique en radioprotection Surveillance Gentilly-2

RÉSUMÉ

La centrale nucléaire de Gentilly-2 a été exploitée d'octobre 1983 à décembre 2012. Depuis son arrêt définitif le 28 décembre 2012, Hydro-Québec procède aux activités liées à son déclassement.

Ce document présente le plan de déclassement détaillé des installations de Gentilly-2 qui fait suite, au plan de déclassement préliminaire émis en mars 2020. L'étude de coûts pour le déclassement, en complément au présent plan, a été produite par la firme [REDACTED]



TABLE DES MATIÈRES

	Page
REMERCIEMENTS	VI
RÉSUMÉ.....	I
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS	IX
1 INTRODUCTION	1
1.1 But.....	1
1.2 Portée	1
1.3 Historique des plans de déclassement.....	2
2 DESCRIPTION DU SITE ET DES BÂTIMENTS	3
2.1 Localisation du site.....	3
2.2 Bâtiments et structures à déclasser	4
2.3 Systèmes et composants à déclasser	7
3 STRATÉGIE DE DÉCLASSEMENT	14
3.1 Stratégie de déclassement retenue	14
3.2 Enveloppes de planification	16
4 APERÇU DES CONDITIONS RADIOLOGIQUES, CHIMIQUES ET PHYSIQUES DU SITE APRÈS L'EXPLOITATION	17
4.1 Conditions radiologiques	18
4.1.1 <i>Inventaire des radionucléides</i>	18
4.1.2 <i>Débits de doses des principaux composants</i>	23
4.2 Conditions chimiques.....	26
4.3 Conditions physiques	30
5 DÉCLASSEMENT	31
5.1 Activités de déclassement.....	31
5.1.1 <i>Phase 1 – Stabilisation</i>	32
5.1.2 <i>Phase 2 – Stockage sous surveillance</i>	32
5.1.3 <i>Phase 3 – Démantèlement</i>	35
5.1.4 <i>Phase 4 – Restauration du site</i>	40
5.1.5 <i>Phase 5 – Suivi environnemental</i>	41
5.2 États finaux	41
5.2.1 <i>Phase 2a - Préparation à la phase de stockage sous surveillance</i>	41
5.2.2 <i>Phase 2b - Stockage sous surveillance</i>	42
5.2.3 <i>Phase 3b et 4 - Démantèlement et restauration du site</i>	42
5.3 Éléments de risque anticipés	43
5.4 Doses de rayonnements anticipées	44
5.5 Estimation des déchets	45
5.5.1 <i>Estimation des déchets de faible et de moyenne activités</i>	45
5.5.2 <i>Combustible irradié</i>	48
6 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	48
6.1 Environnement naturel.....	49
6.2 Environnement social et économique	51
7 CALENDRIER CONCEPTUEL DU DÉCLASSEMENT	53
8 ESTIMATION DES COÛTS ET GARANTIE FINANCIÈRE	55
8.1 Démantèlement des installations	55
8.1.1 <i>Actualisation des flux de trésorerie au 31 décembre 2024</i>	56

8.2	Évacuation du combustible	56
8.2.1	<i>Actualisation des flux de trésorerie au 31 décembre 2024</i>	56
8.3	Sommaire de la Garantie financière	57
9	CONSERVATION DES DOCUMENTS.....	58
10	PROGRAMME D'INFORMATION PUBLIQUE	58
ANNEXE A - PLAN DE LA PHASE STOCKAGE SOUS SURVEILLANCE.....		60
11	STRUCTURE DE GESTION DE PROJET	60
11.1	Personnel accrédité par la CCSN	62
11.2	Responsable du site technique	62
11.3	Interface avec les autorités.....	62
11.4	Retour d'expérience.....	62
12	CONFIGURATION DES SYSTÈMES ET DES BÂTIMENTS	63
12.1	Gestion des bâtiments	63
12.2	Alimentation électrique du site.....	63
12.3	Effluents liquides.....	63
12.4	Système de ventilation et effluents gazeux	64
12.5	Surveillance des paramètres [REDACTED]	64
[REDACTED]	[REDACTED]	
12.8	Incendie	65
12.9	Station de pompage.....	65
12.10	Surveillance interzone	65
12.11	Poste de sectionnement et SF ₆	65
13	ACTIVITÉS ET PROJETS PENDANT LA PHASE DE STOCKAGE SOUS SURVEILLANCE	66
13.1	Activités de surveillance et de maintenance.....	66
13.1.1	<i>Surveillance des paramètres.....</i>	66
13.1.2	<i>Rondes d'inspection.....</i>	66
13.1.3	<i>Maintenance des équipements</i>	66
13.1.4	<i>Gestion du vieillissement</i>	67
[REDACTED]	[REDACTED]	
13.1.6	<i>Mise en retrait</i>	67
13.1.7	<i>Surveillance de l'environnement</i>	68
13.2	Projets	68
13.2.1	<i>Reconfiguration du périmètre de sécurité</i>	68
13.2.2	<i>Relocalisation de la distribution électrique située au BAST</i>	68
13.2.3	<i>Évaluation et conception de nouveaux modules d'échantillonnage</i>	68
13.2.4	<i>Transfert de l'alimentation électrique 230 kV vers une alimentation 25 kV</i>	68
13.2.5	<i>Reconfiguration du poste de sectionnement</i>	68
13.2.6	<i>Mise en retrait de l'ASDR</i>	69
13.2.7	<i>Disposition des inventaires</i>	69
13.2.8	<i>Modification du système de détection et de protection incendie</i>	69
13.2.9	<i>Évaluation de la station de pompage et de l'approvisionnement en eau d'incendie</i>	70
13.2.10	<i>Mise en retrait du système d'air d'instrument</i>	71
13.2.11	<i>Mise en retrait du système d'eau brute d'alimentation</i>	71
13.2.12	<i>Reconfigurations et autres modifications</i>	71
13.2.13	<i>Étang aéré et gestion des eaux sanitaires</i>	71
13.2.14	<i>Transfert du combustible irradié vers le dépôt géologique profond de la SGDN</i>	71
14	ACTIVITÉS DE DÉMANTÈLEMENT	72
14.1	Démantèlement du BIP et de l'UTE	72

14.2	Avant-projet	72
14.3	Description des bâtiments et structures visés	73
14.3.1	<i>Bâtiment d'inspection périodique</i>	73
14.3.2	<i>Usine de traitement d'eau</i>	73
14.3.3	<i>Station de pompage G1</i>	73
14.3.4	<i>Réservoirs d'eau déminéralisée</i>	73
14.3.5	<i>Bâtiment l'eau de service recirculée</i>	73
14.3.6	<i>Bâtiment administratif des services techniques</i>	74
14.3.7	<i>Bâtiment administratif</i>	74
14.3.8	<i>Centre de récupération des matières contaminées</i>	74
14.3.9	<i>Bâtiment du refroidissement d'urgence du cœur</i>	74
14.3.10	<i>Plate-forme des graisses et gaz</i>	74
14.3.11	<i>Bâtiment Turbine</i>	74
14.3.12	<i>Conduites des vapeurs principales</i>	75
14.3.13	<i>Entrepôt éloigné</i>	75
14.4	Description des lots de travail.....	75
14.5	Démolition de la structure	75
14.6	Documentation à fournir à la CCSN préalablement au démantèlement d'un bâtiment	76
15	SYSTÈME DE GESTION QUALITÉ DES INSTALLATIONS DE GENTILLY-2	76
15.1	Système de gestion de la Qualité	76
15.2	Manuel de gestion de la qualité	76
15.3	Programme de radioprotection (PROG-160)	77
15.4	Protection de l'environnement (PROG-140)	78
15.5	Programme de gestion des déchets (PROG-150)	78
15.5.1	<i>Déchets contenant des substances nucléaires</i>	79
15.5.2	<i>Déchets libérés du contrôle radiologique</i>	79
15.5.3	<i>Stratégie de gestion des déchets</i>	79
15.6	Programme des mesures d'urgence et de protection incendie (PROG-200 et PROG-190)	80
15.6.1	<i>Plan des mesures d'urgence</i>	80
15.6.2	<i>Incendie</i>	80
15.7	Programme gestion de la performance (PROG-220)	80
15.7.1	<i>Performance humaine</i>	80
15.7.2	<i>Formation du personnel</i>	81
15.7.3	<i>Accréditation du personnel</i>	81
15.7.4	<i>Aptitude au travail</i>	81
15.8	Programme de sécurité (PROG-180)	81
15.9	Programme de soutien technique (PROG-120)	81
15.10	Programme de santé et sécurité au travail (PROG-170)	82
	ANNEXE B - MISE À JOUR DES ÉTATS FINAUX DES SYSTÈMES	83
	ANNEXE C - ÉVACUATION DU COMBUSTIBLE	88
16	GESTION ADAPTATIVE PROGRESSIVE	88
17	LE FINANCEMENT DU PROJET DE LA GAP	88
18	LA DESCRIPTION DU PROJET	89
18.1	<i>Le centre d'expertise</i>	89
18.2	<i>Le dépôt géologique en profondeur</i>	89
18.2.1	<i>Les installations de surface</i>	89
18.2.2	<i>Les installations souterraines</i>	89
18.3	<i>Le système de transport du combustible irradié</i>	90
19	L'ÉVALUATION DES COÛTS DE LA GAP POUR L'ENSEMBLE DES MEMBRES	91

21

REFÉRENCES 93

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Principaux produits d'activation d'intérêt	19
Tableau 2: Principaux produits de fission d'intérêt	20
Tableau 3: Activité totale des isotopes à vie longue au moment de l'arrêt du réacteur (composants du réacteur).....	21
Tableau 4: Inventaire total des radionucléides à vie longue après l'arrêt du réacteur (Système caloporeur et ses auxiliaires)	22
Tableau 5: Dose efficace collective par année depuis 2012	45
Tableau 6: Volume de déchets radioactifs de démantèlement.....	47
Tableau 7: Volume de déchets radioactifs entreposés sur le site en date du 30 novembre 2024	47
Tableau 8: Effectifs réels et prévus pour la phase stockage sous surveillance	51
Tableau 9: Effectifs pour la phase stockage sous surveillance	52
Tableau 10: Bâtiments à démanteler pendant la phase de stockage sous surveillance	72

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Emplacement géographique des installations de Gentilly-2	3
Figure 2: Plan du site des Installations de Gentilly-2	6
[Redacted]	
Figure 11: Échéancier global du déclassement des installations de Gentilly-2.....	15
Figure 12: Activité spécifique des principaux isotopes radioactifs dans les composants du réacteur après l'arrêt définitif	23
Figure 13: Débit de doses gamma des composants internes du cœur du réacteur	24
Figure 14: : Débit de doses du Cobalt-60 des composants externes du cœur du réacteur sans décontamination	25
Figure 15: Calendrier des activités de déclassement	54
[Redacted]	
Figure 17: Organigramme des installations de Gentilly-2 en date de novembre 2024	61
Figure 18: Structure du système de gestion qualité	77
Figure 19: Mise en place du combustible irradié	90

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AES	Analyse d'événement significatif
AEU	Alimentation électrique d'urgence
ALARA	As low as reasonably achievable
ASDR	Aire de stockage des déchets radioactifs
ASN	Agent de sécurité nucléaire
ASSCI	Aire de stockage à sec du combustible irradié
B/A	Bâtiment administratif
BAST	Bâtiment d'administration des services techniques
BIP	Bâtiment inspection périodique
BLW	Boiling light water
BPC	Biphényles polychlorés
B/T	Bâtiment turbine
CANDU	Canadian Deuterium Uranium
CANSTOR	Candu Storage
CCEA	Commission de contrôle de l'énergie atomique
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CEMD	Centre d'excellence en matières dangereuses
CRE	Centre-du-Québec et Mauricie
CRMC	Centre de récupération des matières contaminées
CRMD	Centre de récupération de matières dangereuses
CSA	Canadian Standard Association
CTCI	Colis de transport du combustible irradié
DGP	Dépôt géologique en profondeur
ÉACL	Énergie atomique du Canada limitée
EBA	Eau brute d'alimentation
EDFMA	Enceinte de déchets de faible et de moyenne activité
ÉÉ	Entrepôt éloigné
ÉE	Évaluation environnementale
ÉRE	Évaluation des risques environnementaux
ÉRI	Évaluation de risque incendie
ESR	Eau de service recirculée
ETCSS	Emballage de transport du conteneur de stockage à sec
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HEPA	High efficiency particulate air
HMI	Huile minérale isolante
HMIS	Hazardous materials inventory system
HQ	Hydro-Québec
IAEA	International atomic energy agency
IGDRS	Installation de gestion des déchets radioactifs solides
ISO	International Standards Organization
LCE	Ligne de conduite pour l'exploitation
LCÉE	Loi canadienne sur l'évaluation environnementale
LOGESDES	Logiciel de gestion de dessins
MCP	Manuel des conditions de permis
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MGQ	Manuel de gestion de la qualité

MRC	Municipalité régionale de comté
MWe	One million watts of electric capacity
MW	One million watts of electricity
PDD	Plan de déclassement détaillé
PDP	Plan de déclassement préliminaire
PDRP	Permis de déclassement d'un réacteur nucléaire de puissance
PFE	Plan de fin d'exploitation
PGV	Programme de gestion du vieillissement
PROG	Programme
RCA	Rapport pour correctif ou amélioration
RCCS	Rupture de conduite côté secondaire
RDS	Responsable de site
REGDOC	Regulatory document
RMERT	Rapport de mise en retrait
RT	Rapport technique
RTR	Responsable technique en radioprotection
RUC	Refroidissement d'urgence du cœur
RWLF	Radioactive Waste Leadership Forum
SGDN	Société de gestion des déchets nucléaires
SGQ	Système de gestion de la qualité
SIGI	Services informationnels en gestion de l'information
SPIPB	Société du Parc Industriel et Portuaire de Bécancour
SSC	Systèmes, structures et composants
TAG	Turbine à gaz
TSA	Transformateur de service alternateur
TSR	Transformateur de service réseau
USI	Universal subject index
UTE	Usine de traitement des eaux

1 INTRODUCTION

La centrale nucléaire de Gentilly-2 a été exploitée d'octobre 1983 à décembre 2012. Depuis son arrêt définitif le 28 décembre 2012, Hydro-Québec procède aux activités liées à son déclassement. Ce document présente le plan de déclassement détaillé des installations de Gentilly-2 qui fait suite, au plan de déclassement préliminaire émis en mars 2020 [1]. L'étude de coûts pour le déclassement, en complément au présent plan, a été produite [REDACTED] en 2024 [2]. Les plans de déclassement détaillés (PDD) à soumettre pour les installations nucléaires sont décrits dans la norme CSA N294-19 *Déclassement des installations contenant des substances nucléaires* et le document d'application de la réglementation REGDOC 2.11.2 *Déclassement* de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). Ces plans doivent être révisés à tous les cinq (5) ans. Le présent plan de déclassement détaillé intègre ainsi les exigences de ces deux documents.

1.1 But

Le présent PDD est soumis au personnel de la CCSN et décrit les activités de déclassement des installations de Gentilly-2. Il précise les activités à réaliser pendant la phase de stockage sous surveillance, plus particulièrement les cinq (5) prochaines années, et donne l'orientation adoptée par Hydro-Québec pour les activités de déclassement à plus long terme.

Le PDD a également pour objectif de préciser les éléments suivants :

- Décrire le processus de déclassement de Gentilly-2 ;
- Documenter la stratégie de déclassement retenue qui, à la lumière des connaissances actuelles et historiques, représente une approche techniquement réalisable, sûre et acceptable sur le plan environnemental ;
- Intégrer le plan de stockage sous surveillance ;
- Encadrer la planification des activités de déclassement futures ;
- Documenter les coûts et les besoins en termes de garanties financières.

Un PDD pour le bâtiment d'inspection périodique et l'usine de traitement d'eau a déjà été déposé en avril 2024 [3] en vue de leur démantèlement en 2025, ces activités ne seront donc pas couvertes dans le présent PDD.

1.2 Portée

Ce plan documente la stratégie de déclassement des installations de Gentilly-2, qui comprend l'installation nucléaire (centrale nucléaire) et les installations de gestion des déchets radioactifs solides et du combustible irradié. Il est à noter qu'en 2016, la Commission de toponymie du Québec a émis un avis favorable à la suite de la demande Hydro-Québec de modifier le toponyme de la « centrale nucléaire de Gentilly-2 » pour celui de « Installations de Gentilly-2 ». L'expression « les installations de Gentilly-2 » est utilisée pour faire référence à l'installation nucléaire de Gentilly-2 ainsi qu'aux installations de gestion de déchets radioactifs. Les installations de déchets radioactifs comprennent l'aire de stockage des déchets radioactifs solides (ASDR), l'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) et l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS). L'appellation « centrale nucléaire » est conservée seulement si on réfère au passé.

La centrale, d'une puissance installée de 675 MWe, a généré environ 5 TWh par année tout au long de son exploitation. La centrale nucléaire produisait de plus du cobalt radioactif, [REDACTED]. Le cobalt ainsi activé à Gentilly-2 était ensuite utilisé à des fins médicales et industrielles.

Le site de Gentilly comprend également la centrale nucléaire de Gentilly-1 (réacteur de type CANDU-BLW de 250 MW), déclassée en 1986. Après son déclassement, la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) a autorisé, en juillet 1986, la conversion des bâtiments du réacteur et de la turbine en installation de gestion des déchets. Le bâtiment de service de Gentilly-1 fait maintenant partie intégrante des installations de Gentilly-2 et sert de bâtiment administratif des services techniques. L'installation de gestion des déchets de Gentilly-1, n'est toutefois pas comprise dans la portée de ce PDD puisqu'elle n'appartient pas à Hydro-Québec.

La centrale nucléaire de Gentilly-2 a cessé son exploitation à la fin de l'année 2012 et est actuellement en transition vers la phase de stockage sous surveillance. Le PDD décrit les grandes lignes des activités qui ont eu lieu depuis ce temps, celles qui sont en cours et celles qui sont prévues jusqu'au déclassement complet des installations de Gentilly-2. Beaucoup de ces activités sont de nature très complexe, la technologie associée est en constante évolution et elles seront assujetties à des exigences réglementaires qui se voudront aussi évolutives. Le présent document a donc été élaboré en intégrant des hypothèses conservatrices. À l'instar des technologies et des exigences applicables, le PDD de Gentilly-2 se doit aussi d'être considéré comme un document évolutif. Les bâtiments et structures visées par le PDD sont assujettis aux exigences du permis de déclassement d'un réacteur nucléaire de puissance (PDRP) 10.00/2026 de la CCSN pour le déclassement de l'installation nucléaire de Gentilly-2 et l'exploitation des installations de stockage des déchets radioactifs et du combustible irradié.

1.3 Historique des plans de déclassement

À la suite de l'arrêt définitif de la centrale de Gentilly-2, plusieurs documents ont été soumis à la CCSN. Pour la phase de stabilisation et de préparation au stockage sous surveillance, HQ a déposé à la CCSN un Plan de fin d'exploitation [4] et un Plan directeur 2013-2021 « Orientations pour la mise à l'état de stockage sûr de la centrale nucléaire de Gentilly-2 » [5].

Par la suite, pour la phase de stockage sous surveillance, HQ a transmis, en décembre 2019, le plan précisant la configuration des différents systèmes qui demeureront opérationnels ainsi que les différents projets et activités à réaliser au cours de cette phase [6]. Une description sommaire des principaux programmes du système de gestion de la qualité s'y retrouve également. Cette phase est prévue débuter en 2025, à la suite de la déclaration de l'état de stockage sûr avec tout le combustible entreposé à sec (ÉSSsec). Cette phase se terminera à l'horizon 2057 avec le début de la phase de préparation et du démantèlement final des installations. Ce plan est révisé et disponible à l'annexe A du PDD.

Le présent PDD décrit le plan de déclassement global des installations de Gentilly-2 dont la précédente version a été déposée auprès de la CCSN en mars 2020 [1].

En avril 2024, HQ a soumis au personnel de la CCSN un plan détaillé de déclassement pour le bâtiment d'inspection périodique et l'usine de traitement d'eau [3] en vue de leur démantèlement au cours de l'année 2025.

2 DESCRIPTION DU SITE ET DES BÂTIMENTS

2.1 Localisation du site

Le site de Gentilly-2 est situé dans la municipalité de Bécancour (province de Québec), sur la rive sud du fleuve St-Laurent, à environ 15 km à l'est de Trois-Rivières. Son emplacement géographique est indiqué à la figure 1.

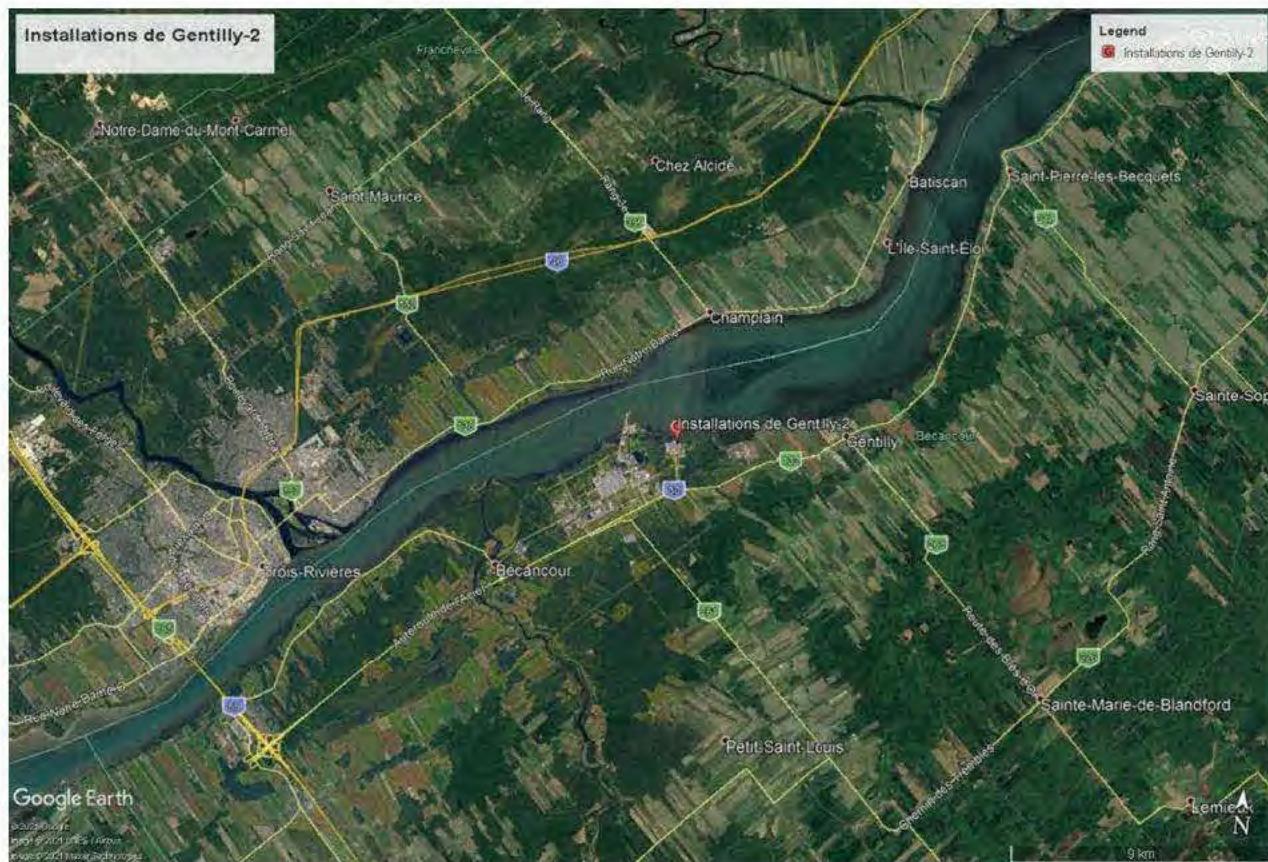


Figure 1: Emplacement géographique des installations de Gentilly-2

L'environnement autour des installations de Gentilly-2 est typiquement rural avec principalement des champs pour la culture, des forêts, une zone industrielle et des municipalités et villages le long du fleuve. Les propriétés adjacentes au site de Gentilly-2 sont exclusivement industrielles ou agricoles.

L'agglomération la plus près est la municipalité de Champlain située sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent à environ 5 km de Gentilly-2. La densité de la population locale dans un rayon de 10 km du site est estimée à 25 personnes par kilomètre carré; il n'y a aucun habitant dans la zone d'exclusion de près d'un kilomètre autour du bâtiment réacteur.

Le site, propriété d'Hydro-Québec, est situé en bordure du fleuve St-Laurent et comprend environ 240 hectares d'arbres et d'arbustes d'hauteurs variées. Le site se trouve à 7,16 mètres en moyenne au-dessus du niveau de la mer et à 0,37 mètre au-dessus du niveau des hautes eaux du fleuve Saint-Laurent. L'accès aux installations par automobile et camion se fait par une seule route de deux km à partir de l'autoroute 30. Le site comporte un embranchement ferroviaire partiellement démantelé.

Bien que l'installation ne soit pas active, le débarcadère existant pourrait être modernisé pour permettre le transport maritime de grandes quantités de composants ou de matériaux. Le chenal de la voie maritime du Saint-Laurent se trouve à environ 1 000 mètres des installations au point le plus proche.

Le *Rapport de sûreté des installations de Gentilly-2* [7] fournit plus d'informations sur l'environnement autour du site.

2.2 Bâtiments et structures à déclasser

Les installations de Gentilly-2 comprennent plusieurs bâtiments à déclasser dont:

- Bâtiment pour le réacteur ;
- Bâtiment pour la turbine ;
- Bâtiment des services ;
- Installations de stockage à sec des déchets radioactifs solides et du combustible nucléaire irradié ;
- Station de pompage ;
- Canaux d'amenée et de rejet d'eau de refroidissement ;
- Conduite de rejet des effluents radioactifs ;
- Entrepôt ;
- Centre de formation ;
- Poste de garde ; et
- Bureaux administratifs.

D'autres bâtiments ou structures de moindre importance contenant divers systèmes et composants qui étaient nécessaires à l'exploitation du réacteur seront également déclassés. Le poste de sectionnement, incluant le bâtiment SF6, n'est pas visé par les travaux de déclassement prévus. Un plan détaillé du site est présenté à la figure 2.

Le bâtiment du réacteur est la structure la plus importante de l'enceinte de confinement. Il comprend la calandre, de nombreux systèmes nucléaires directement associés à la production de vapeur. La structure de confinement est constituée d'un mur cylindrique en béton précontraint, d'un dôme sphérique segmenté et d'un radier. Elle est conçue pour contenir une pression interne de 124 kPa dans des conditions d'accident. Un revêtement imperméable fait partie intégrante du bâtiment pour empêcher les fuites d'air et d'eau. Un dôme intérieur au sommet du bâtiment du réacteur combiné au mur d'enceinte du bâtiment forme un réservoir d'eau pour le système d'arrosage et le refroidissement d'urgence du cœur. L'eau contenue dans le réservoir d'arrosage a par ailleurs été drainée en mai 2014.

Le bâtiment de la turbine est une structure industrielle conventionnelle contenant la turbine et ses systèmes auxiliaires, quatre (4) génératrices diesel de catégorie III et le système de chauffage et ses pompes. Le bâtiment turbine contenait auparavant le système de chloration, qui a été démantelé afin de faire place aux équipements de la nouvelle alimentation électrique du 25 kV. Les murs et le toit sont composés d'éléments préfabriqués en acier avec une isolation. Le bâtiment comprend un hall principal abritant l'assemblage de la turbine et de l'alternateur. Il comprend d'autres salles notamment pour les équipements associés à la distribution électrique (batteries, onduleurs, disjoncteurs, etc.), les compresseurs d'air, le condenseur et une ancienne usine de déminéralisation de l'eau.

Le bâtiment de service est une structure conventionnelle en béton armé contenant la salle de commande, les piscines pour la manutention et le stockage du combustible irradié, le système de gestion de l'eau

lourde. Il comprend également les installations pour les services courants telles qu'un magasin, des ateliers, des vestiaires, un centre de décontamination et un laboratoire d'analyses.

Les déchets radioactifs solides de faible et de moyenne activités étaient auparavant entreposés dans des enceintes souterraines en béton, situées à l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR). Depuis peu, la quasi-totalité des déchets de ces enceintes ont été traités pour en réduire le volume, et les résidus de traitement ont été compactés et réemballés pour ensuite être transférés dans des enceintes de stockage en béton de surface, à l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS). Ne restent maintenant à l'ASDR que les filtres usés ayant été utilisés en eau lourde, actuellement stockés dans une seule et même fosse. L'ASDR est située à l'extérieur de la zone protégée tandis que l'IGDRS est située à l'intérieur. Les résines usées contaminées radiologiquement sont entreposées dans des enceintes spécifiques de l'IGDRS. Certains déchets de moyenne activité sont entreposés dans un silo de déchets de retubage modifié.

L'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) est composée de structures en béton armé, appelées modules CANSTOR. Chaque module contient 20 cylindres de stockage en acier au carbone galvanisé placés à la verticale, chaque cylindre peut contenir dix (10) paniers de 60 grappes de combustible irradié. La capacité de chaque module est donc de 12 000 grappes de combustible irradié. Il y a neuf modules CANSTOR à l'ASSCI et deux autres modules CANSTOR au sud de l'IGDRS.

Une grue sur rail est présente pour desservir l'IGDRS et donner accès à ces deux modules. Alors que pour l'ASSCI, Hydro-Québec a décidé en 2024 de ne pas effectuer la remise à niveau de la grue sur rail pour les neufs modules CANSTOR. Il a été établi que d'ici le transfert du combustible au site de la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) vers 2048, advenant qu'un besoin de sortie du combustible soit requis, Hydro-Québec communiquera auprès d'un fournisseur externe afin qu'il se présente au site. Une nouvelle grue portique sera quant à elle construite et mise en service aux endroits de l'ASSCI vers 2047 afin de permettre la sortie définitive du combustible vers le dépôt géologique en profondeur sous la responsabilité de la SGDN.

Les autres structures et bâtiments associés à l'exploitation de Gentilly-2 sont de type conventionnel et leur disposition est illustrée à la figure 2.

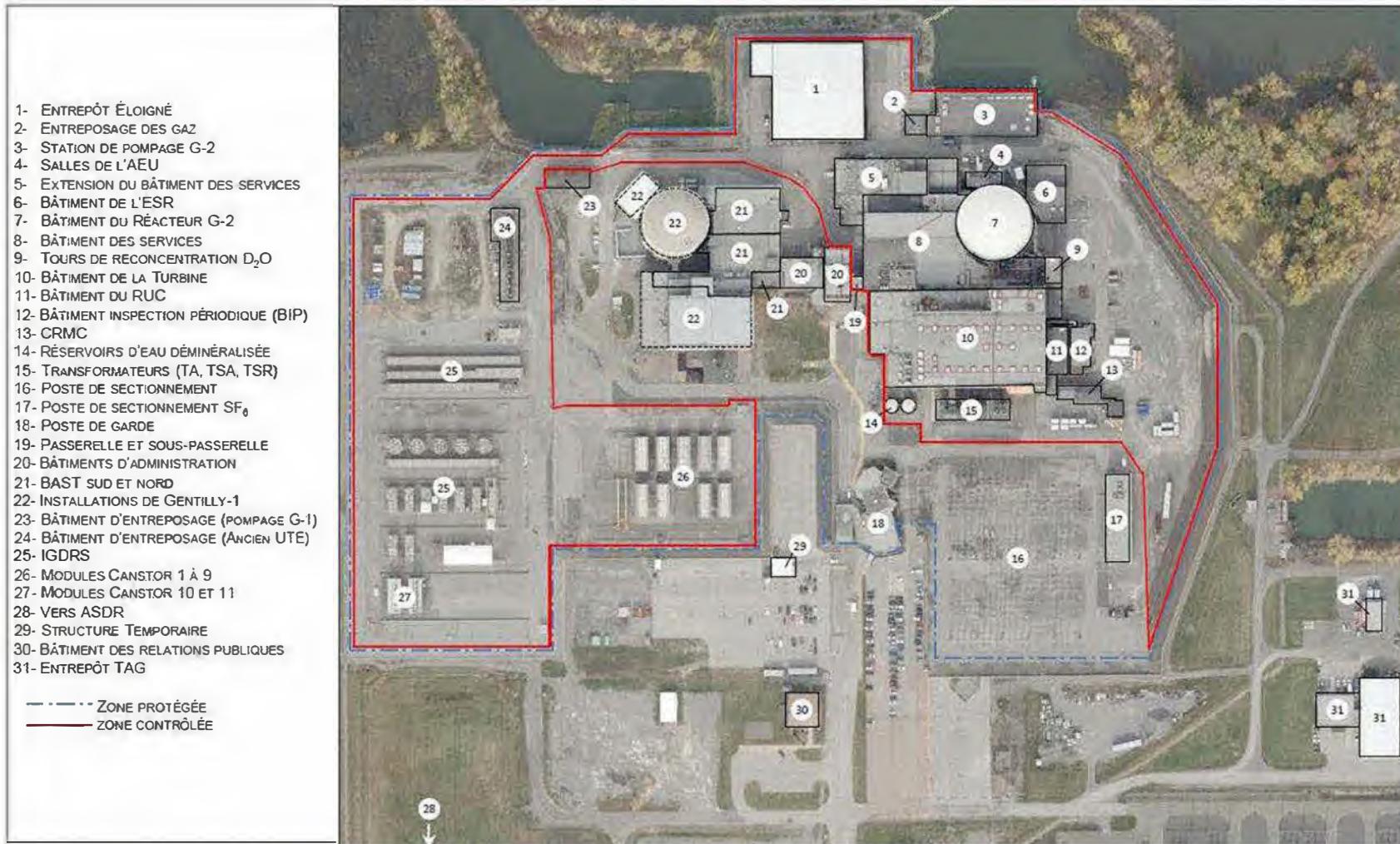


Figure 2: Plan du site des Installations de Gentilly-2

À la figure 2, la ligne pointillée bleue représente la zone protégée actuelle des installations de Gentilly-2. Un projet de reconfiguration de cette zone est présentement en cours. La ligne pointillée noire délimite les bâtiments appartenant aux Laboratoires Canadiens Nucléaires.

2.3 Systèmes et composants à déclasser

L'installation nucléaire de Gentilly-2 comprend un réacteur nucléaire à eau lourde pressurisée de type CANDU 6 et les équipements associés pour la production de vapeur. Les principaux composants radioactifs qui devront être démantelés, pour que l'installation nucléaire puisse être totalement libérée du contrôle réglementaire, sont situés dans le bâtiment du réacteur. La figure 3 illustre une vue en coupe du bâtiment du réacteur et ses principaux composants. Les principaux systèmes radioactifs à démanteler sont représentés de façon schématique aux figures 4 à 6 (système caloporteur) et aux figures 7 à 10 (système modérateur).

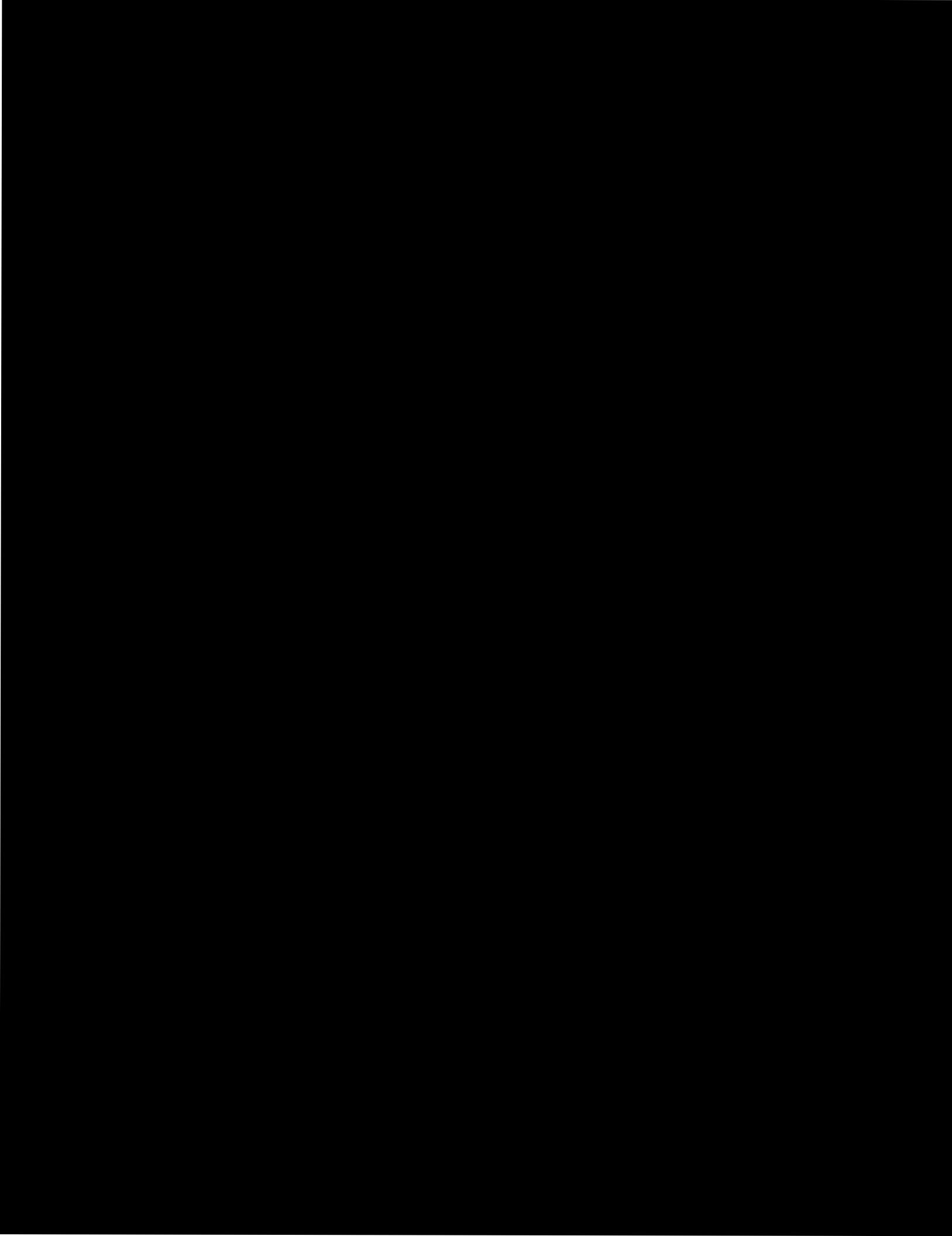
Les principaux travaux de démantèlement consisteront donc à retirer les composants de ces deux systèmes, dont les suivants :

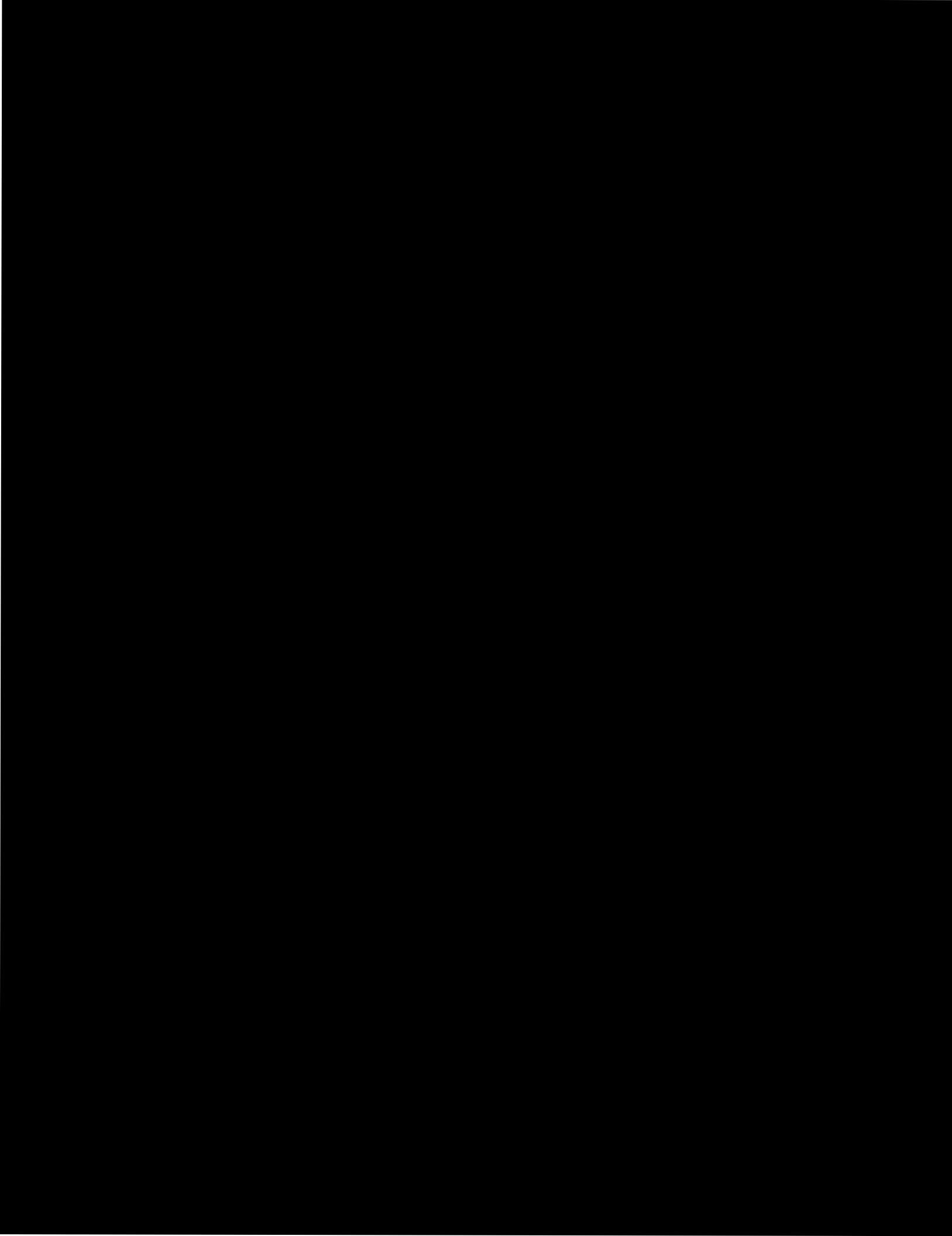
- le réacteur (la calandre, le caisson, les canaux de combustible, les mécanismes de contrôle de la réactivité et sa plate-forme, les tuyaux d'alimentation et les collecteurs) (1 de 1 087 tm) ;
- les deux échangeurs de chaleur (112 tm) et les deux pompes de circulation du modérateur (24 tm) ;
- les composants et la tuyauterie associés aux systèmes de purification modérateur qui se trouvent dans le bâtiment service ;
- les quatre générateurs de vapeur (800 tm) et les quatre pompes principales du circuit caloporteur (312 tm) ;
- le pressuriseur (110 tm) ;
- le dégazeur du circuit caloporteur (45 tm) ;
- la tuyauterie du circuit caloporteur et les vannes associées ;
- les composants et la tuyauterie associés à la récupération de l'eau lourde et d'injection de poison liquide.

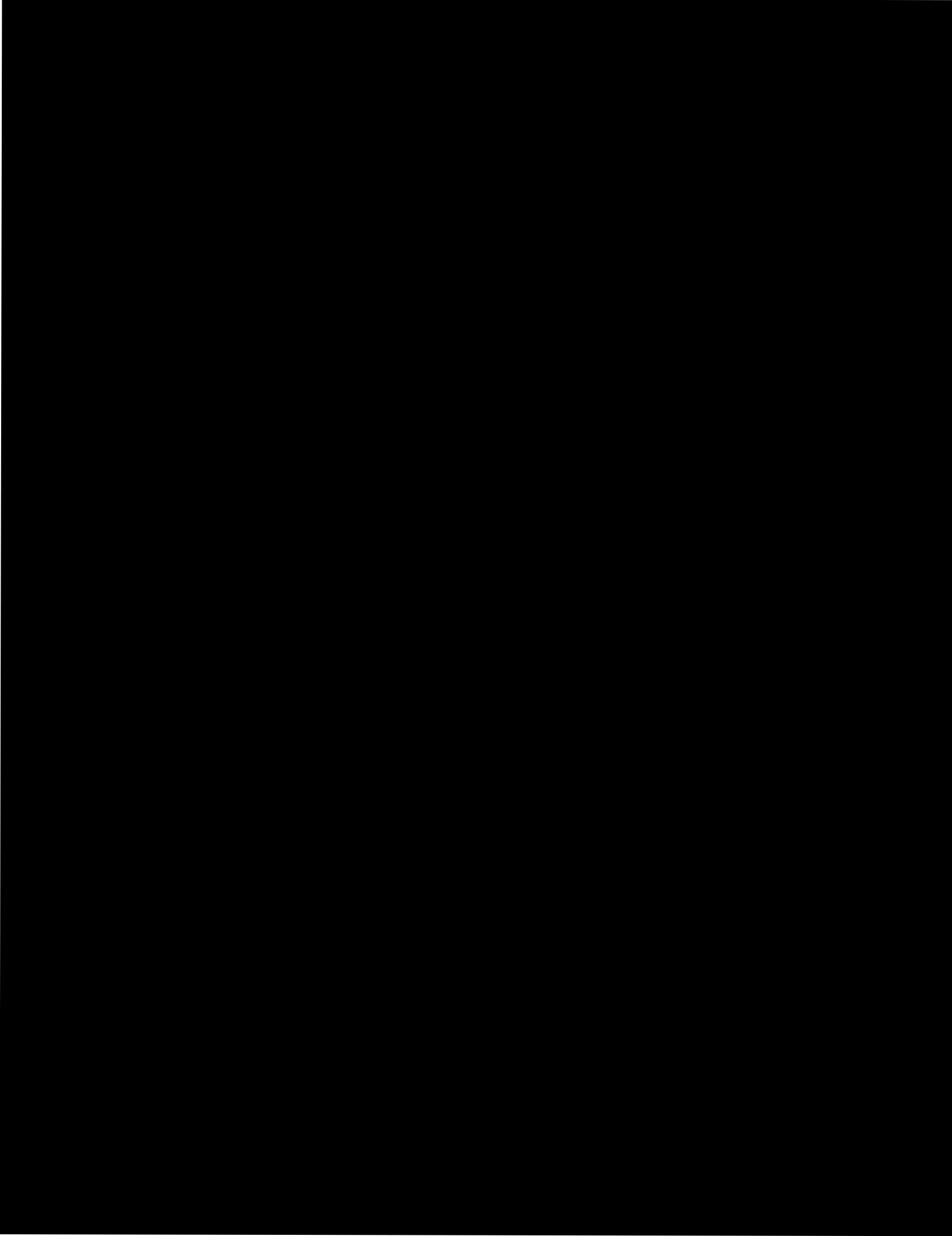
À terme, le démantèlement nécessitera également la démolition des onze modules de stockage à sec du combustible irradié (CANSTOR) ainsi que toutes les enceintes de stockage de chacune des deux installations de gestion de déchets (ASDR et IGDRS).

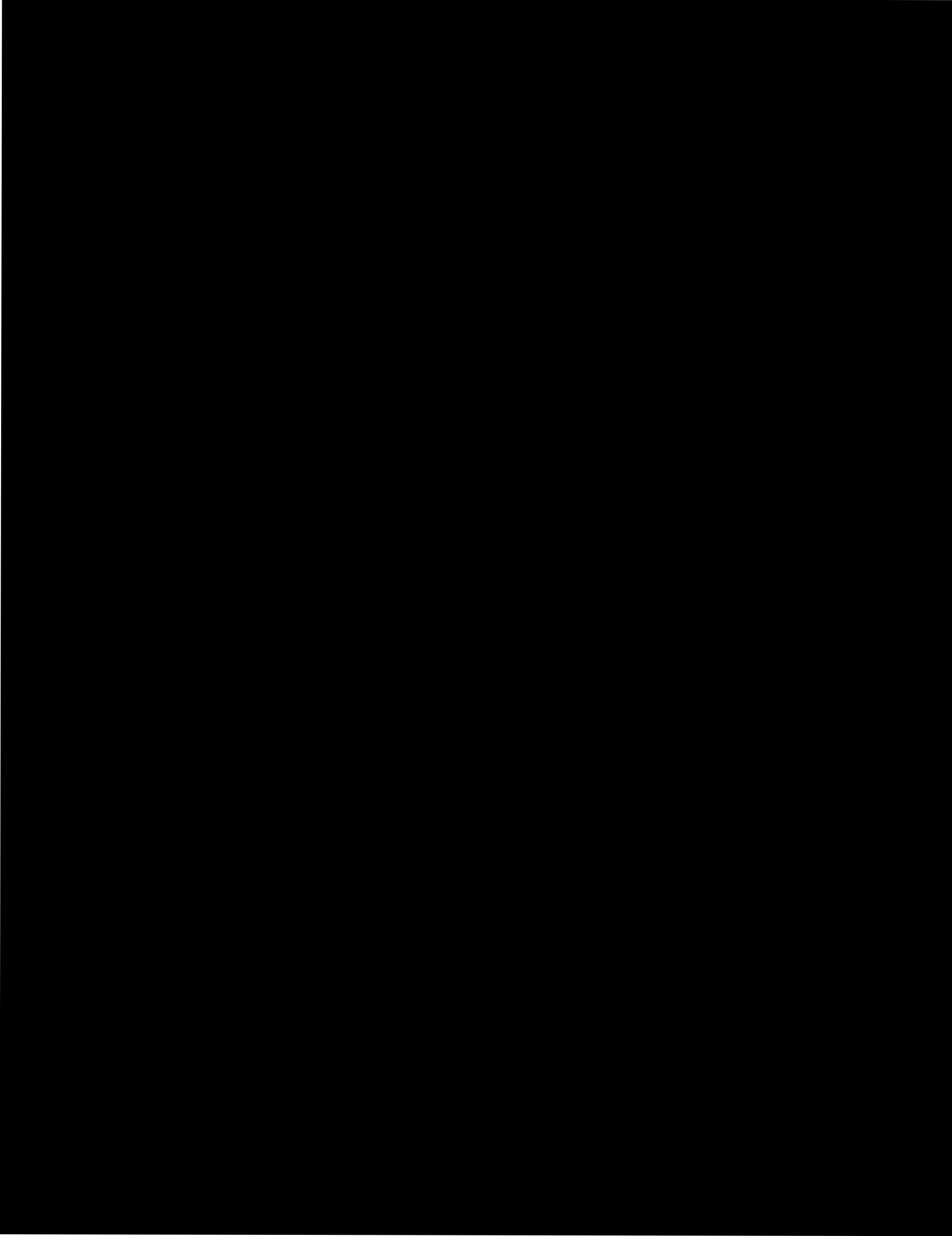
Les schémas détaillés des systèmes et composants à déclasser se trouvent dans la banque principale des dessins d'Hydro-Québec, LOGESDES. De plus, toutes les informations concernant la mise en retrait des systèmes et composants se trouvent dans les rapports de mise en retrait spécifiques à chaque système (RMERT). Les RMERT sont rédigés en conformité avec la procédure « PROG-120-11 Préparation et suivi de la mise en retrait (MERT) définitive d'un système » du système de gestion qualité de Gentilly-2 (SGQ).

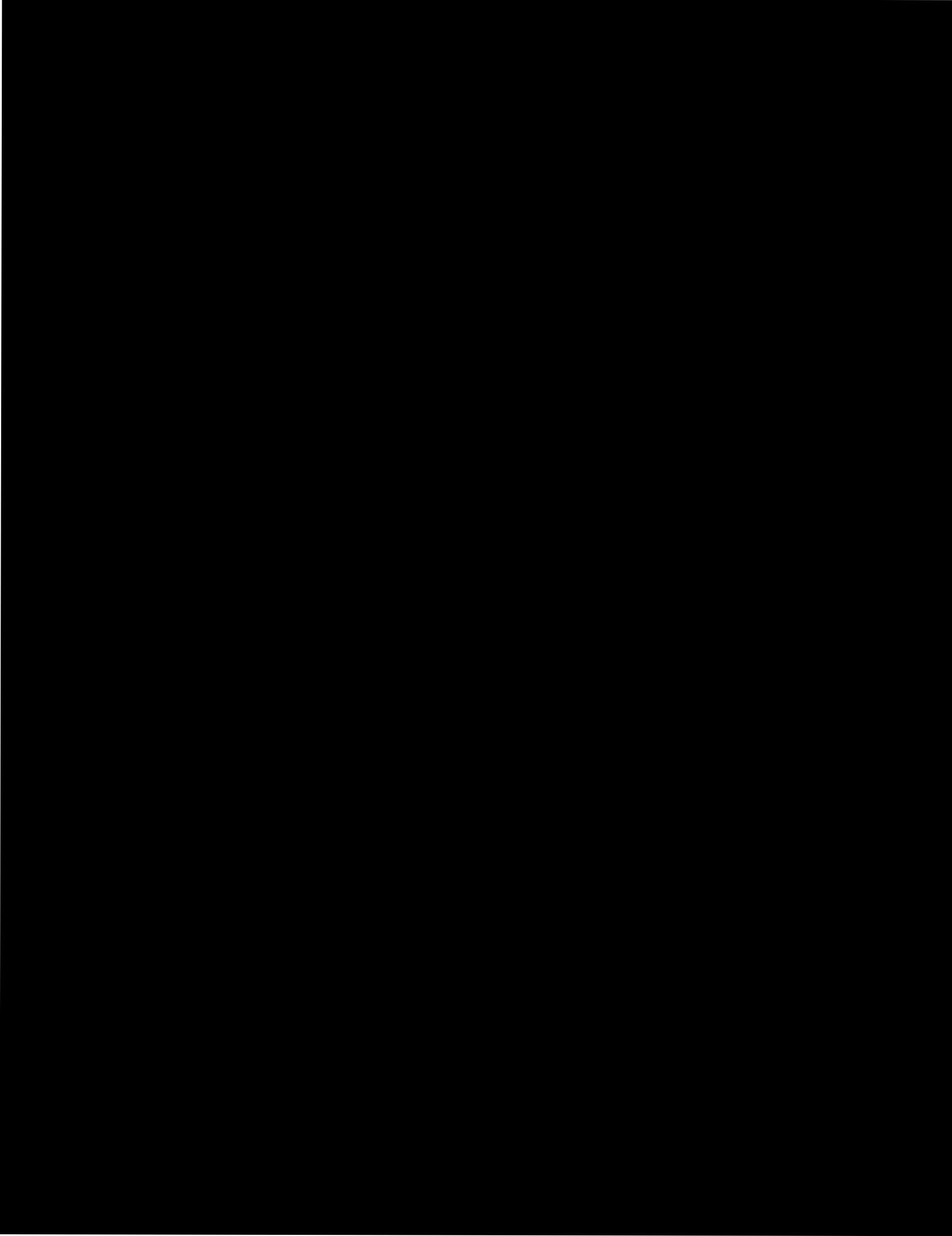
Finalement, le *Rapport de sûreté des installations de Gentilly-2* [7] fournit une description complète de tous les bâtiments, systèmes, structures et composants des installations de Gentilly-2.

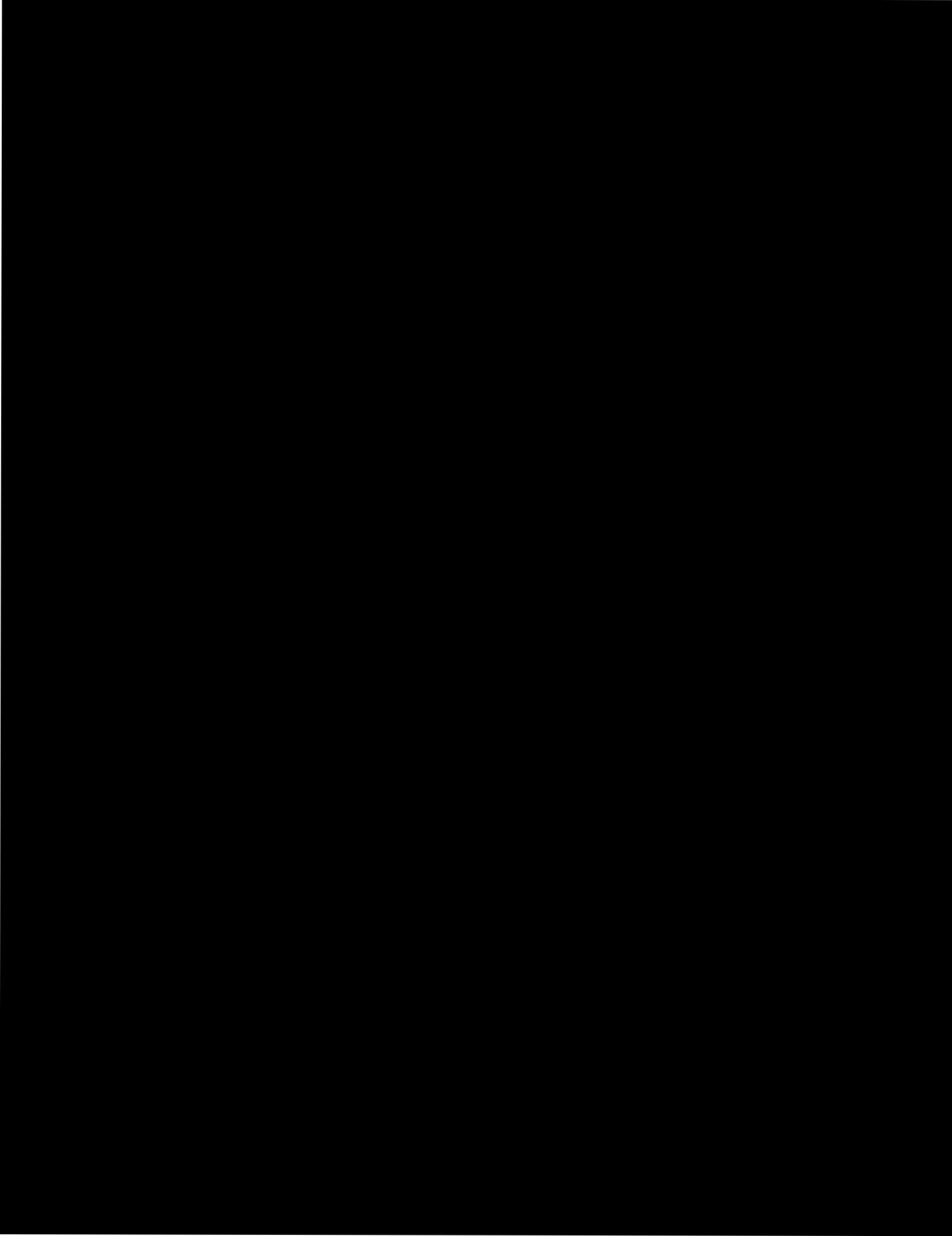












3 STRATÉGIE DE DÉCLASSEMENT

3.1 Stratégie de déclassement retenue

Lors du dépôt du précédent du PDP en 2020, la stratégie retenue pour les installations de Gentilly-2 était celle d'un déclassement différé. Au cours des dernières années, des évaluations d'opportunités et de coûts ont été réalisées et le scénario de déclassement a finalement été adapté, pour un scénario se voulant plutôt hybride. Hydro-Québec démantèlera, donc, plusieurs de ses bâtiments d'ici à l'horizon 2036. Les bâtiments visés par un démantèlement devancé sont ceux contenant peu ou pas de contamination radioactive. La stratégie de déclassement différé, pour les bâtiments du réacteur et des services impliquant la majorité des systèmes nucléaires demeure cependant inchangée.

Le déclassement complet du site des installations de Gentilly-2 en vue de sa libération totale et inconditionnelle du contrôle réglementaire sera complété après une phase de stockage sous surveillance. L'échéancier global du déclassement des installations de Gentilly-2 est présenté à la figure 11. Cette figure inclus également la liste de bâtiments et structures visés par le devancement des démantèlements. Le détail des bâtiments et structures est présenté à la section 14 de l'annexe A.

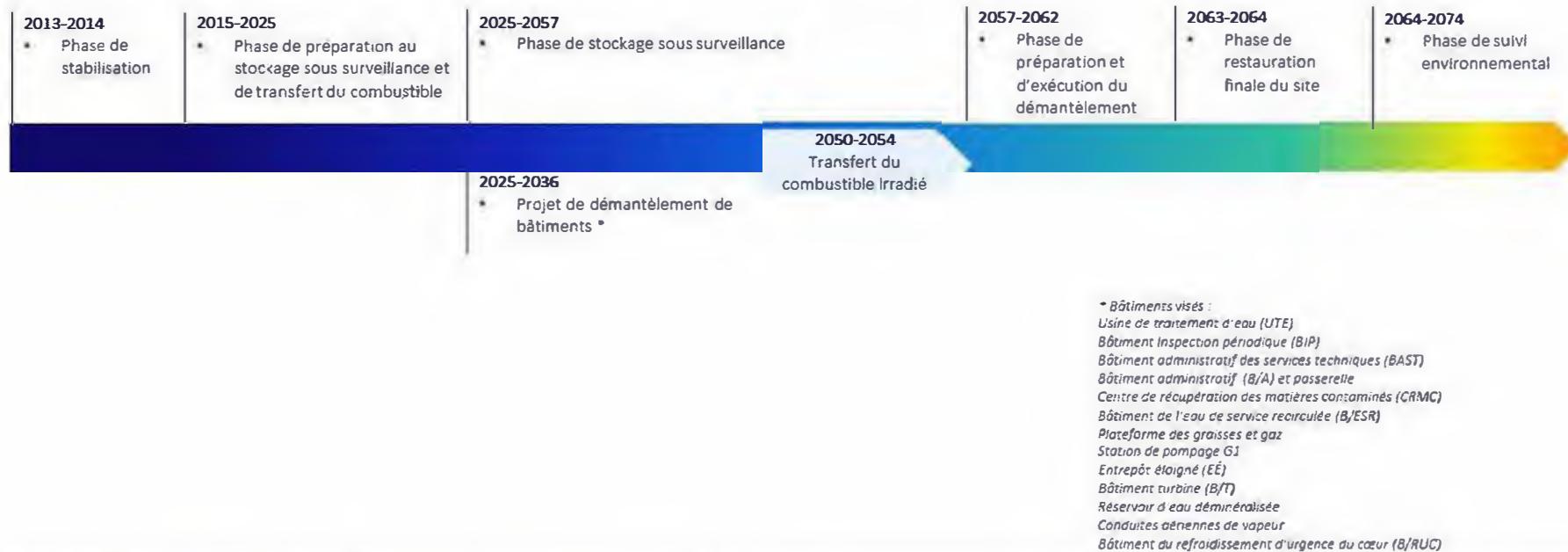


Figure 11: Échéancier global du déclassement des installations de Gentilly-2

Le déclassement différé d'une partie du site des installations de Gentilly-2 a été retenu pour deux principales raisons : l'actuelle non-disponibilité d'une installation de stockage à long terme pour les déchets radioactifs et par le principe ALARA. Hydro-Québec a donc opté pour cette stratégie afin de minimiser, lors du démantèlement, la dose de rayonnement reçue par les employés et toute exposition potentielle de la population. Les risques radiologiques présents durant le démantèlement des bâtiments du réacteur et des services seront principalement liés aux radionucléides générés pendant l'exploitation de la centrale nucléaire. Au moment de l'arrêt définitif du réacteur à la fin de l'année 2012, si nous faisons abstraction des produits de fission présents dans le combustible, ces radioéléments étaient principalement composés d'isotopes à vie courte, tels que le H-3, le Fe-55, le Nb-95, le Zr-95 et le Co-60. Avec un démantèlement différé, les travailleurs seront exposés à des champs de rayonnement plus faibles provenant principalement du Co-60, et ce puisque le Co-60 a une demi-vie de 5,27 ans, les niveaux de rayonnement auxquels seront exposés les travailleurs chargés du démantèlement seront d'environ 350 fois moindres après une période de stockage sous surveillance de 45 ans.

De plus, le déclassement des installations de Gentilly-2 produira une quantité importante de déchets radioactifs de faible et de moyenne activités, comme le décrit la section 5.5. Ces déchets, ainsi que le combustible irradié, devront être évacués vers une installation autorisée par la CCSN pour un entreposage à long terme. Présentement, aucune installation de ce genre n'est disponible au Canada. Le démantèlement des installations, sans option de disposition à long terme connue, présenterait certaines difficultés que le choix de la stratégie de déclassement différé permet d'éliminer.

3.2 Enveloppes de planification

Afin d'assurer une planification et une gestion efficaces du déclassement, ce dernier a été divisé en phases qui seront subdivisées en lots de travail. Les phases du déclassement des installations de Gentilly-2 sont :

- Phase 1 : Stabilisation (Complétée)
- Phase 2 : Stockage sous surveillance
 - Phase 2a Préparation au stockage sous surveillance (en cours)
 - Phase 2b Stockage sous surveillance
- Phase 3 : Démantèlement :
 - Phase 3a Préparation du démantèlement
 - Phase 3b Exécution du démantèlement
- Phase 4 : Restauration du site
- Phase 5 : Suivi environnemental

Chacune de ces phases est divisée en classes d'activités génériques, comme l'ingénierie et la planification, la préparation du travail, le retrait des équipements, la décontamination, le traitement et la disposition des déchets, le démantèlement, les contrôles finaux, les demandes de permis et la remise en état du site. Ces activités sont ensuite subdivisées en lots de travail de déclassement. Cette information détaillée se trouve à l'annexe D de l'étude de coûts [2].

La section 5 présente les principales activités qui seront réalisées à chaque phase et les états finaux souhaités.

Une enveloppe unique couvrant tout le projet de déclassement (plutôt que l'exécution d'une série de projets sur une longue période) a été adoptée au départ parce qu'elle permet de réaliser des économies d'échelle. Cette enveloppe de planification permet la réutilisation de bâtiments (après le retrait de ses composants) pour faciliter l'accès aux travailleurs, l'entreposage d'équipements retirés, la formation sur

maquettes et l'emballage des déchets. Elle permet également la réutilisation éventuelle d'infrastructures utiles, comme les installations de prélèvement et de rejet d'eau de refroidissement.

Bien qu'il ait été décidé de devancer le démantèlement de certains bâtiments et structures, le recours à cette enveloppe de planification n'empêche pas que des structures individuelles puissent aussi être démantelées, pour diminuer les besoins en entretien, ou réutiliser une partie de la propriété à d'autres fins. Cette approche de planification avait toutefois été jugée initialement raisonnable pour un réacteur pour lequel le début du démantèlement n'était prévu que dans près de 40 ans. Notons que certaines centrales nucléaires dont les travaux de déclassement avaient été planifiés dans le cadre d'un projet unique ont aussi été partiellement démantelées pendant la période de stockage sous surveillance. Il convient de noter que ces décisions ont été prises après l'arrêt du réacteur, soit pendant la préparation de la phase de stockage sous surveillance, et non au cours de la phase de planification du déclassement.

4 APERÇU DES CONDITIONS RADIOLOGIQUES, CHIMIQUES ET PHYSIQUES DU SITE APRÈS L'EXPLOITATION

L'installation nucléaire de Gentilly-2 est à l'arrêt définitif et en voie d'atteindre la phase de stockage sous surveillance. Cette phase d'une durée d'un peu plus de 30 ans précèdera la phase de démantèlement final des installations.

Par ailleurs, en 2023, la caractérisation de certains bâtiments a été amorcée. La caractérisation finale du bâtiment d'inspection périodique (BIP) et de l'usine de traitement d'eau (UTE) a été complétée [8]. Aucune contamination radiologique au-dessus des critères de libération réglementaire n'a été décelée. Cependant, les tuiles de plancher du bâtiment d'inspection périodique contiennent de l'amiante.

La caractérisation préliminaire du bâtiment administratif des services technique a été complétée [9]. Les données préliminaires montrent également qu'aucune contamination radiologique au-delà des critères de libération réglementaire n'a été décelée, les résultats préliminaires pour deux salles démontrent des niveaux plus près des critères de libération réglementaires. Une caractérisation détaillée sera effectuée ultérieurement avant le démantèlement et la libération des matériaux. Les résultats préliminaires montrent également la présence d'amiante, de BPC, et de plomb sur certaines surfaces, et de la silice cristalline dans les échantillons de plusieurs matériaux de construction. Les échantillons de sols ne montrent aucune contamination radiologique ou chimique supérieure au niveau de fond, sauf pour la concentration de BPC dans un échantillon.

La caractérisation préliminaire des bâtiments visés par le devancement des démolitions (figure 11) est prévue s'amorcée en 2025.

Des échantillons de béton ont aussi été prélevées au niveau de la calandre en 2019. Les résultats ont démontré la présence de tritium et la présence de carbone-14. En 2020, des échantillons de béton ont été prélevés dans le mur du caisson du réacteur. Les résultats démontrent la présence de tritium et de carbone-14. Des échantillons de béton ont également été prélevés dans la fosse C13 de l'ASDR en 2020. Les analyses ont démontré la présence de tritium et de carbone-14 dont les activités massiques moyennes sont respectivement d'environ 430 Bq/g et d'environ 4 Bq/g. Des caractérisations détaillées seront réalisées préalablement à leur démantèlement.

La caractérisation des bâtiments et équipements doit être considérée comme un projet en constante évolution qui prendra fin lorsque tous les travaux de démantèlement planifiés auront été exécutés. Toutefois, les estimations faites pour les besoins du présent plan de déclassement offrent un niveau de précision suffisant pour définir les conditions de réalisation des activités de déclassement en termes de limites et de risques en regard de la sûreté, de la radioprotection, des conditions dangereuses et de l'état

physique. Les activités qui seront réalisées dans le cadre du devancement des démolitions, permettront de confirmer les hypothèses émises initialement. Les étapes précises en ce qui a trait au démantèlement des bâtiments pendant la phase de stockage sous surveillance sont présentées à la section 5.1.2.

D'autre part, les rapports de mise en retrait rédigés pour chaque système spécifiquement, ainsi que le rapport de mise en retrait général, portent à la fois sur les risques résiduels généraux et ceux associés à chaque système. Une revue des analyses d'événements et des rapports pour correctifs ou amélioration (RCA) est aussi réalisée afin de vérifier si des événements d'exploitation reliés à un système en particulier auraient pu générer des rejets importants pouvant avoir un impact pendant la période de stockage sous surveillance ou encore pour le démantèlement des installations.

Au démantèlement complet du site, il est raisonnable de considérer que les conditions radiologiques représenteront les conditions de risques les plus restrictives. Par conséquent, elles seront décrites plus en détail dans les paragraphes suivants. Les conditions chimiques et physiques devraient être similaires à celles présentes lors du démantèlement d'une centrale à combustible fossile classique ou d'une installation pétrochimique, et seront décrites de façon plus succincte.

4.1 Conditions radiologiques

Il est présumé que les principales conditions radiologiques à Gentilly-2 s'apparentent à celles d'une centrale CANDU de 600 MW. Une étude réalisée par Énergie atomique du Canada limitée (ÉACL) pour ce type de centrale [10] a estimé l'inventaire des radionucléides et les niveaux de rayonnement associés aux principales sources de radioactivité, à l'exception du combustible irradié et de la radioactivité indirecte dans les résines lors de l'arrêt du réacteur. Les résultats de l'étude reposent sur des conditions hypothétiques, à savoir une exploitation nominale de 40 ans, un facteur d'utilisation moyen de 80 % et un taux de défaillance du combustible de 0,06 %. Il s'agit d'hypothèses conservatrices qui sont susceptibles de surestimer l'inventaire radioactif réel sachant que la centrale nucléaire a été en exploitation pendant 29,3 ans, que son coefficient de production a été de 76,9% et que le taux de défaillance du combustible a été de 0,02% (35 grappes sur un total de 129 925).

Les résultats de l'étude sont résumés ci-après.

4.1.1 Inventaire des radionucléides

Contexte

Deux sources sont à l'origine de la radioactivité dans les centrales CANDU6. La première étant la matière activée résultant d'une exposition au flux neutronique et la seconde, de matières radioactives produites directement par la réaction de fission nucléaire.

Les matières exposées au flux neutronique du réacteur pendant de longues périodes sont activées par la capture de neutrons libres. Les niveaux d'activité et les types de radionucléides produits dépendent de la composition chimique des matières exposées, de la durée de l'exposition, du flux de neutrons et de leur énergie. Les principales matières sujettes à l'activation radiologique sont la structure du réacteur, l'eau lourde et les impuretés pouvant circuler dans les circuits du système caloporteur et du système modérateur. Par conséquent, des produits d'activation peuvent être trouvés à l'intérieur des structures ou des composants de ces circuits ou être sous forme de contamination non fixée pouvant s'accumuler sur toute surface mouillée par le fluide de ces circuits.

Le processus de fission génère de grandes quantités de produits de fission hautement radioactifs, confinés dans les grappes de combustible irradié, lesquelles constituent la source la plus importante de radioactivité. Bien que l'évacuation du combustible irradié ne représente pas une activité de démantèlement en soi, cette question devient importante si des produits de fission sont libérés en raison d'une défaillance de la gaine du combustible. Les produits de fission peuvent s'accumuler dans les systèmes ou sur les surfaces mouillées par les liquides qui entrent en contact avec le combustible. La quantité de produits de fission dispersés dépend du taux de fuite du combustible et du délai entre le moment où la fuite est détectée et celui où elle est isolée du circuit caloporteur.

Les principaux radionucléides qui peuvent s'accumuler dans un réacteur CANDU6 classique sont les suivants : H-3, C-14, Fe-55, Co-60, Ni-63, Sr-90, Nb-94 et Nb-95, Zr-95, Ru-106, Cs-134, Cs-137, Pm-147 et Eu-154. Il est également prévu de considérer, selon l'applicabilité, les produits d'activation et de fission stipulés dans le document de l'AIEA « *Radiological Characterization of shutdown nuclear reactors for decommissioning purposes* » [11] [12]. Les tableaux 1 et 2 en présentent la liste.

Tableau 1: Principaux produits d'activation d'intérêt

Radionucléide	Principale émission	Demi-vie (a)
³ H	β^-	12,33
¹⁴ C	β^-	5730
³⁶ Cl	β^-	$3,01 \times 10^5$
⁴¹ Ca	Capture électronique	$1,03 \times 10^5$
⁵⁴ Mn	Capture électronique, γ	0,854
⁵⁵ Fe	Capture électronique	2,73
⁵⁹ Ni	Capture électronique	76 000
⁶³ Ni	β^-	100
⁶⁰ Co	β^- , γ	5,27
⁶⁵ Zn	Capture électronique, β^+	0,67
⁹⁴ Nb	β^- , γ	20 000
^{108m} Ag	Capture électronique	130
^{110m} Ag	β^- , γ	0,68

¹²⁵ Sb	β^- , γ	2,76
¹³³ Ba	Capture électronique, γ	10,5
¹⁵² Eu- ¹⁵⁴ Eu	β^- , γ	13,5 8,6

Tableau 2: Principaux produits de fission d'intérêt

Radionucléide	Principale Émission	Demi-vie (ans)
²⁴¹ Am	α	432
²⁴² Cm	α	0,46
²⁴⁴ Cm	α	18
¹³⁴ Cs	β^- , γ	2,065
¹³⁷ Cs	β^- , γ	30
⁹⁰ Sr	β^-	28,7
⁹⁹ Tc	β^-	
¹⁰⁶ Ru	γ	1,024
²³⁸ Pu		
²³⁹ Pu	α	
²⁴¹ Pu		>1000
²³³ U		
²³⁴ U		
²³⁵ U	α	>1000
²³⁸ U		

Inventaire estimé des radionucléides

L'étude réalisée par ÉACL a estimé à 8,51E5 TBq le niveau d'activité total des produits d'activation à vie longue dans les composants du réacteur et les structures avoisinantes, à l'arrêt de la centrale. Une liste des sources de radioactivité (présentées par radionucléide individuel et attribué aux différents composants du réacteur) se trouve au tableau 3.

Tableau 3: Activité totale des isotopes à vie longue au moment de l'arrêt du réacteur (composants du réacteur)

Composant	Isotope et Activité (TBq)						
	Co-60	Zr-95	Nb-95	Ag-108m	Nb-94	Fe-55	Ni-63
Tubes de force (380)	229	141 000	141 000	-	274	3 700	-
Tubes de calandre (380)	4 800	55 000	55 000	-	0,4	1 300	-
Barres de compensation (27)	31 000	-	-	-	-	67 000	2 500
Barres solides (4)	1,2	-	-	-	-	13,3	0,5
Barres d'arrêt (28)	0,1	-	-	-	-	0,6	-
Barres liquides (6)	137	1 600	1 600	-	-	-	-
Détecteurs de flux verticaux	740	-	-	-	-	-	-
Détecteurs de flux horizontaux	67	740	740	-	-	-	-
Chambres d'ions (6)	-	-	-	0,6	-	-	-
Enveloppe de la calandre	40 700	-	-	-	0,2	126 000	12 000
Plaque tubulaire des tubes de calandre	6 300	-	-	-	-	92 500	-
Acier carbone des boucliers d'extrémités (178 Mg)	6 300	-	-	-	-	-	-
Bouchons d'extrémités	14 000	-	-	-	-	-	-
Plaque tubulaire de la machine à chargement	0,4	-	-	-	-	-	-
Bouchons écrans	2 400	-	-	-	-	-	-
Générateurs de vapeur	1,8	-	-	-	-	-	-
Tuyaux d'alimentation	0,1	-	-	-	-	-	-
Collecteurs	0,1	-	-	-	-	-	-
Total	107,8x10 ³	203,8x10 ³	203,8x10 ³	0,6	274,7	318,4,8x10 ³	17,3x10 ³

L'inventaire total estimé des produits de fission à vie longue présents dans le circuit caloporeur et les systèmes auxiliaires était de 9,24 TBq. Le tableau 4 présente une description de l'inventaire par radionucléide.

Tableau 4: Inventaire total des radionucléides à vie longue après l'arrêt du réacteur (Système caloporteur et ses auxiliaires)

Isotope	Pour 0,06% de combustible défectueux	
	Activité (TBq)	Demi-vie (année)
Sr-90	2,7	29
Ru-106	1,3	1
Cs-134	0,2	2
Cs-137	3,6	30
Pm-147	1,4	2,6
Eu-154	0,04	8,2

Les circuits caloporteur et modérateur étaient remplis d'eau lourde au moment de l'arrêt définitif du réacteur, à la fin de l'année 2012. La présence de radioactivité la plus importante contenue dans l'eau lourde est attribuée au tritium. En 2014, les concentrations de tritium ont été estimées comme suit [13] :

- Circuit caloporteur : 73,6 GBq/L (216 Mg, à 2,2 Ci/kg)
- Circuit modérateur : 2 008 GBq/L (288 Mg, à 60 Ci/kg)

À ce moment, l'inventaire total de tritium était estimé à 6,57E8 GBq. Depuis, la majorité de l'eau lourde qui était contenue dans le circuit caloporteur a été vidangée, mise en barils et valorisée auprès d'un autre titulaire de permis. Elle n'est donc plus la propriété d'Hydro-Québec. L'eau lourde contenue dans le circuit modérateur est entreposée en barils chez un autre titulaire de permis et demeure toutefois la propriété d'Hydro-Québec.



Comme le montrent les données précédentes, la présence radioactivité de l'installation est en majeure partie concentrée dans la calandre du réacteur (sous forme de métal activé) ainsi que dans l'eau lourde. La contamination dispersée ne représentant qu'une fraction de la radioactivité présente aux circuits.

La figure 12 illustre l'effet de la décroissance radioactive, depuis l'arrêt définitif du réacteur en 2012 et l'activité radiologique des radionucléides (autant pour les produits d'activation que de fission) dans le réacteur. Initialement, l'inventaire était composé majoritairement de radionucléides à vie courte, comme le Co-60, le Nb-95 et le Fe-55. Comme on peut le constater, la radioactivité totale décroît rapidement au cours des quatre (4) à cinq (5) premières années suivant l'arrêt du réacteur. La décroissance se poursuit ensuite, mais à une cadence moindre, jusqu'à environ 27 ans après l'arrêt du réacteur. Par la suite, la présence de radioactivité est majoritairement composée des radionucléides à vie plus longue, comme le Ni-63, le Sr-90, le Nb-94 et le Cs-137.

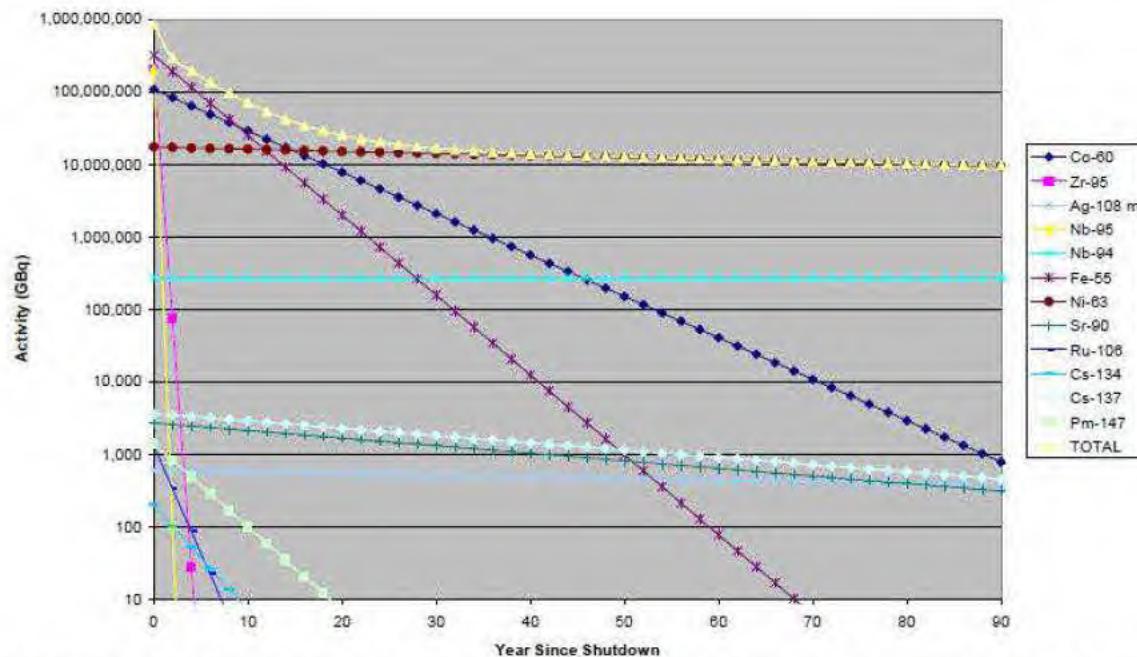


Figure 12: Activité spécifique des principaux isotopes radioactifs dans les composants du réacteur après l’arrêt définitif

4.1.2 Débits de doses des principaux composants

De tous les types de risques présents aux installations, l’inventaire projeté des radionucléides aura la plus grande incidence potentielle sur la santé des travailleurs et constituera le principal paramètre qui limitera la façon dont seront exécutés les travaux de démantèlement. En raison des radionucléides présents, la principale voie d’exposition sera celle du rayonnement externe.

L’étude menée par ÉACL a anticipé les niveaux de rayonnement gamma prévus en fonction des inventaires de radionucléides estimés après l’arrêt du réacteur. La figure 13 illustre un graphique des champs de rayonnement gamma générés par les principaux composants au cœur du réacteur en fonction du temps. Comme on peut le constater, il se produit une baisse des niveaux de rayonnement gamma de près de deux ordres de grandeur après une période initiale de 30 ans.

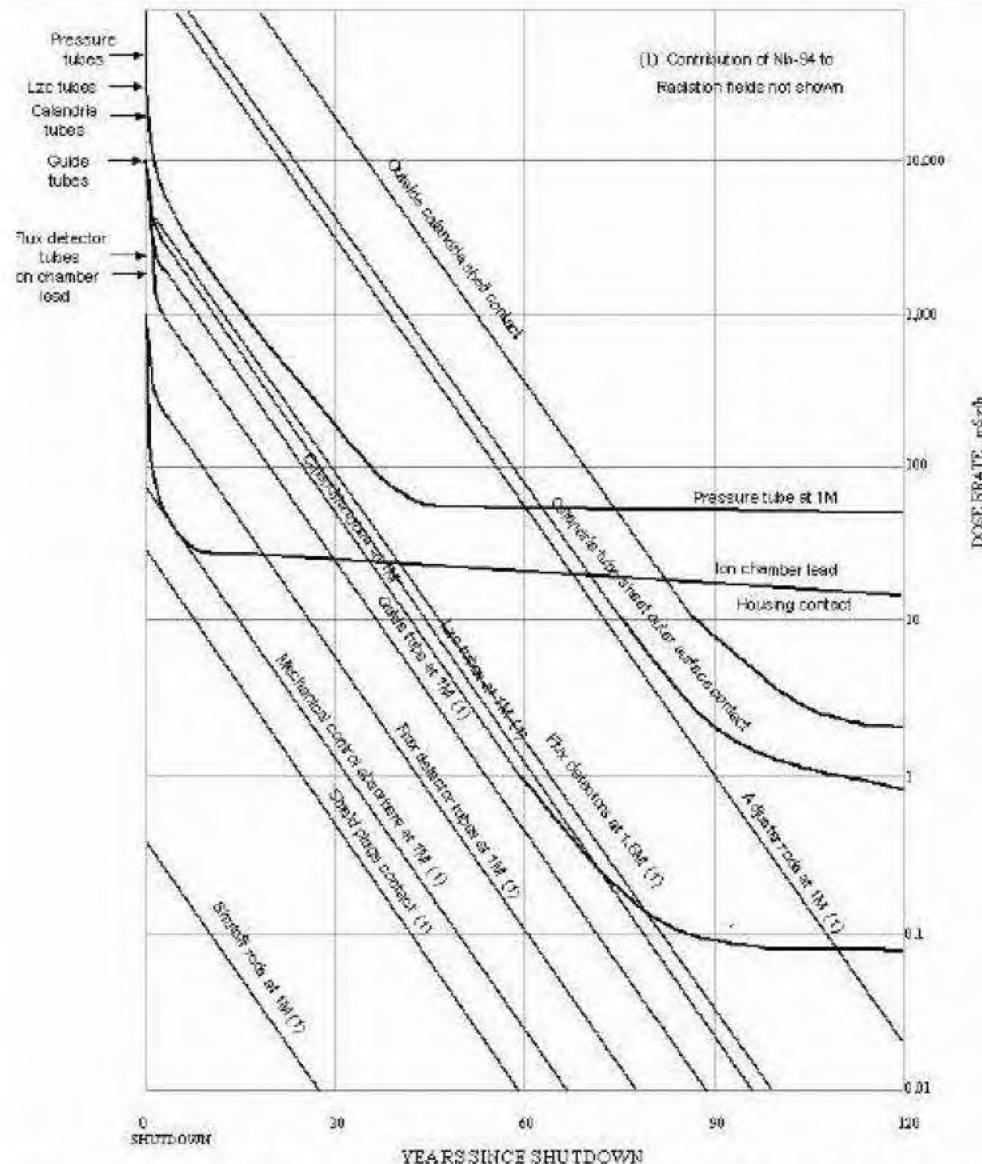


Figure 13: Débit de doses gamma des composants internes du cœur du réacteur

La figure 14 présente des données similaires sur le débit de dose gamma pour les principaux composants externes du cœur du réacteur responsables de l'exposition du personnel aux rayonnements ionisants. Cette projection se base uniquement sur le Co-60. Par conséquent, la diminution du débit de dose gamma sera moindre en raison de la contribution d'autres radionucléides à vie longue, comme le Cs-137. Toutefois, le rayonnement lié au Co-60 est prépondérant dans l'ensemble.

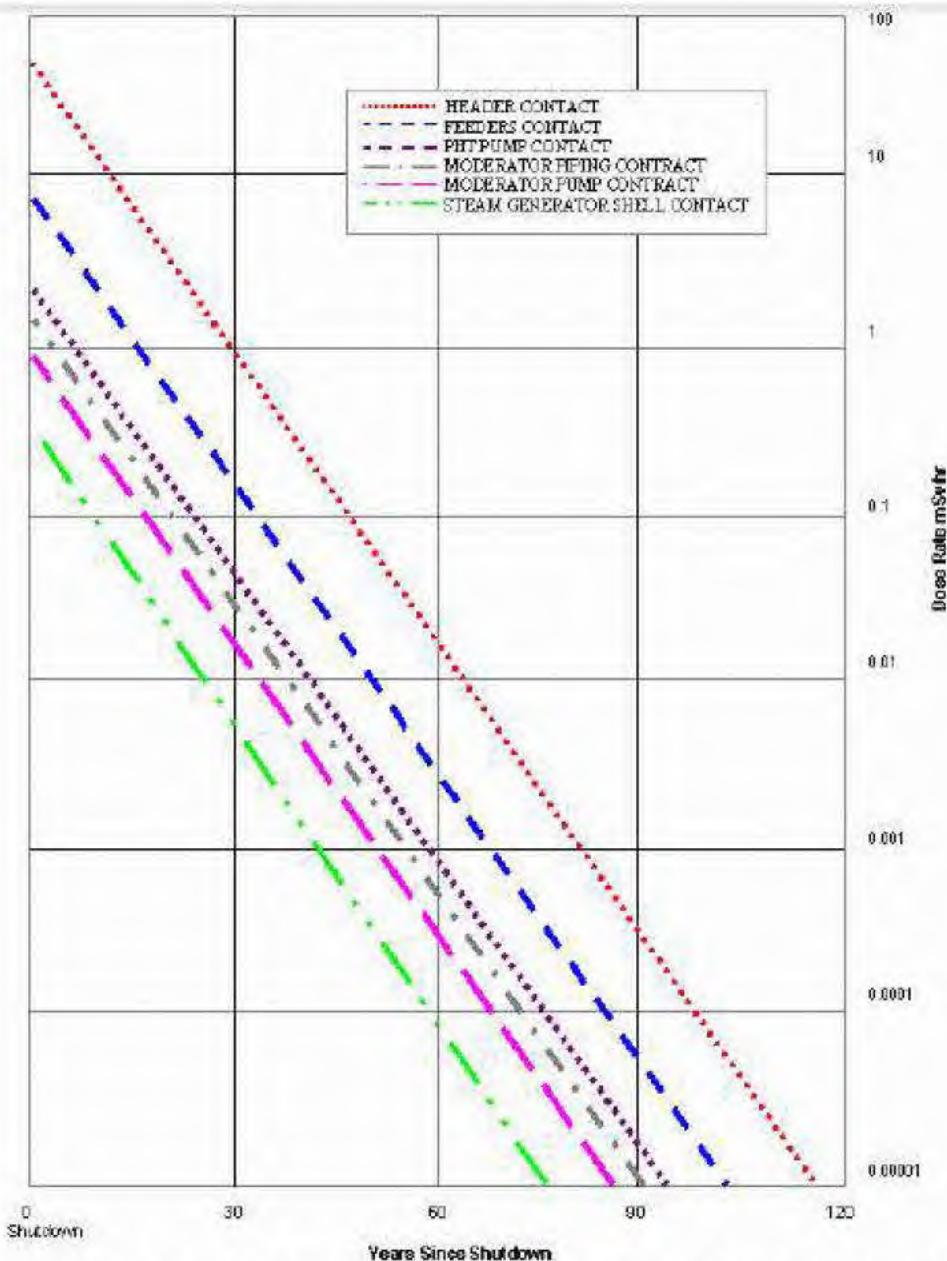


Figure 14: : Débit de doses du Cobalt-60 des composants externes du cœur du réacteur sans décontamination

4.2 Conditions chimiques

Cette section présente un aperçu des principales matières dangereuses auxquelles pourraient être exposés les travailleurs pendant toutes les phases du déclassement. Ces matières peuvent provenir des matériaux de construction ou des produits stockés et utilisés durant l'exploitation de la centrale. Un programme complet de caractérisation sera mené avant le démantèlement des installations de Gentilly-2 afin d'en déterminer la nature et l'étendue. Cette information permettra l'élaboration des plans et des procédures détaillés pour le démantèlement.

Les matières de construction dangereuses susceptibles de se trouver dans les installations sont les suivantes :

Amiante

- Calorifuge
- Flocage
- Joints d'étanchéité des équipements
- Tuiles
- Gypse
- Isolant acoustique
- Fibrociment
- Peinture

Les bâtiments et équipements contenant ou présumés contenir de l'amiante sont en partie répertoriés dans la base de données HMIS (Hazardous Materials Inventory System) d'Hydro-Québec. Tout bâtiment construit avant le 15 février 1990 doit être inspecté afin de localiser les flocages contenant de l'amiante. Tout bâtiment construit avant le 20 mai 1999 doit être inspecté afin de localiser les calorifuges contenant de l'amiante. Les panneaux de gypse et composés à joint fabriqués après le 1er janvier 1980 sont réputés ne pas contenir d'amiante. Les matériaux contenant de l'amiante seront retirés et disposés conformément aux méthodes de travail et réglementation en vigueur lors du démantèlement.

Plus précisément, les activités de caractérisation du bâtiment d'inspection périodique (BIP) et des travaux de remplacement de tuiles de plancher dans le Bâtiment des services (B/S) en 2024 ont permis de relever la présence d'amiante dans les tuiles de plancher [8]. Celles-ci ont été caractérisées et elles contenaient de l'amiante. Ces tuiles se retrouvent dans plusieurs locaux du B/S. Il s'agit d'amiante non friable, classifiée comme étant des travaux à risque faible. La catégorie de risque pourrait évoluer dans la catégorie modérée, dépendamment de l'envergure de la désintégration des tuiles lors du retrait de celles-ci.

Dans le cadre de différents travaux de réfection de bassins de toiture, notamment sur le bâtiment des services, des échantillons ont été caractérisés pour en déterminer la teneur d'amiante. Les échantillons de toiture prélevés sur la toiture du bâtiment services se sont avérés être exempts d'amiante.

Hydro-Québec a également décelé, lors de la caractérisation préliminaire du BAST [9], la présence d'amiante dans deux (2) échantillons de calorifuge prélevés aux local B104N et au B305S.

Biphényles polychloré (BPC)

- Transformateurs électriques
- Équipements électriques
- Isolant de câbles électriques
- Ballast
- Peinture

Les BPC ont été bannis au Canada en 1977, donc la présence de BPC devra être vérifiée dû à la date de construction de certains bâtiments. Les matériaux ou équipements contenant des BPC seront démantelés et disposés hors site selon les méthodes de travail et la réglementation en cours. Avant le démantèlement d'appareillages électriques contenant des huiles minérales isolantes (HMI), les huiles de la cuve principale (appareillage), ainsi que de ses accessoires ou composants (traversées, chargeurs de prise, etc.) seront échantillonnées et la concentration en BPC sera mesurée. Les huiles et les composantes métalliques seront recyclées ou conformément détruits selon la concentration en BPC mesurée.

Plomb

- Peinture
- Accumulateur
- Blindage (brique, couvertures, plaques et laine)

Les surfaces de bâtiments érigés avant 1990 peuvent être recouverts de peintures contenant du plomb, donc la présence devra être vérifiée avant le démantèlement dû à la date de construction de certains bâtiments. Selon la nature des matériaux contenant du plomb, ils seront recyclés ou éliminés conformément à la réglementation en vigueur.

Silice cristalline

- Asphalte
- Béton
- Agrégat
- Brique
- Céramique
- Ciment, fibrociment
- Mortier

L'exposition à long terme aux poussières de silice cristalline peut causer de graves troubles respiratoires. Les travaux de démantèlement en présence de ce contaminant devront limiter l'exposition des travailleurs.

Matières dangereuses lixiviables

- Peinture
- Parements métalliques
- Matériaux de construction (gypse, béton)

Le potentiel de lixiviation des matériaux provenant du démantèlement devra être évalué pour s'assurer de respecter le règlement sur les matières dangereuses (Q-2, R.32 Art.3) pour définir la méthode de disposition hors site.

Mercure métallique

- Commutateurs électriques
- Manomètres et jauge

Les équipements et pièces contenant du mercure seront retirés et disposés hors-site pour leur élimination sécuritaire. Si du mercure liquide non contenu dans un objet ou un équipement, il serait récupéré adéquatement pour en permettre le recyclage.

Les matières dangereuses entreposées et utilisées durant l'exploitation de la centrale sont les suivantes :

Gaz réfrigérant

- Système de réfrigération

Quelques systèmes de réfrigération contiennent des hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et devront être vidés de leurs gaz lors de leur mise en retrait et avant leur démantèlement. La récupération des HCFC sera

faite par un mécanicien frigoriste qualifié. Le gaz récupéré sera disposé dans un des centres de récupération de matière dangereuse d'Hydro-Québec.

Huiles lubrifiantes

- Moteurs
- Boîtes de vitesse
- Transformateurs

Lors de la mise en retrait des équipements, l'huile sera récupérée selon les encadrements internes d'Hydro-Québec et sera disposée dans un des centres de récupération de matière dangereuse d'Hydro-Québec.

Essence

- Réservoirs de carburant automobile : 2 de 1 137 litres

Lors du démantèlement, l'essence sera récupérée et disposée dans un des centres de récupération de matière dangereuse d'Hydro-Québec.

Diesel

Durant l'exploitation de la centrale nucléaire, il y avait douze réservoirs de stockage hors sol :

- Réservoirs diesel du système d'incendie : 1 de 680 L et 1 de 1 137 L
- Réservoirs des génératrices diesel de catégorie III : 4 de 2 273 L (**vides**)
- Réservoirs de diesel d'urgence : 2 de 910 L (**retirés**)
- Réservoirs de pompe diesel pour l'eau de service recirculée : 2 de 1 137 L (**retirés**)

De plus, sept réservoirs de stockage souterrains se trouvaient sur le site :

- Réservoirs des génératrices diesel de catégorie III : 4 de 89 269 L (**retirés**)
- Réservoirs de diesel d'urgence de catégorie 0 : 2 de 22 750 L (**retirés**)
- Réservoir de pompe diesel pour l'eau de service recirculée : 1 de 45 461 L (**retiré et décontaminé**)

Les sols autour des réservoirs retirés ont été caractérisés afin de confirmer le respect des critères d'usage. Il est également à noter qu'en 2014 une fuite de carburant d'un des réservoirs hors-sols du système d'eau de service recirculée a nécessité une décontamination des sols [14]. De plus, le réservoir souterrain de ce système a été retiré pendant les travaux de décontamination.

Eau huileuse

- Séparateur eau-huile

Le poste de transformation d'énergie électrique situé sur le site des installations de Gentilly-2 compte trois transformateurs dont deux contiennent encore de l'huile. Un réservoir de récupération d'huile (113 000 L) est installé en cas de défaillance, pour ensuite se canaliser vers un séparateur eau-huile 11 390 L). Lors du démantèlement, l'huile et l'eau huileuse seront récupérées conformément à la réglementation applicable.

Liquides contaminés radiologiquement

L'exploitation de la centrale nucléaire et les travaux de préparation à la phase de stockage sous surveillance ont produits des liquides contaminés radiologiquement. Ces liquides sont des huiles usées, des solvants et de l'eau lourde dégradée. La majorité de ces liquides ont été pris en charge dans le cadre de différents projets.

L'huile usée contaminée radiologiquement a été disposée hors site [REDACTED] à la fin 2023. Lors des mises en retrait ou lors du démantèlement des équipements, il se pourrait que de l'huile contaminée radiologiquement soit générée. Le même traitement, soit l'incinération, serait encore privilégiée.

Certaines huiles contaminées ne respectant pas les critères d'acceptation pour l'incinération ont été traitées dans le cadre d'un autre projet, soit la solidification. Dans le cadre d'une entente [REDACTED], un total de 21 barils de liquides contaminés a été solidifiés se répartissant comme suit :

- 10 barils d'huiles
- 8 barils de lubrifiant
- 1 baril contenant un mélange d'huile et de lubrifiant
- 2 barils d'eau lourde huileuse.

Une fois solidifiés, les barils ont été transférés dans les installations de stockage de déchets radioactifs solides sur le site.

De façon général, la gestion des matières dangereuses est encadrée par le Centre d'excellence en matières dangereuses (CEMD). Les fiches de sécurité des matières dangereuses utilisés pendant l'exploitation sont en partie répertoriées dans la base de données corporative « ENABLON ». Lorsque les informations sont absentes de la base de données, le CEMD est sollicité pour aider à la gestion de ces produits. De plus, un plan d'action pour la disposition des produits chimiques résiduels et/ou périmés a été élaborée en 2019 conformément aux procédures internes en vigueur [15]. Le projet de disposition se poursuit depuis 2020 et devrait se terminer en 2026.

4.3 Conditions physiques

Hydro-Québec maintiendra les activités d'entretien des installations de Gentilly-2 de manière à éliminer les risques physiques pour le personnel, et ce, jusqu'à la fin des activités de déclassement. Hydro-Québec reconnaît que, à la suite de son arrêt définitif, l'état physique de la centrale évoluera. Une dégradation des structures et de l'équipement surviendra potentiellement avec le vieillissement des installations pendant la période de stockage sous surveillance. De plus, les travaux de déclassement entraîneront également un changement physique des installations. Des conditions dangereuses risquent d'apparaître, c'est pourquoi Hydro-Québec assurera une surveillance et un contrôle pour les identifier et les prévenir, en mettant en œuvre un programme de santé et sécurité. La surveillance sera notamment réalisée par l'entremise du programme de gestion du vieillissement [16] et de maintenance [17] des installations de Gentilly-2. Une gestion diligente sera de mise afin d'assurer la sécurité des travailleurs pendant les travaux de déclassement.

Les conditions physiques auxquelles appréhendées dans une installation vieillissante ou pendant des travaux de démantèlement sont les suivantes :

Conditions liées aux sources d'énergies (autres que radiologique)

- Dégradation de l'isolation électrique
- Brèche accidentelle dans des conduits électriques encastrés
- Contact avec des circuits sous tension non reconnus
- Systèmes et équipements sous pression
- Incendie et explosion (accumulation de gaz ou de matières combustibles)

Conditions mécaniques

- Chute d'objets
- Absence de garde-corps de protection contre les chutes
- Objets devenus tranchants et risques d'empalement
- Manutention d'équipements lourd
- Production de poussières dangereuses ou nuisibles

Conditions liées à la structure

- Faiblesse des toits et des planchers
- Surfaces glissantes (infiltration d'eau ou de glace)
- Dégradation de l'atmosphère dans les espaces clos (épuisement de l'oxygène par oxydation de l'acier)
- Infiltration d'espèces animal diverses causée par la dégradation de la structure
- Effondrement de structures ou excavations
- Travaux en hauteur (chutes)

5 DÉCLASSEMENT

La présente section donne un aperçu des principales activités de déclassement, les états finaux des installations, une analyse des risques anticipés, une estimation des doses de rayonnement anticipées et des volumes de déchets générés.

5.1 Activités de déclassement

Les activités associées à la stratégie de déclassement retenue, soit un déclassement hybride, sont divisées en cinq grandes phases :

- Phase 1 : Stabilisation (complétée)
- Phase 2 : Stockage sous surveillance
 - Phase 2a Préparation au stockage sous surveillance (en cours)
 - Phase 2b Stockage sous surveillance
- Phase 3 : Démantèlement :
 - Phase 3a Préparation du démantèlement
 - Phase 3b Exécution du démantèlement
- Phase 4 : Restauration du site
- Phase 5 : Suivi environnemental

Chacune de ces phases du déclassement sont détaillée dans les prochaines sections.

5.1.1 Phase 1 – Stabilisation

La centrale a été mise à l'arrêt définitif le 28 décembre 2012. Par la suite, le personnel et un nombre limité d'entrepreneurs ont réalisé des tâches et des projets visant à mettre la centrale dans une configuration de stockage sous surveillance (aussi appelé état de stockage sûr avec du combustible irradié en piscine). Cette phase a été complétée en décembre 2014.

Parmi les activités réalisées, mentionnons les suivantes :

- Mise en place d'une nouvelle structure organisationnelle pour réaliser les travaux requis après l'arrêt de la centrale ;
- Mise du réacteur à l'état d'arrêt garanti ;
- Drainage de l'eau légère des systèmes de refroidissement d'urgence du cœur, d'arrosage et du réglage zonal par barres liquides ;
- Mise en retrait des systèmes conventionnels n'étant plus requis à l'état d'arrêt garanti du réacteur ;
- Déchargement de la totalité des grappes de combustible du réacteur et transfert dans la piscine de stockage du combustible irradié (état cœur déchargé) ;
- Transfert de toutes les résines échangeuses d'ions usées des systèmes nucléaires non requis vers les réservoirs du système de manutention des résines usées (79140) ;
- Drainage de l'eau lourde des systèmes du caloporteur, du modérateur, d'arrêt d'urgence #2 et de la machine à chargement (à l'exception de l'eau lourde du système des détecteurs de flux horizontaux (31700) dans R-110 qui a été complété dans la phase suivante) ;
- Retrait de l'huile des pompes du système caloporteur et de ses auxiliaires, des pompes du système modérateur et ses auxiliaires et des machines à chargement.

Plusieurs projets ont été complétés au cours de cette période, notons les suivants :

- Mise en opération d'une nouvelle usine de production d'eau déminéralisée à l'extérieur du périmètre protégé ;
- Valorisation de l'eau lourde du système caloporteur ;
- Installation d'un revêtement sur les parois de la piscine de stockage du combustible irradié ;
- Remplacement de diverses pompes de puisard ;
- Modifications post-Fukushima (piscine de combustible irradié/eau de recharge) ;
- Séchage du système caloporteur (séchage sous vide) ;
- Séchage du système modérateur.

5.1.2 Phase 2 – Stockage sous surveillance

Phase 2a - Préparation au stockage sous surveillance

Les activités requises pour atteindre les différents états de centrale après l'exploitation sont décrites dans l'avis technique interne ATI-2012-01552-035 *États d'exploitation après l'arrêt définitif de la centrale* [18]. Pour atteindre le jalon d'état de stockage sûr à sec, celui où tout le combustible irradié aura été transféré en stockage à sec, et ainsi compléter la préparation à la phase de stockage sous surveillance, Hydro-Québec doit avoir complété les activités suivantes. En date du 30 novembre 2024, toutes les étapes ci-bas mentionnées ont été complétées, à l'exception du drainage de la piscine de stockage et des piscines auxiliaires. Le drainage des piscines ne sera possible que lorsque celles-ci seront vidées de leur contenu en déchets radioactifs. En plus, du combustible irradié, des déchets de faible et de moyenne activités y avaient aussi été entreposés. Un projet est toujours en cours pour disposer de ces déchets radioactifs dans un silo de retubage [19] [7] [20].

1. Transfert du combustible irradié vers les modules de stockage à sec du combustible (*Complété décembre 2020*)

Tout le combustible irradié, incluant les grappes défectueuses, a été transféré dans les modules de stockage à sec en décembre 2020.

2. Drainage de la piscine de stockage et des piscines auxiliaires

Le drainage des piscines est prévu au cours du premier semestre 2025, permettant de clore la présente phase [19, 20].

3. Entreposage de l'eau lourde tritiée des systèmes hors du bâtiment du réacteur (*Complété*)

- a. Épuration D₂O (38410)
- b. Tours de reconcentration D₂O (38420)
- c. Récupération de vapeur D₂O (sécheurs) (38310)

Durant l'été 2024, HQ a finalisé de récupérer les dernières quantités d'eau lourde provenant de points bas dans diverses tuyauteries des bâtiments réacteur et des services. Au printemps 2025, il est prévu transférer ces derniers barils [REDACTED].

4. Transfert des résines échangeuses d'ions usées à l'IGDRS (*Complété*)

Les résines échangeuses d'ions usées du système de récupération des résines usées (79140) ont été transférées aux enceintes prévues à cet effet de l'IGDRS. Le projet s'est déroulé en trois phases; 2013, 2014 et 2017.

5. Fermeture des bâtiments ou salle avec des matières radioactives résiduelles (reconfiguration de la ventilation) (*Complété*);

En 2019, des essais de reconfiguration de la ventilation des bâtiments contenant des matières radioactives résiduelles ont été effectués. Suivant ces essais, la stratégie long terme de reconfiguration de la ventilation a été émise et sera implantée lors des travaux de relocalisation de l'entrée en zone 2 qui inclut la reconfiguration de la ventilation [21]. Toutefois, le système de ventilation est configuré en conformité avec les risques résiduels.

6. Drainage du circuit de refroidissement des boucliers (34110) (*Complété*)

Le drainage du circuit des boucliers a été amorcé en 2014, mais celui-ci a été interrompu en raison de l'augmentation du champ de rayonnement gamma à certains endroits laissant présager d'éventuelles problématiques pour la poursuite des opérations dans le bâtiment réacteur. Dans un souci ALARA, il a alors été décidé de reporter l'activité en 2020 [22]. Le drainage a été repris et complété en mai 2022. Il s'est avéré que les champs de rayonnement gamma dans le bâtiment réacteur n'ont pas augmenté significativement et les augmentations observées sont localisées. Le bâtiment réacteur demeure accessible.

Plusieurs autres projets ont aussi été réalisés pendant la phase de préparation au stockage sous surveillance :

Dans un premier temps, plusieurs systèmes ont été adaptés afin de simplifier leur fonctionnement. Notamment, les ordinateurs de contrôle ont été remplacés par un système de surveillance [REDACTED]. La fonction de réalimentation électrique par la centrale de Bécancour a été désactivée. Le système d'eau brute d'alimentation (EBA) a été modifié pour être la seule source d'eau de refroidissement pour les systèmes restants. Ces modifications ont été finalisées en 2016. À la suite de la mise en retrait de plusieurs systèmes, seul le circuit de maintien de pression de la boucle incendie demeure alimenté.

La construction de deux (2) derniers modules CANSTOR (10 et 11) a été nécessaire afin de permettre l'entreposage sur le site de tout le combustible nucléaire irradié produit pendant la période d'exploitation de Gentilly-2. La construction a débuté au printemps 2016 et s'est complétée l'année suivante. Afin de permettre le bon déroulement de la campagne de transfert de combustible irradié de l'année 2016 en même temps que les travaux de construction, ces deux modules ont plutôt été construits à l'IGDRS [23].

Dans le but de mettre en retrait le système d'eau brute de refroidissement (EBR), la conduite de rejet des effluents liquides radioactifs de Gentilly-2 a été prolongée jusqu'au centre du chenal sud du fleuve St-Laurent. La mise en service de ce prolongement a été complétée le 1^{er} novembre 2018 [24] [25].

Durant l'exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2, des chiffons et autres matières absorbantes contaminés par du tritium ont été mis en barils. De 2016 à 2020, de 80 à 100 barils de matériel tritié ont été traités et disposés annuellement. À ce jour, les récentes activités de mise en retrait des systèmes nucléaires ont généré de nouveaux déchets tritiés qui devront être traités avant leur disposition.

Hydro-Québec a par ailleurs mandaté [REDACTED], afin de réaliser la réduction des volumes de déchets à entreposer au site des installations de Gentilly-2. L'incinération et la compaction ont permis une réduction significative des volumes des déchets entreposés sur le site. Pour les déchets métalliques, le traitement privilégié fut la fonte. Tout le contenu des fosses de l'ASDR a été expédié pour traitement à l'exception des déchets de moyenne activité (filtres usés) qui sont dans la fosse A-13. Pour ce qui est des déchets de faible activité, entreposés à l'IGDRS et répondant aux critères d'admissibilité [REDACTED], ont été retirés des fosses pour traitement. Les résidus de traitement d'incinération et de compaction sont retournés à l'IGDRS pour un entreposage dans les enceintes de déchets de faible et de moyenne activité (EDFMA). Hydro-Québec a complété le projet de réduction des volumes de déchets entreposés dans les aires de stockage de déchets en 2023. Le transfert des déchets de moyenne activité qui sont entreposé dans les piscines sera quant à lui terminé à la fin de 2024. Cependant les prérequis à la vidange des piscines généreront de nouveaux déchets de moyenne activité qui seront transférés à l'IGDRS en 2025.

Le poste de garde a été reconfiguré en 2024 afin d'y aménager l'aire administrative de l'équipe Surveillance et de ses partenaires.

Phase 2b – Stockage sous surveillance

Le plan de la phase de stockage sous surveillance précise la configuration des différents systèmes (section 13 de l'annexe A) qui demeureront opérationnels ainsi que les différents projets et activités qui seront réalisés au cours de cette phase (section 13.2 et 14 de l'annexe A). Hydro-Québec a transmis son premier plan de stockage sous surveillance en 2019 [26]. Ce plan est maintenant intégré au présent PDD et l'information détaillée concernant les activités associées à cette phase se trouve à l'annexe A. Cette phase est prévue débuter en 2025, à la suite de la déclaration de l'ÉSS_{sec}, et se terminera à l'horizon 2057 avec le début de la phase de préparation et d'exécution du démantèlement.

En plus des travaux de préparation, de démantèlement et de surveillance, les documents du système de gestion de la qualité, incluant les différents programmes, seront adaptés selon les modifications apportées aux bâtiments, structures et équipements. Les programmes seront également revus en fonction des activités de maintenance et de surveillance requises mais aussi selon l'organisation qui sera en place pendant cette période. Les programmes sont présentés à la section 15 de l'annexe A.

5.1.3 Phase 3 – Démantèlement

Les activités de démantèlement se divisent en deux phases distinctes soit la préparation et l'exécution. Une approbation réglementaire par la CCSN sera requise entre ces deux phases pour chacun des lots de démantèlement.

Les principaux bâtiments et structures qui seront à démanteler au cours de cette phase de démantèlement sont :

- Bâtiment réacteur ;
- Bâtiment service ;
- Bâtiment AEU ;
- Tours de reconcentration D₂O ;
- Station de pompage ;
- Poste de garde ;
- IGDRS ;
- ASSCI ;
- ASDR.

Phase 3a – Préparation du démantèlement

Une préparation détaillée permettra d'assurer la transition sans embûche entre la phase de stockage sous surveillance et la phase de démantèlement des différents bâtiments et structures. L'organisation nécessaire pour gérer ces activités sera constituée des employés d'Hydro-Québec ainsi que de ressources spécialisés externes, au besoin. Hydro-Québec embauchera également un entrepreneur en démantèlement pour gérer les contrats avec les sous-traitants et la main-d'œuvre. Les activités préparatoires, ainsi que les activités subséquentes de la phase 3, seront menées conjointement par l'équipe formée du personnel d'Hydro-Québec et de l'entrepreneur en démantèlement.

Les activités préparatoires au démantèlement comprendront l'ensemble de la planification initiale nécessaire pour évaluer les risques conventionnels et radiologiques, ainsi que les services ou systèmes devant être relocalisés. Un plan détaillé de déclassement intégrant les lots de démantèlement sera rédigé pour obtenir les approbations réglementaires.

L'une des premières activités préparatoires consistera à réaliser une caractérisation physico-chimique et radiologique complète et détaillée par lot de démantèlement pour la rédaction plan détaillé de démantèlement. Les activités de caractérisation se poursuivront pendant le démantèlement et la restauration du site pour appuyer les travaux en cours.

Une fois la caractérisation initiale détaillée achevée, le plan qui mènera au permis d'abandon et à la libération du site pourra être élaboré. Ce plan sera un complément du plan de déclassement détaillé et précisera les mesures et contrôles à mettre en place pour obtenir le permis d'abandon, de façon sécuritaire. Il comprendra les résultats de la caractérisation du site, une description précise des activités de

démantèlement à compléter, les plans de restauration du site, les plans détaillés pour la surveillance radiologique finale, la désignation de l'utilisation finale du site, une analyse des risques et contrôles en matière de sûreté et d'environnement, et une mise à jour de l'estimation des coûts devant être engagés pour compléter le déclassement.

C'est également à ce moment que les méthodes de travail (génériques et détaillées) liées aux activités démantèlement seront rédigées. Les procédures de travail génériques permettront d'encadrer les activités courantes des démantèlements (par ex. : fonctionnement et entretien d'une unité de ventilation à filtre *High efficiency particulate air - HEPA*, coupe de tuyaux contaminés). Les procédures de travail détaillées s'appliqueront aux activités particulières ponctuelles (par ex. : segmentation des tubes de force de la calandre). Il est attendu que leur élaboration se poursuive tout au long des phases de démantèlement et de restauration du site, ce qui permettra d'intégrer les plus récentes données de caractérisation en cours de processus et les leçons tirées de l'exécution des activités antérieures.

Les préparatifs comprendront également la planification et la réalisation des modifications physiques aux installations, préalablement aux activités de démantèlement. Notamment, celles de remettre en fonction les systèmes de support requis, d'installer des nouveaux équipements de support et de réaliser les modifications considérant le changement de mission.

Ingénierie et planification

L'objectif principal des activités d'ingénierie et de planification sera d'élaborer des protocoles de démantèlement qui répondent aux objectifs du principe ALARA pour contrôler l'exposition des employés aux risques radiologiques ainsi que l'exposition du public et les répercussions sur l'environnement. Les tâches suivantes seront notamment exécutées :

- Planification de la préparation du site pour les activités de démantèlement projetées ;
- Étude de caractérisation détaillée du site pour déterminer la nature et l'étendue de la contamination radioactive et chimique, y compris les doses de rayonnement anticipées aux zones de travail, des principaux composants (dont la calandre et ses pièces internes les conduites et le blindage primaire) ;
- Procédures et ordonnancement détaillées pour le démantèlement des systèmes et des composants ;
- Conception et approvisionnement d'outils et d'équipements spécialisés ;
- Plans de décontamination des structures et des systèmes ;
- Planification pour le retrait et la disposition des matières radioactives et/ou dangereuses ;
- Détermination des exigences pour l'emballage et le transport (à la suite de la caractérisation) ;
- Identification et sélection d'entrepreneurs et de fournisseurs spécialisés ;
- Évaluation des solutions pour la disposition de la calandre et de ses pièces internes ;
- Élaboration ou mise à jour des procédures pour l'application du programme de radioprotection, le contrôle et le rejet des effluents radioactifs liquides et gazeux, la gestion des déchets radioactifs, y compris les résines échangeuses d'ions, les filtres usés, les composants métalliques et non métalliques générés durant le démantèlement, la sécurité physique du site, les mesures d'urgence et la sécurité industrielle.

Préparatifs physiques

Des préparatifs seront menés pour reconfigurer le site en stockage sous surveillance afin que puisse débuter la phase de démantèlement. Ils comprendront notamment les activités suivantes :

- Préparation des installations de support et d'entreposage, au besoin ;

- Retrait de la contamination, traitement et disposition des déchets existants ;
- Détermination, fabrication ou approvisionnement des contenants pour le transport et la disposition des déchets de haute activité ;
- Installation d'équipements de manutention et de traitement des déchets et mise en place d'aires de triage ;
- Construction d'installations temporaires et modification des installations de stockage. Les nouvelles tâches associées peuvent comprendre l'ajout de vestiaires et installation d'aires de lavage de vêtements contaminés pour accueillir une quantité plus élevée de travailleurs, établir des aires de dépôts pour faciliter le retrait des équipements et la préparation au transfert hors site, la réfection des routes pour faciliter le transport, et la modification du bâtiment du réacteur pour faciliter l'accès d'équipements lourds ou volumineux ;
- Conception et fabrication de blindage pour supporter les activités de retrait et de transport ainsi que le contrôle de la contamination, la détermination et l'approvisionnement d'outils spécialisés et d'équipements télécommandés. Modification du bâtiment du réacteur pour la préparation du levage en vue de la segmentation de la calandre et de l'extraction des composants lourds, y compris le circuit caloporeur ;
- Approvisionnement de conteneurs pour le transport, de châteaux blindés de transport et de colis de transport requis.

Phase 3b – Exécution du démantèlement

Pendant l'exécution du démantèlement, tous les systèmes, structures et composants ayant une activité excédant les critères de libération applicables seront retirés du site selon les meilleures pratiques à ce moment et disposé hors du site dans des installations de stockage de déchets dûment autorisées.

Le présent PDD identifie les activités principales, à haut niveau, à réaliser pour la phase de démantèlement. L'énumération et la description détaillées de la méthodologie qui sera employée pour le démantèlement n'est pas détaillé en raison des incertitudes technologiques et réglementaires existantes pour des travaux s'échelonnant sur plusieurs décennies. Les technologies de déclassement sont en constantes évolutions et on peut légitimement considérer qu'elles s'améliorent avec le temps. De plus, les données actuelles sur la radioprotection et la surveillance de l'environnement ne peuvent fournir de façon réaliste que des prévisions à grande échelle de la portée des futurs travaux de démantèlement. Des données de caractérisation détaillées seront nécessaires pour planifier le détail des activités. Les activités de caractérisation prévues au cours des prochaines années permettront d'anticiper de façon plus précise les conditions radiologiques et chimiques du site au moment du démantèlement.

Une liste et une brève description des principales activités de démantèlement sont présentées dans les paragraphes suivants. Les lignes directrices pour le choix des meilleures méthodes d'exécution des activités sont la minimisation de l'exposition au rayonnement ionisant, la santé et sécurité des travailleurs ainsi que réduire les risques financiers. Ces derniers sont en partie tributaires des deux premiers facteurs. Une attention particulière à la radioprotection et à la santé et sécurité permettra de diminuer les coûts.

Activités et objectifs

- Procéder à la décontamination de la tuyauterie et des composants en vue de minimiser l'exposition des travailleurs, lorsque requis. Retirer, emballer et évacuer toute la tuyauterie et les composants qui ne sont pas essentiels aux activités de démantèlement.
- Retirer les générateurs de vapeur pour les expédier au site de disposition finale. Décontaminer les surfaces extérieures, au besoin, et obturer les ouvertures par soudure étanche (buses, regards d'inspection et autres pénétrations). Évaluer la possibilité de les utiliser comme récipients

d'entreposage, à condition que toutes les pénétrations soient bien scellées et que la contamination interne soit confinée. Le cas échéant, ils peuvent être segmentés en plus petits morceaux afin de satisfaire aux critères d'acceptation du site d'entreposage permanent des déchets radioactifs. Afin de respecter la réglementation liée au transport, les mesures requises seront prises, par exemple l'installation de blindage.

- Retirer la tuyauterie et les pompes des systèmes caloporteur et modérateur principaux. Emballer la tuyauterie dans des colis de transport, sceller les pompes avec une plaque d'acier afin qu'elles puissent aussi servir de contenant pour d'autres items. Expédier les colis et les pompes vers le site d'entreposage permanent des déchets radioactifs.
- Installer l'équipement et l'outillage pour la segmentation du caisson du réacteur et les mettre en service.
- Segmenter d'abord la structure de la calandre de manière à retirer les déchets de moyenne activité en premier lieu. Une procédure semblable à celle du retrait/remplacement des tubes de force de réacteurs CANDU sera de mise. Les tâches liées à cette activité devraient se dérouler dans l'ordre suivant :
 - Installer un blindage temporaire contre le rayonnement ;
 - Retirer les éléments de réglages horizontaux et verticaux et les mécanismes associés;
 - Couper et retirer les tuyaux d'alimentation (entrée et sortie), ils doivent être coupés à une longueur permettant leur entreposage dans un contenant blindé pour disposition;
 - Couper les soudures et retirer les raccords d'extrémité et les tubes de force de la calandre, ils doivent être coupés à une longueur permettant leur entreposage dans un contenant blindé pour disposition ;
 - Couper les soudures et retirer les tubes de calandre de la structure de la calandre, ils doivent être coupés à une longueur permettant leur entreposage dans un contenant blindé pour disposition ;
 - En parallèle avec le retrait des tubes de force et des tubes de calandre, commencer à retirer le blindage en billes d'acier entre les plaques d'extrémités du caisson. Le retrait de ces billes d'acier doit être coordonné avec le retrait des tubes de force et des tubes de calandre afin de réduire au minimum les doses reçues par l'équipe chargée de cette segmentation ;
 - Segmenter le reste de la structure de la calandre ;
 - Retirer les systèmes et leurs composants associés, à mesure qu'ils deviennent non essentiels pour le retrait de la calandre, aux activités de démantèlement connexes ou à la santé et sécurité des travailleurs (par exemple; systèmes de collecte et de traitement des déchets, systèmes électriques et de ventilation, etc.) ;
- Retirer les composants internes (cylindre et tuyauterie d'échantillonnage) des modules CANSTOR et vérifier s'ils sont contaminés radiologiquement ;
- Retirer le revêtement en acier du caisson. Enlever le béton contaminé des autres surfaces et l'acheminer vers le site de stockage permanent ;
- Retirer l'équipement et le matériel contaminés du bâtiment de service, des piscines de combustible irradié et des tours de reconcentration de l'eau lourde ;
- Retirer tous les déchets de faible activité ainsi que toutes les matières dangereuses résiduelles. Les composants retirés lors de la décontamination et du démantèlement des installations de Gentilly-2 seront transférés vers une zone de traitement centralisée sur le site. À ce moment, l'IGDRS sera vidée de tout déchet radioactif restant. L'ASDR et l'IGDRS seront ensuite décontaminées ;
- Caractériser les composants retirés. Les composants qui sont exempts de contamination en vue de leur libération, selon les critères réglementaires applicables, seront disposés par exemple : en tant que rebut, matière à recycler ou déchet à éliminer. Les composants contaminés radiologiquement seront emballés en vue de leur disposition vers un site de stockage permanent ;

- Effectuer une caractérisation chimique et radiologiques des sols et des structures en cours de processus afin de d'identifier les structures ou les sols sous-jacents qui contiennent des concentrations supérieures aux critères des réglementation applicables. Ces composants seront traités comme déchets radioactifs et/ou dangereux. Répéter le processus jusqu'à ce que tout indique que les critères de libération sont atteints.

Note : La portion de cette activité qui touche la disposition des sols est actuellement basée sur des hypothèses avancées par Hydro-Québec en fonction de la connaissance du site et de l'historique des différentes occupations, et des différents événements, au fil des ans. L'envergure de la caractérisation sera plus importante lorsque l'historique indique la présence possible de contamination dans le sol ou une défaillance connue d'un système entraînant un rejet accidentel ou encore lorsqu'il faille confirmer l'absence de fuites de conduites de procédé ou souterraines au cours de l'exploitation de la centrale.

- Retirer les composants et (exempts de contamination) résiduels de la centrale ou d'autres servitudes, au besoin, pour permettre les caractérisations de l'état final ;
- Finaliser les plans de caractérisation de l'état final du site et débuter leur exécution afin de s'assurer que toutes les matières radioactives dépassant les critères de libération ont été retirées, selon les exigences réglementaires en vigueur à ce moment.
- Rédiger le rapport sur l'état final du site en vue de l'abandon définitif du contrôle réglementaire et le déposer auprès de la CCSN et des autres organismes de réglementation concernés.

Note : Il est possible que les contrôles de l'état final soient menés de manière segmentée, à mesure que se terminent les travaux sur des zones séparées. Il est aussi plausible que certaines parties de ces contrôles soient effectuées pendant la phase de restauration du site, dans le but, par exemple, de retirer certaines structures afin de faciliter l'accès au site pour la poursuite des travaux

5.1.4 Phase 4 – Restauration du site

Lorsque toutes les activités de démantèlement des systèmes, structures et composants contaminés radiologiquement seront complétées, la restauration finale du site pourra débuter. Pour les besoins du PDD, il est présumé que la démolition des bâtiments ou des structures situés à l'extérieur de la zone protégée (à l'exception de l'ASDR) et qui ne sont pas sujet à la contamination radiologique, ne s'inscrivent pas dans la portée des travaux de démantèlement et qu'elle sera effectuée après le retrait des contrôles réglementaires.

Le retrait efficace des composants contaminés radiologiquement, et la quantification de la radioactivité résiduelle inférieure aux limites réglementaires applicables, entraîneront des dommages importants à de nombreuses structures. Le dynamitage, le carottage, le forage et les autres activités de décontamination endommageront considérablement certaines structures y compris le bâtiment réacteur et le bâtiment des services. Pour valider la présence de radioactivité sous la surface, il faudra possiblement retirer des dalles de plancher ou encore des étages inférieurs, ce qui pourrait affaiblir les fondations et des éléments structuraux. Ces travaux seront certainement nécessaires dans des zones de l'installation nucléaire pour lesquelles les dossiers historiques ou les données de caractérisation en cours indiquent la présence possible de radioactivité dans le sol. Et de même pour la connaissance d'une défaillance connue d'un système ayant entraîné un rejet accidentel ou encore lorsqu'il faille confirmer qu'il n'y ait pas eu de fuites de conduites de procédé ou souterraines au cours de l'exploitation de la centrale.

Les hypothèses du présent PDD présument également que les structures et les installations non essentielles à l'intérieur de la zone protégée seront démantelées dans la foulée des activités de démantèlement (outre celles prévues être retirées dans la phase de stockage sous surveillance). Il est prévu que les fondations et les murs extérieurs soient retirés jusqu'à une profondeur nominale d'un mètre sous le niveau du sol, dans la mesure du possible. Cette profondeur devrait permettre la mise en place de gravier pour l'écoulement des eaux et de terre arable pour la végétation, afin de rétablir une base de sol stable. Les zones du site touchées par les activités de démantèlement seront nettoyées des débris de démolition et la portion de

terrain où se trouvait la centrale sera nivelé pour s'harmoniser aux profils environnants et, au besoin, pour empêcher l'accumulation d'eau.

Activités et objectifs

- Démanteler les parties résiduelles de la structure extérieure et intérieure du bâtiment du réacteur. Les débris de béton et les remblais exempts de contamination résultant des activités de démantèlement seront utilisés sur le site pour le remblaiement d'excavations. Des matériaux appropriés peuvent aussi être utilisés pour le remblayage, sinon les débris de béton seront enlevés pour être disposés comme déchets de construction.
- Démanteler les bâtiments résiduels en utilisant des techniques de démolition classiques pour les structures hors sol, y compris la station de pompage et d'autres structures du site.
- Démolir les modules CANSTOR et toutes les structures résiduelles de l'ASDR et l'IGDRS à l'aide des techniques de démolition classiques.
- Rédiger le rapport final du programme de démantèlement.

5.1.5 Phase 5 – Suivi environnemental

Un programme de surveillance environnementale sera mené pour une période de 10 ans suite à la restauration finale du site. Il aura pour but la validation finale relative à l'absence de matières radioactives dans l'environnement, à la suite de toutes les activités de déclassement. Il comprendra la surveillance des matrices d'eaux souterraines, d'eaux de surface, d'air ambiant, de sols et de végétation, notamment.

5.2 États finaux

Le déclassement vise à retirer toutes les installations de Gentilly-2 de façon permanente tout en assurant la santé, la sécurité et la protection des travailleurs, de la population et de l'environnement. Durant les travaux, toutes les matières radioactives et dangereuses résiduelles dépassant les limites prescrites dans la réglementation applicable seront évacuées du site de Gentilly-2. Une fois le déclassement terminé, le site se trouvera dans un état propice à la délivrance d'un permis d'abandon par la CCSN. Les différentes modalités de réutilisation du site, et les éventuelles limites d'usage le cas échéant, seront confirmées à la fin du processus de déclassement (par exemple : réutilisation industrielle, usage sans restriction, etc.).

En raison de la nature progressive et adaptative du projet de déclassement, et de sa période prolongée d'exécution, il convient de fixer des objectifs intermédiaires relatifs à l'état final pour trois grandes phases du projet. Ces objectifs sont décrits ci-après.

5.2.1 Phase 2a - Préparation à la phase de stockage sous surveillance

À la fin de la phase de préparation au stockage sous surveillance prévue en 2025, le combustible sera entièrement entreposé dans les modules de stockage à sec. L'eau lourde et l'eau chimiquement conditionnée seront majoritairement drainées de tous les systèmes. L'eau de chauffage pourrait demeurer en service jusqu'à la sortie des équipements appartenant au Transporteur (poste SF6). Les projets ou les travaux nécessaires permettant de simplifier la surveillance et la maintenance du site pour toute la période de stockage sous surveillance seront terminés ou seront en cours de finalisation.

Les deux éléments de risques résiduels identifiés au cours de cette phase de préparation étaient le refroidissement du combustible entreposé dans la piscine et la présence d'eau lourde provenant du système modérateur, entreposée dans les réservoirs du système USI 38110. En date du 30 novembre 2024, Hydro-Québec confirme que tout le combustible irradié est déjà transféré dans les modules CANSTOR et que l'eau lourde provenant du système modérateur a été mise en barils et est entreposée sécuritairement

chez un autre titulaire de permis. À cette même date, il restait l'équivalent d'environ 10 barils contenant de l'eau lourde sur le site. Ces barils sont actuellement entreposés dans le bâtiment des services [REDACTED] et la surveillance du tritium atmosphérique y est assurée en continue. Ces barils seront par ailleurs aussi transférés au site de l'autre titulaire de permis en 2025.

La plupart des matières dangereuses résiduelles non requise aura également été retirées du site. La plupart des systèmes non requis par l'installation nucléaire ont déjà été mis en retrait (vidangés, mis hors tension et sécurisés), à l'exception de ceux qui doivent toujours être utilisés pendant la phase de stockage sous surveillance. Ces mises en retrait des systèmes se poursuivront au début de la phase de stockage sous surveillance. Les systèmes mis en retrait depuis le début des activités de déclassement ont fait l'objet d'un rapport de mise en retrait selon la procédure « PROG-120-11 Préparation et suivi de la mise en retrait (MERT) définitive d'un système ». L'annexe B en présente les états finaux.

5.2.2 Phase 2b - Stockage sous surveillance

Au début de la phase de stockage sous surveillance, des travaux et des projets nécessaires pour, entre-autre, afin de simplifier la surveillance et la maintenance du site pour toute la période de stockage sous surveillance, se poursuivront (annexe A - section 13).

À mesure que progressera cette phase, l'activité radiologique dans l'ensemble de l'installation nucléaire ainsi que les débits de dose gamma autour de la calandre et de ses composants internes auront considérablement diminué en raison de la décroissance radioactive. Les systèmes (sauf ceux qui sont utilisés pendant cette phase) demeureront pour leur part mis en retrait. De plus, les bâtiments cités à l'annexe A – section 14 seront démantelés. Les aires résiduelles produites par les activités de déclassement qu'elles soient en zone 1 ou 2 ne sont pas prévues être modifiées à ce jour en vue de la première série de bâtiment à être démolis. Les contrôles réglementaires réguliers associés aux installations de Gentilly-2 engloberont ces aires pour ses premiers bâtiments et ne sont pas prévus être modifiés.

Les autres bâtiments, les structures et systèmes qui demeureront seront maintenus dans un état sécuritaire. Des programmes d'entretien préventif et de gestion du vieillissement sont en place pour assurer l'intégrité des structures. Le transfert du combustible irradié vers le dépôt géologique profond est actuellement prévu pour l'année 2050. Selon les informations de la SGDN, les opérations de transfert se dérouleraient sur une période de cinq (5) ans.

5.2.3 Phase 3b et 4 - Démantèlement et restauration du site

À la fin de la phase de démantèlement et de restauration du site, il n'y aura plus aucun risque pour la santé et la sécurité de la population et de l'environnement. Toute la contamination radioactive et les matières dangereuses résiduelles dépassant les limites prescrites dans la réglementation applicable auront été retirées. Tous les bâtiments et les systèmes ciblés des installations de Gentilly-2 auront été démantelés et les sols auront été décontaminés.

Un rapport final décrivant les travaux de déclassement exécutés et les résultats des caractérisations effectuées, de même que leur interprétation aura été produit. Toute autre information exigée par la réglementation applicable sera également incluse dans le rapport final, qui aura été déposé auprès de la CCSN en soutien de la demande de permis d'abandon des activités réglementés.

Une fois que la CCSN aura vérifié l'ensemble des résultats des contrôles finaux, tous les bâtiments inutiles seront finalement démolis jusqu'à concurrence d'un mètre sous le niveau du sol. Les excavations ou les

fondations ouvertes seront remblayées avec des matériaux exempts de contamination. Le site pourra être réutilisé à d'autres fins, possiblement industrielles, commerciales ou même résidentielles.

À l'heure actuelle, aucun contrôle institutionnel n'est envisagé. La libération complète du site est visée, sans aucune restriction d'usages. Si des contrôles institutionnels devaient être maintenus, ils seront déterminés et confirmés au cours de la phase de restauration finale du site.

5.3 Éléments de risque anticipés

Les principaux risques anticipés lors du démantèlement sont ceux liés à la santé, à la sécurité et à la radioprotection des travailleurs ainsi qu'au rejet de matières radioactives ou dangereuses résiduelles. Hydro-Québec a actuellement des programmes et procédures en place pour mitiger ou enrayer ces risques et prévoit les maintenir tout au long du processus de déclassement. Toutefois, la nature de plusieurs travaux sera différente et ainsi ces programmes et procédures seront adaptés en fonction des travaux. La stratégie à adopter pour atténuer les risques spécifiques au déclassement est décrite dans les paragraphes suivants.

La stratégie envisagée par Hydro-Québec a pour but de réduire au minimum les risques inhérents aux travaux de déclassement nucléaire (c.-à-d. l'exposition au rayonnement, les blessures au travail, les impacts environnementaux et la hausse des coûts du projet). Hydro-Québec fera une vigie soutenue de l'évolution des activités de déclassement de l'industrie nucléaire d'ici le début des travaux de démantèlement. Les leçons apprises de ces expériences serviront de fondement à la planification et à l'ingénierie de tels travaux à Gentilly-2. Les risques ne doivent pas être considérés distinctement, mais ils devront plutôt être considérés globalement dans chacun des lots de travail au moyen d'une planification adéquate. En s'appuyant sur l'expérience des pairs, il est possible d'éviter la répétition d'erreurs qui contribuent à accroître l'exposition des travailleurs aux différents risques. Les stratégies de protection suivantes reposent sur des données actuelles, issues d'expérience de projets semblables dans l'industrie et seront mises à profit pour atténuer ces risques.

Les travaux de déclassement sont fondamentalement différents des activités d'exploitation d'une centrale nucléaire. Étant donné leur nature, ils accroissent le potentiel de dispersion de contamination et consistent à briser les barrières de confinement inhérentes à la conception de la centrale. C'est pourquoi la planification du démantèlement doit tenir compte de ces risques accrus et prévoir d'autres méthodes pour les contrôler. Les lots de travail seront planifiés de sorte que les activités progressent des zones les plus contaminées vers les zones les moins susceptibles de l'être. Cela permettra d'optimiser l'utilisation des contrôles physiques existants. Les barrières existantes de confinement (par exemple; structures de bâtiment intactes, salles en pression négative, etc.) seront utilisées et maintenues en bon état, au besoin. Des barrières de confinement temporaires pourraient aussi remplacer les barrières existantes, ou même s'y ajouter. Il peut s'agir d'aménager des abris ventilés avec filtration HEPA, de forcer une dépression d'air de certaines salles ou d'installer des systèmes de ventilation avec filtration HEPA pour les équipements générant des poussières et particules ou de la fumée.

Le retrait rapide des composants et des systèmes à plus haute activité sera priorisé, de sorte que les travaux ultérieurs puissent être effectués dans des conditions plus favorables afin de maintenir les doses de rayonnements à un niveau qui réponde au principe ALARA. Aussi, Hydro-Québec privilégiera le retrait des composants en pièces entières ou en section de grande taille afin de limiter l'exposition des travailleurs à des champs de rayonnement élevés.

En principe, les structures contaminées ne seront traitées qu'une fois tous les éléments contaminés retirés d'une zone. Les travaux pourront ainsi se poursuivre à des champs de rayonnement qui soient les plus bas

possible. L'expérience montre que la décontamination des structures est un processus itératif. Les matériaux structuraux sont enlevés progressivement jusqu'à ce que les contrôles en cours de processus indiquent que les seuils de libération soient atteints. Pour que ce processus soit possible, les champs de rayonnement ambiant doivent être aussi faibles que possible afin d'éviter des indications de contamination non fondées ou de nuire à la détection de contamination masquée en raison d'une diminution de la sensibilité de détection. La gestion des différents lieux de travail assurera également tout risque de contamination subséquente, une fois la zone décontaminée. Cela réduira également l'exposition aux rayonnements et éliminera toute obligation de refaire à nouveau un travail déjà complété, ce qui pourrait aussi accentuer l'exposition des travailleurs, de même que le risque d'accident au travail.

Des analyses coûts-bénéfices seront menées, au besoin, afin de déterminer si la décontamination des structures et équipement représente la meilleure alternative, toujours dans l'intention de préconiser la libération du contrôle réglementaire. L'expérience montre que la décontamination peut être onéreuse tant au niveau de la main-d'œuvre requise pour effectuer les différentes tâches que du personnel responsable de vérifier que le processus a été mené à bien. Dans certains cas, le retrait d'une structure avec présence de radioactivité peut être plus facile que la décontamination elle-même. Cette décision sera tributaire du coût de stockage au moment des activités de démantèlement. Il est toutefois important de tenir compte, dans l'analyse coûts-bénéfices, des risques supplémentaires ou des blessures pouvant potentiellement affecter les travailleurs, dus à différentes méthodes de démantèlement ou de décontamination.

Pour la phase de stockage sous surveillance, mais également pour les phases précédentes, Hydro-Québec a maintenu et maintiendra à jour son rapport de sûreté, lequel analyse notamment les éléments de risques résiduels associés aux installations de Gentilly-2. La mise à jour de ce document est réalisée selon les exigences citées au *REGDOC 3.1.1 Rapports à soumettre par les exploitants de centrale nucléaire de la CCSN* à tous les cinq (5) ans.

Pour les bâtiments et structures qui seront démantelés pendant la phase de stockage sous surveillance, les risques spécifiques associés à chacun seront évaluées préalablement à leur démantèlement et des moyens de mitigation seront mis en place.

5.4 Doses de rayonnements anticipées

L'étude d'ÉACL [10] qui portait sur l'anticipation des conditions radiologiques génériques d'un réacteur CANDU6, a également estimé l'exposition des travailleurs aux rayonnements qui résulterait du déclassement avec une période de stockage sous surveillance variant de 50 et 100 ans. ÉACL a estimé que la dose efficace collective s'élèverait à 4,69 et à 4,48 personnes-Sv, respectivement. Il est toutefois prévu que les travaux de démantèlement des systèmes nucléaires de Gentilly-2 débutent après une période de stockage sous surveillance présumée à environ 45 ans. Par conséquent, les valeurs estimées de dose aux travailleurs devraient être revues pour considérer un inventaire radioactif plus important et des champs de rayonnement résultants plus élevés.

Tel que mentionné à la section 4, après environ quatre ans suivant l'arrêt du réacteur, le Co-60 est l'élément qui contribue le plus à la production des champs de rayonnement. Ainsi, la différence dans les champs de rayonnement entre une période de stockage sous surveillance de 45 ans et de 50 ans peut être approximée par le rapport de la fraction restante de Co-60 pour ces deux périodes. La différence dans les champs de rayonnement serait d'un facteur 1,93. Toutefois, comme l'indiquent les estimations sur 50 et 100 ans d'ÉACL, les travaux où les valeurs de débits de dose sont plus élevées seront effectués avec du blindage temporaire. Il est donc raisonnable de croire que les doses pour ces activités avec blindage puissent être

maintenues aux niveaux prévus par ÉACL, en augmentant les coefficients de blindage. Par conséquent, seules les valeurs de doses liées aux activités réalisées sans blindage augmenteraient d'un facteur de 1,93.

Considérant ce qui précède, la dose efficace collective associée au déclassement serait estimée à 2,88 personnes-Sv. Cette exposition ajustée a été déterminée comme suit dans l'étude d'ÉACL :

- Mise en stockage sous surveillance de l'installation – 1,82 personnes-Sv
- Travaux de démantèlement – 2,88 personnes-Sv
 1. Travaux de démantèlement avec blindage – 2,85 personnes-Sv (pas d'incidence en raison de la durée de la phase de stockage sous surveillance)
 2. Travaux de démantèlement sans blindage – 0,014 personne-Sv x 1,93 = 0,027 personne-Sv (hausse modeste due à une réduction de la phase de stockage sous surveillance)

Le tableau suivant présente la valeur de dose efficace collective annuelle et totale, depuis l'arrêt du réacteur de Gentilly-2 à la fin 2012. Cette dose est bien en-deçà de ce qui avait été initialement estimé dans l'étude d'ÉACL. Les activités pour la préparation au stockage sous surveillance ne sont pas terminées, mais il n'est toutefois pas prévu que la dose effective collective de l'année 2024 soit significativement plus élevée que les années précédentes. Au 24 septembre 2024, la dose efficace collective de l'année en cours est de 5,74 personne-Sv.

Tableau 5: Dose efficace collective par année depuis 2012

Année	Dose efficace collective (per-mSv)
2013	52
2014	109
2015	6,93
2016	2,08
2017	9,64
2018	7,60
2019	8,48
2020	5,72
2021	7,32
2022	5,83
2023	5,58
Total	220,18

5.5 Estimation des déchets

5.5.1 Estimation des déchets de faible et de moyenne activités

L'un des principaux objectifs du déclassement est le retrait de toutes les matières radioactives excédant les critères de libération applicables au moment du démantèlement. Ainsi, les déchets radioactifs seront ultimement disposés dans une installation de stockage permanente. Leur volume brut est estimé à 12 697 m³ [2] et est sommairement détaillé au tableau 6. Les déchets d'exploitation entreposés à l'ASDR et IGDRS sont notamment inclus dans cette évaluation. Le détail des volumes générés pour chaque activité se retrouve à l'annexe C de l'étude de coûts [2]. Les volumes et les catégories de déchets estimés pour le cœur du réacteur au moment de l'arrêt de la centrale sont basés sur une étude intitulée Gentilly-2 Reactor Core Inventory Report [REDACTED]. Les catégories de déchets ont été révisées [REDACTED] pour refléter les conditions au moment du démantèlement, en supposant

une période de décroissance radioactive. Les déchets de faible et de moyenne activités qui ont été générés pendant l'exploitation et qui sont actuellement entreposés à l'ASDR et à l'IGDRS sont pour leur part présentés au tableau 7.

Tableau 6: Volume de déchets radioactifs de démantèlement

Phase	Déchets de faible activité (m ³)	Déchets de moyenne activité (m ³)
2a Préparation au stockage sous surveillance	Note 1	Note 1
2b Stockage sous surveillance	25 Note 2	0
3a Préparation du démantèlement	127	0
3b Exécution du démantèlement	11 466	1 080
4 Restauration du site	0	0
Total	11 617	1 080

Note 1 : Les déchets produits au cours de cette phase sont stockés au site de Gentilly-2 et seront éliminés au cours des phases 3a et 3b.

Note 2 : Volume hypothétique puisque la quantité définitive ne sera connue qu'au moment du démantèlement physique pendant la phase 2b.

Tableau 7: Volume de déchets radioactifs entreposés sur le site en date du 30 novembre 2024

Installation	Déchets de faible activité (m ³)	Déchets de moyenne activité (m ³)
ASDR	0	33,4
IGDRS	520,0	366,2
Total	520,0	399,6

Les déchets radioactifs solides continueront d'être entreposés sur le site à l'IGDRS jusqu'à la disposition finale dans des installations de stockage de déchets hors du site. Un projet est en cours pour permettre la mise en retrait l'ASDR dans laquelle il ne reste que des déchets de moyenne activité dans la fosse A-13 (filtres usés des systèmes nucléaires). Un projet de réduction des volumes des déchets de faible activité entreposé à l'ASDR et l'IGDRS a été réalisé [redacted]. Le projet a permis une réduction de volume de près de 700 m³ de déchets. En date du 30 novembre 2024, le volume total des déchets entreposé à l'ASDR et l'IGDRS est de 919,6 m³.

Les installations de stockage de déchets et l'aire de stockage à sec du combustible irradié sont sûres et ont une durée de vie d'au moins 50 ans. Toutefois, la durée de vie de ces installations de stockage peut être prolongée à 100 ans, pourvu qu'elles fassent l'objet d'un programme de gestion du vieillissement qui soit adéquat [16]. Ainsi, jusqu'au déclassement complet de Gentilly-2, Hydro-Québec pourra entreposer les déchets générés pendant la phase de stockage sous surveillance de façon sûre et sécuritaire.

Afin minimiser le volume des déchets de faible activité transférée ou devant être transférée aux installations de stockage, il est prévu de prolonger le contrat avec la compagnie [redacted] pour traiter les déchets radioactifs générés pendant la phase de stockage sous surveillance.

La nouvelle stratégie intégrée des déchets radioactifs approuvée par le ministre canadien de l'Énergie et des Ressources naturelles, en octobre 2023, prévoit maintenant que la gestion à long terme des déchets de moyenne activité sera implantée par la SGDN. La stratégie intégrée des déchets radioactifs stipule par

ailleurs que la gestion à long terme des déchets de faible activité demeure du ressort des producteurs de déchets. Hydro-Québec reconnaît cette responsabilité, chaque producteur doit mettre sur pied sa propre stratégie de gestion. La quantité de déchets de faible activité générés par le seul réacteur de Gentilly-2 ne représente qu'une faible part de tous les déchets de ce type produits au Canada. Dans le but de définir des options et des stratégies communes, Hydro-Québec collabore toujours activement avec l'industrie nucléaire canadienne, notamment par l'entremise du CANDU Owners Group (COG).

5.5.2 Combustible irradié

Conformément à la Loi canadienne sur les déchets de combustible nucléaire, la SGDN a été créée en 2002 par les sociétés productrices d'énergie nucléaire canadiennes. La SGDN a pour mandat d'élaborer et de mettre en œuvre une méthode de gestion à long terme du combustible irradié canadien qui soit socialement acceptable, techniquement sûre, écologiquement responsable et économiquement viable.

La période d'exploitation de Gentilly-2 a généré un total de 129 925 grappes de combustible irradié. Le combustible irradié demeurera sur le site jusqu'à ce que le site permanent de la SGDN soit disponible pour l'entreposage à long terme. Pour Hydro-Québec, le site serait disponible en 2050. Selon la planification produite par la SGDN, les opérations de transfert de Gentilly-2 vers ce site se termineraient en 2054.

L'annexe C présente de façon sommaire le projet de dépôt géologique profond de la SGDN. Les opérations de transfert du combustible irradié dans les colis de transports qui sont sous la responsabilité d'Hydro-Québec et encadrées par la SGDN, sont décrites dans une analyse complémentaire à l'étude de coût [28].

6 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Un plan de déclassement doit aussi inclure les caractéristiques de l'environnement naturel et social qui pourraient être affectées de façon importante par le processus de déclassement. Cette section présente de façon très sommaire les principaux impacts potentiels sur l'environnement naturel et humain prévus pendant la phase de démantèlement du site. Ils sont présentés à titre informatif et non de manière exhaustive. Une évaluation des risques environnementaux du projet de démantèlement sera effectuée dans le cadre de la préparation au démantèlement. Elle permettra d'élaborer les mesures d'atténuation requises pendant cette phase.

En 2006, Hydro-Québec a réalisé une évaluation environnementale (ÉE) en vertu de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale pour le projet de modifications des installations de stockage des déchets radioactifs et de la réfection de Gentilly-2. Elle portait sur les éléments reliés à la réfection de la centrale (2006-2012), à l'exploitation de la centrale de Gentilly-2 sur un second cycle de vie (2012-2035) et à la construction des installations de gestion des déchets (2007-2042). Il a été déterminé lors de cette ÉE qu'un programme de suivi environnemental était requis, et ce afin de vérifier l'exactitude des effets anticipés du projet et de déterminer l'efficacité des mesures visant à atténuer les effets du projet. Tel que décrit dans le manuel des conditions de permis [29], Hydro-Québec a informé annuellement, jusqu'en 2023 [30] le personnel de la CCSN sur le progrès de la mise en œuvre de ce programme de suivi.

En 2013, le personnel de la CCSN a conclu que les activités de la phase de stabilisation décrites dans le Plan de fin d'exploitation n'étaient pas considérées comme des « activités concrètes » selon le *Règlement désignant les activités concrètes* de la LCÉE, 2012 [31].

En 2015, le personnel de la CCSN confirmait également que les activités prévues pour la période prochaine d'autorisation 2016-2026, ne faisaient pas partie des « activités concrètes » selon le Règlement désignant les activités concrètes de la LCÉE, 2012 [32]. Afin d'éviter tout risque déraisonnable pour l'environnement

et pour la santé et la sécurité des personnes, l'étude des incidences environnementales potentielles a été réalisée selon les termes de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*. Le personnel de la CCSN a conclu qu'Hydro-Québec a pris et continuera de prendre les mesures adéquates pour protéger l'environnement et préserver la santé des personnes [33].

Le 21 février 2020 [34], le personnel de la CCSN a signifié à Hydro-Québec l'intégration du document d'application de la réglementation REGDOC 2.9.1 édition 2017 à son manuel de conditions de permis. Dans cette nouvelle édition, les titulaires de permis doivent réaliser une évaluation de risques environnementaux à chaque changement de phase du cycle de vie d'une installation nucléaire. Hydro-Québec a donc soumis à la CCSN la première version de son évaluation des risques environnementaux pour la phase de stockage sous surveillance en mai 2022 [35] laquelle a été révisée [36] et ensuite acceptée en juin 2024 [37]. L'évaluation des risques environnementaux (ÉRE) sera maintenant mise à jour à toutes les cinq (5) ans, en conformité avec le REGDOC 2.9.1.

En complément à la récente ÉRE portant spécifiquement sur la phase de stockage sous surveillance, une étude complémentaire sera aussi produite, en 2025, afin d'analyser les risques environnementaux propres aux activités de démantèlement prévues pour la période 2027 à 2036. Cette nouvelle étude sera transmise à la CCSN d'ici la fin de l'année 2025.

6.1 Environnement naturel

Certains des impacts possibles sur les différentes composantes de l'environnement naturel sont résumés ci-dessous.

La décontamination et la démolition des systèmes nucléaires pourraient libérer de la radioactivité dans l'air. Toutes les catégories de rejet potentiels seront surveillées et seront réduites au minimum grâce à l'utilisation de structures de confinement temporaires et à de la ventilation locale filtrée.

Tous les types de machineries ou de véhicules qui seront utilisés pour le démantèlement et le transport des déchets et matériaux émettront des gaz d'échappement dans l'atmosphère. La nature et l'importance de ces rejets dépendront du type d'équipement utilisé au moment du démantèlement, mais devraient s'apparenter aux rejets de tout projet de construction d'envergure.

Les poussières, les fumées et les autres émissions non radioactives issues de travaux de démolition courants, comme le découpage au chalumeau ou le bris de béton, peuvent avoir une certaine incidence transitoire sur la qualité de l'air. Ces types d'émissions seront limités, dans la mesure du possible, par des mesures de confinement temporaires ou par aspersion d'eau. Ces nuisances non radioactives auront un impact très limité sur la population, puisque personne ne vit dans la zone d'exclusion d'un kilomètre autour de la centrale, et l'environnement avoisinant.

Qualité de l'eau

Les rejets liquides sont et seront toujours surveillés par le système de gestion autorisé des effluents liquides. Ceux-ci diminueront, en volume et en activité radiologique, au fur et à mesure que les travaux de mises en retrait des systèmes seront complétés. Tout autre liquide contaminé généré pendant le démantèlement (par exemple ; boues de poussière de béton provenant des activités de coupe) devrait se trouver en quantité minime et sera récupéré pour disposition dans un site de stockage permanent.

Les effets non radiologiques peuvent comprendre une certaine augmentation de la turbidité de l'eau le long de la rive pendant le remblayage et l'obturation des entrées et sorties d'eau de l'installation nucléaire,

ainsi qu'un ruissellement pendant les travaux de remise en état du site. Les eaux de ruissellement provenant des travaux de remise en état seront gérées par des techniques de confinement courantes (par exemple; rideau de turbidité).

Utilisation des terres

La vocation actuelle des terres du site de Gentilly-2 pourrait demeurer inchangée, puisque le site continuera possiblement d'être utilisé à des fins industrielles. Toutefois, comme il est impossible de prévoir les répercussions économiques futures, le site pourrait aussi servir à d'autres usages ou être retourné à l'état naturel. Par conséquent, aucun impact négatif futur n'est actuellement prévisible.

Les déchets radioactifs et matières dangereuses résiduelles générés pendant le déclassement devront être traités ou disposés dans des installations hors site.

La plupart des déchets de démolition non contaminés radiologiquement seront constitués de débris de béton. On se servira de ce matériau pour remblayer les ouvertures créées par le retrait d'équipements souterrains. Les excédents de béton et la ferraille seront recyclés dans la mesure du possible. Les autres débris de démolition non contaminés radiologiquement, mais non recyclables pourraient être enfouis dans lieu d'enfouissement technique hors site.

Végétation

Les terres près des installations sont couvertes d'herbe ou de broussailles. Les zones de végétation naturelle du site ne sont pas susceptibles d'être touchées par les travaux de déclassement puisqu'elles sont assez éloignées des Installations de Gentilly-2. Les poussières nuisibles produites pendant les travaux de démolition et de restauration du site peuvent avoir un impact mineur transitoire sur une partie de la végétation dans le secteur.

Faune et vie aquatique

Une faune variée est recensée sur le site. Diverses espèces de mammifères, d'oiseaux, de reptiles et d'amphibiens y ont été observées. On pourrait voir une hausse de ces populations pendant la phase de stockage sous surveillance en raison de la baisse des activités sur le site. Le niveau d'activité humaine accru pendant le démantèlement et la restauration du site ainsi que le bruit et la poussière générés peuvent avoir un impact sur ces animaux. La hausse du volume de circulation pendant certaines phases du déclassement peut également entraîner des répercussions sur la faune en raison du bruit ou des collisions entre véhicules et animaux.

Lors d'études environnementales antérieures, il avait été documenté que le panache thermique, qui était dispersé au canal de rejet et en rive sud du fleuve St-Laurent, avait créé des conditions favorables à plusieurs espèces aquatiques, dont le bar rayé, dans le canal de rejet et à proximité. L'arrêt de la centrale a fait en sorte d'interrompre la dispersion de tout panache thermique, ramenant ainsi les conditions environnementales qui prévalaient avant l'exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2.

Bruit

Plusieurs systèmes de l'installation nucléaire étaient connus pour être des sources de bruit, dont les vannes de rejet à l'atmosphère, les soupapes de vapeur principale, les génératrices de secours et le système de radiodiffusion, etc. Le passage à l'état de stockage sous surveillance réduira ou éliminera ultimement ces sources de bruit.

De l'équipement lourd de construction, le broyage du béton et le dynamitage pourraient être utilisés vers la fin de la période de déclassement, pendant les travaux de démantèlement. Ces travaux peuvent produire des niveaux de bruit élevés et transitoires dans la région.

6.2 Environnement social et économique

La présente section traite des répercussions socioéconomiques potentielles du déclassement de Gentilly-2 sur les collectivités locales et régionales. Elle indique les caractéristiques du milieu social qui pourront être touchées par le déclassement.

Hydro-Québec a publié en octobre 2012 une analyse financière comparative entre la réalisation du projet réfection de Gentilly-2 et la fermeture [38]. Cette analyse est disponible sur le site web d'Hydro-Québec. Elle conclut que la fermeture de Gentilly-2 conduit à de meilleurs résultats financiers pour Hydro-Québec dans le futur par rapport à un scénario de réfection.

Afin de soutenir l'économie des régions de la Mauricie et du Centre-du-Québec dans la transition vers le déclassement de Gentilly-2, le gouvernement du Québec a annoncé en octobre 2012 l'octroi d'un fond de diversification économique d'une valeur de 200M\$.

Comme la transition de l'installation nucléaire entre l'exploitation, le stockage sous surveillance, le démantèlement et la restauration du site s'étendra sur environ un demi-siècle, l'environnement social qui pourrait être affecté par le déclassement pourrait aussi changer significativement en raison d'autres facteurs non reliés au déclassement. Par conséquent, l'évaluation de l'ampleur des répercussions des activités de déclassement pourrait donner des résultats quelque peu inexacts pour le moment. C'est pourquoi l'évaluation préliminaire exposée dans le présent document donne une liste qualitative, et non quantitative, des sources d'impacts potentiels.

Les phases associées au déclassement comporteront chacune des activités distinctes pouvant avoir un impact socioéconomique sur les collectivités locales. Les sources d'impacts potentiels sont énumérées par phase.

Arrêt de la centrale et phase de Stabilisation

La réduction de la main-d'œuvre après l'arrêt de la centrale a eu l'impact le plus important, à ce jour, sur les collectivités. Au 12 septembre 2012, la centrale de Gentilly-2 comptait 660 employés permanents et 76 employés temporaires. Le nombre d'effectifs ayant travaillé à l'arrêt et à la phase de stabilisation, à l'exclusion du personnel affecté à la sécurité et des entrepreneurs, est présenté au tableau 8 [13].

Tableau 8: Effectifs réels et prévus pour la phase stockage sous surveillance

Année	Effectifs réels	Effectifs estimés
2013	383	388
2014	270,5	302

Un plan a été développé afin de relocaliser les employés d'Hydro-Québec ailleurs dans l'entreprise, ou de favoriser leur départ à la retraite. Plus de la moitié des employés a été relocalisé dans la région. Les services d'une psychologue ont également été mis en place afin de supporter le personnel. Au service des ressources humaines, un accompagnement personnalisé a également été offert pour bonifier les curriculums vitae et pour la préparation aux entrevues pour venir en aide aux employés touchés.

En général, la fermeture de Gentilly-2 n'a pas eu un impact significatif sur l'économie locale de la Mauricie et du Centre du Québec. La circulation locale sur la route vers Gentilly-2 a, quant à elle, diminué à mesure de la décroissance des effectifs à la centrale. Pendant l'exploitation de la centrale, entre 400 et 450 véhicules légers pouvaient accéder quotidiennement au site de Gentilly-2, en plus de 800 autres types de véhicules par mois pour soutenir les activités, ce nombre a diminué progressivement. Cela dit, la circulation locale est maintenant principalement impactée par les projets de développement récents de la société du parc industriel et portuaire de Bécancour, plutôt que la diminution de personnel à Gentilly-2.

Stockage sous surveillance

La période de stockage sous surveillance durera un peu plus de 30 ans. Des effectifs réduits seront nécessaires au cours de cette période. Le nombre d'effectifs réel (avant 2024) et estimé (à partir de 2024), à l'exclusion du personnel affecté à la sécurité et des entrepreneurs, se trouve au tableau 9.

Tableau 9: Effectifs pour la phase stockage sous surveillance

	Année	Effectifs
Préparation au stockage sous surveillance	2015	120,5
	2016	89,1
	2017	80,8
	2018	71,7
	2019	69,7
	2020	70,2
Stockage sous surveillance	2021	58,5
	2022	45,1
	2023	39,8
	2024	35,5
	2025	31,4
	2026	25,7
	2027	23,5
	2028	22,4
	2029	21,4
	2030 à 2036	17,4
	2037 à 2049	10,9
	2050 à 2054	16,9
	2055 à 2057	10,9

Le combustible irradié entreposé en piscine sera transféré au stockage à sec au début de cette phase. Le transport hors site du combustible entreposé à sec débutera vers 2050 et nécessitera des effectifs supplémentaires [28]. Toute activité de transport de combustible devra faire l'objet d'une attention particulière puisqu'elle pourrait avoir une incidence sur les collectivités locales et régionales.

Il est attendu que le montant des taxes payées à la municipalité locale demeurera constant [REDACTED] à partir de 2037 pour la période de stockage sous surveillance.

Démantèlement et restauration du site

En 2057, lorsque débuteront les phases de préparation et d'exécution du démantèlement de toutes les installations de Gentilly-2, les effectifs atteindront plusieurs centaines de personnes au plus fort des travaux. Comme les activités de démantèlement et de restauration du site s'échelonneront sur une période d'environ sept à huit ans, plusieurs nouveaux travailleurs pourraient s'installer dans la région. Les activités de démantèlement pourraient donc avoir un impact favorable sur l'économie locale. Des entrepreneurs et

des fournisseurs locaux pourraient certainement en bénéficier également. Ces changements pourraient avoir une incidence notable sur les collectivités locales et régionales.

D'autres activités associées à ces phases pourraient également entraîner des répercussions dans la région. Les déchets produits par le démantèlement seront pour la plupart non radioactifs. Les matériaux à base de béton seront utilisés pour du remblayage. D'autres matériaux tels que les métaux seront acheminés vers des lieux pour leur réutilisation ou leur recyclage, ou vers un site d'enfouissement pour être éliminés. La disponibilité du site d'enfouissement, leur proximité et les coûts d'évacuation ainsi que tout impact lié aux services de transport peuvent avoir une incidence sur les services et les infrastructures régionales. Les déchets de faible et de moyenne activités seront transportés vers un autre établissement. Leur volume sera moindre, de sorte qu'on s'attend actuellement à ce que le nombre de déplacements par camion soit plus faible. Les déplacements pourraient être étalés sur toute la durée de la phase de démantèlement.

À la toute fin de la phase de restauration, le site sera réhabilité à d'autres usages. Tous les impacts visuels et sonores d'une grande installation industrielle seront éliminés. Aucune main-d'œuvre ne sera plus nécessaire, outre les quelques employés qui assureront la surveillance environnementale finale, et les dépenses locales cesseront. Le site pourrait demeurer à vocation industrielle. En vertu de la législation actuelle en matière d'évaluation foncière, les taxes municipales seront toujours applicables sur les mêmes bâtiments et structures jusqu'à ce qu'ils soient démolis. À ce moment, on peut supposer que le montant sera alors beaucoup moins élevé.

7 CALENDRIER CONCEPTUEL DU DÉCLASSEMENT

L'exploitation normale de la centrale de Gentilly-2 a cessé en décembre 2012. Le plan actuel suppose de débuter la phase stockage sous surveillance avec tout le combustible irradié transféré dans les modules CANSTOR en 2025. La phase de démantèlement complet est, quant à elle, coordonnée avec le calendrier de transfert du combustible irradié au dépôt géologique profond de la SGDN. Le transfert du combustible irradié devrait débuter en 2050 et se terminer à la fin de 2054. Les activités de démantèlement devraient débuter au cours de l'année 2057 et se dérouler pendant environ 7,5 ans, suivies du dépôt du rapport sur l'état final du site à la CCSN.

L'échéancier de l'ensemble du projet est présenté à la figure 11. Le calendrier du projet est axé sur le cheminement critique identifié, figure 15 (extrait de l'étude des coûts liés au déclassement de Gentilly-2 réalisée [2]).

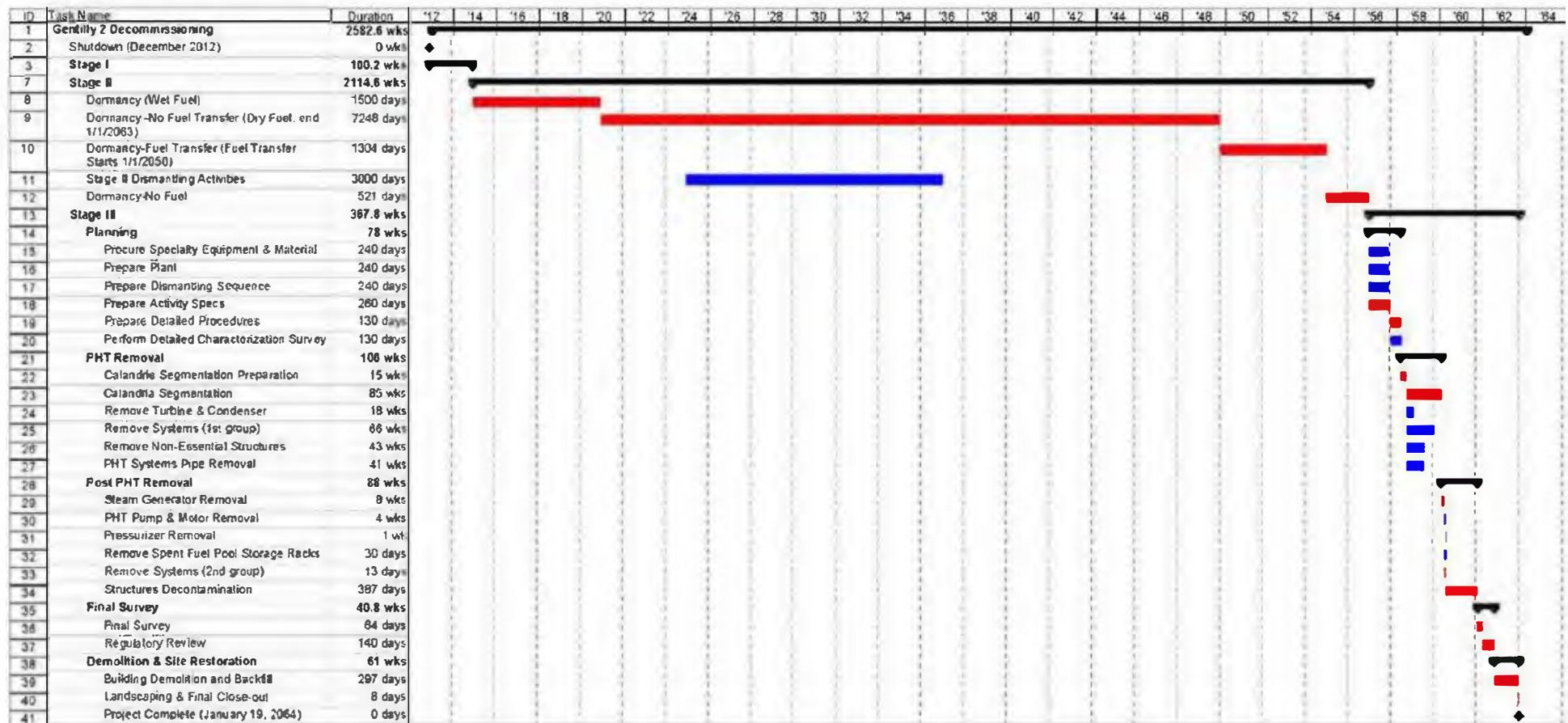


Figure 15: Calendrier des activités de déclassement

Les hypothèses formulées lors de l'élaboration du calendrier révisé de déclassement sont énoncées ci-après. Pour plus de détails, se référer à l'étude de coûts [2].

- La phase de stockage sous surveillance débute au cours de l'année 2025 ;
- Le combustible irradié est entièrement entreposé à sec dans les modules CANSTOR et son transfert vers le dépôt géologique profond de la SGDN débutera en 2050 ;
- La phase de préparation au démantèlement est une contingence (1 à 1,5 ans) permettant une transition entre la phase de stockage sous surveillance et celle de la mobilisation des effectifs pour le démantèlement ;
- Pour toute main d'œuvre entrepreneuriale, le travail (exception des activités de démantèlement de la calandre et de ses composants internes) est accompli pendant une journée de travail de 8 heures, 5 jours par semaine, sans heures supplémentaires ;
- Les activités de démantèlement de la calandre sont effectuées par plusieurs équipes distinctes et travaillant sur des quarts de travail en rotation ;
- De multiples équipes travaillent en parallèle dans la mesure du possible ;
- La durée pour le démantèlement des différents systèmes sera principalement déterminée par ceux qui sont identifiés comme étant sur le cheminement critique ;
- Les activités de restauration finale du site débutent dès que se terminent les activités de démantèlement.

8 ESTIMATION DES COÛTS ET GARANTIE FINANCIÈRE

En vertu de la condition G.4 de l'actuel permis de déclassement de Gentilly-2, Hydro-Québec doit fournir à la CCSN une garantie financière acceptable et suffisante pour le déclassement de ses installations (démantèlement et évacuation du combustible).

La méthode retenue pour l'évaluation du besoin en garantie financière est l'actualisation des flux de trésorerie inflationnés au taux de rendement projeté d'Hydro-Québec. Pour couvrir ses obligations, Hydro-Québec détient, en plus du fonds en fiducie (Valeur comptable prévue de 190 M\$ au 31 décembre 2024), un engagement irrévocable du Gouvernement du Québec d'un montant de 685 M\$.

Hydro-Québec a initié le processus dans le but de modifier le montant maximal de l'engagement irrévocable du Gouvernement du Québec de 685 M\$ à 1 025 M\$.

Avec cette modification, les instruments de garantie financière seront suffisants pour couvrir les obligations décrites dans les paragraphes suivants et ce jusqu'en 2046.

8.1 Démantèlement des installations

Les principaux paramètres d'entrée du calcul de la garantie financière sont :

- Dernière mise à jour de l'étude de coûts : Décembre 2024 [REDACTED] ;
- Période de déclassement : 2025-2074 ;
- Taux d'inflation : 2% et 2,1% ;
- Taux d'actualisation : 5,15% ;
- Flux de trésorerie en \$ 2024 : 1 381 M\$;
- Flux de trésorerie en \$ courants : 2 345 M\$.

8.1.1 Actualisation des flux de trésorerie au 31 décembre 2024

Les dollars constants 2024 (1 381 M\$) sont inflationnés avec des taux entre 2% et 2,1%, soit les taux prescrit par Hydro-Québec. Hydro-Québec assurera le déploiement du plan de déclassement des Installations de Gentilly-2; c'est la raison pour laquelle nous utilisons le taux d'inflation prescrit par Hydro-Québec.

Les dollars inflationnés (2 345 M\$) sont ensuite actualisés au 31 décembre 2024 avec un taux d'actualisation de 5,15 %, qui représente le rendement estimé qui sera réalisé par la fiducie dans les prochaines années.

L'obligation financière au 31 décembre 2024 en ce qui concerne le déclassement des installations est de 703 M\$.

8.2 Évacuation du combustible

Les principaux paramètres d'entrée du calcul de la garantie financière sont :

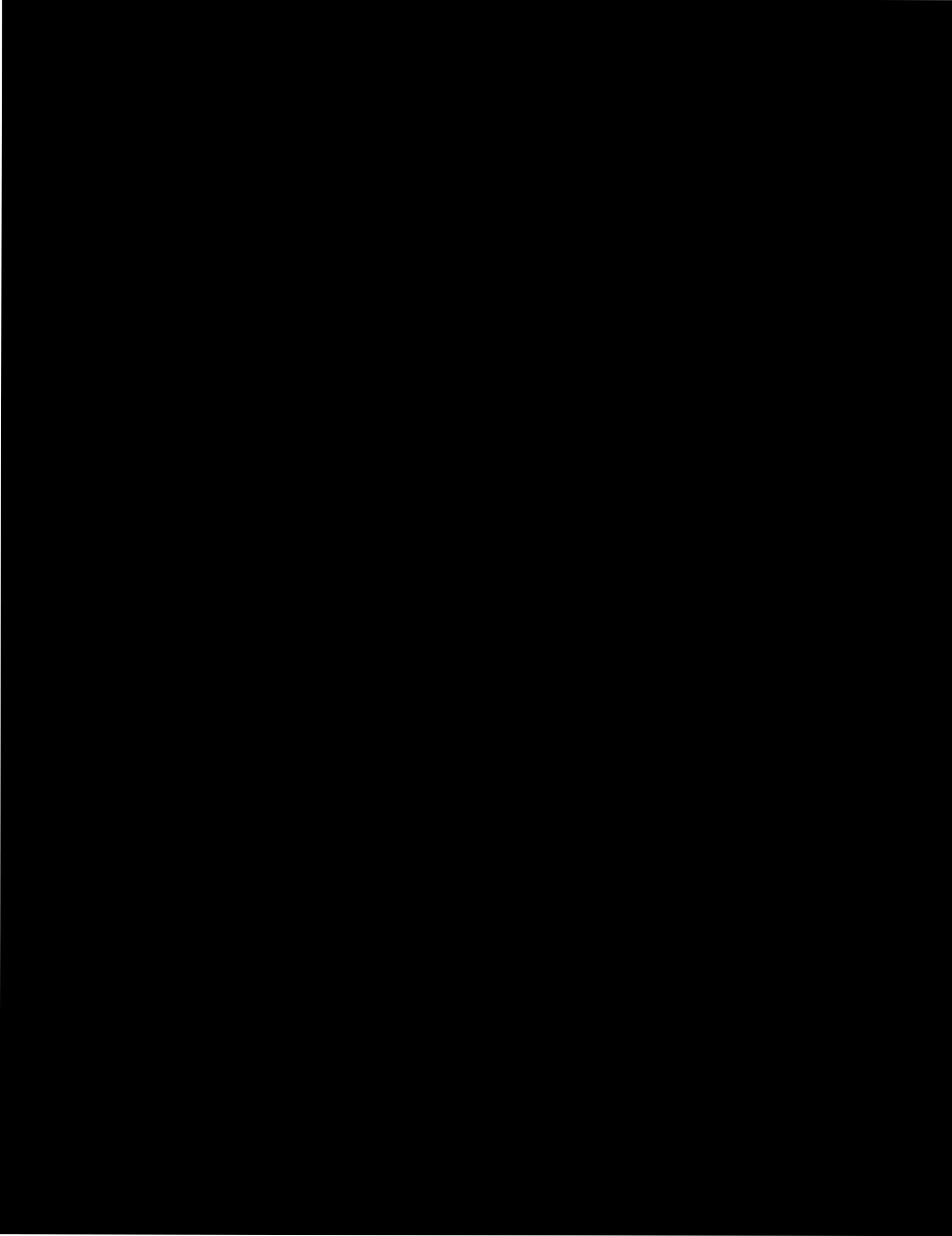
- Dernière mise à jour de l'étude de coûts : SGDN (2021) ;
- Période du projet : 2025-2186 ;
- Taux d'inflation : 0,97% à 6,5% ;
- Taux d'actualisation : 5,15% ;
- Flux de trésorerie en \$ 2020 : 552,3 M\$; et
- Flux de trésorerie en \$ courants : 4 389,4 M\$.

8.2.1 Actualisation des flux de trésorerie au 31 décembre 2024

Les dollars constants 2020 (552,3 M\$) sont inflationnés aux taux soumis par la SGDN et ajustés pour refléter l'inflation élevée des années récentes, les taux varient entre 0,97% à 6,5%.

Les dollars inflationnés (4 389,4 M\$) sont ensuite actualisés au 31 décembre 2024 avec un taux d'actualisation de 5,15 % qui représente le rendement estimé qui sera réalisé par la fiducie dans les prochaines années.

L'obligation financière au 31 décembre 2024 en ce qui concerne le déclassement des installations est de 271 M\$.



9 CONSERVATION DES DOCUMENTS

Au cours de la durée de vie opérationnelle des installations des Gentilly-2, de la phase de stabilisation jusqu'à la fin de la phase de stockage sous surveillance, Hydro-Québec recueillera et tiendra à jour l'information qui pourrait faciliter la planification et la réalisation des activités de démantèlement. Cette information est également essentielle pour planifier adéquatement les activités qui permettront l'atteinte de l'état final. Voici certains types de documents qui pourraient être nécessaires et qui seront conservés :

- Rapports de mise en retrait ;
- Dessins des systèmes et des bâtiments ;
- Configuration des systèmes des installations ;
- Données de surveillance radiologique ;
- Description des matières dangereuses présentes dans les installations ;
- Renseignements à propos de tout rejet significatif de matières radioactives ou de matières dangereuses dans l'environnement.

Les règles de conservation des documents permettent de déterminer les périodes d'utilisation et les supports (papier et/ou électronique) de conservation des documents générés dans le cadre du maintien des installations de Gentilly-2 et ce, de leur création jusqu'à leur transfert au centre d'archives pour des fins historiques ou leur destruction, selon le cas. Les documents sont conservés selon les règles de conservation d'Hydro-Québec en conformité avec les exigences réglementaires. Tant que les documents sont actifs, ceux-ci sont conservés dans les unités administratives.

La directive 6 « Gestion de l'information » émise par le Groupe – Affaire corporatives, juridiques et gouvernance d'Hydro-Québec, encadre la gestion et la protection de l'information pour toutes les activités d'Hydro-Québec quel qu'en soit le support et le contexte d'utilisation.

Les documents semi-actifs qui étaient auparavant présents au bâtiment administratif des services techniques, aux locaux BAST-103 (voûte) et BAST-246 (centre de documentation) sont en cours de transfert aux Services informationnels en gestion de l'information (SIGI), situé au 2288, avenue Jeanne-d'Arc à Montréal, lieu d'entreposage de l'ensemble de la documentation provenant des Installations de Gentilly-2. Une entente client-fournisseur existe entre Gentilly-2 et le SIGI ainsi que l'Unité Gestion des Immeubles-Ouest visant à formaliser les services rendus pour l'entreposage et la conservation des documents actifs et semi-actifs des Installations de Gentilly-2 [39]

10 PROGRAMME D'INFORMATION PUBLIQUE

Hydro-Québec a un programme d'information publique conforme aux exigences du document d'application de la réglementation REGDOC 3.2.1 « Mobilisation du Public et des Autochtones – L'information et la divulgation publiques ».

Les objectifs du programme d'information publique sont :

- Informer en continu les publics concernés par le déclassement des installations de Gentilly-2 en tenant compte de cet état et du niveau d'intérêt des parties prenantes.
- Fournir l'information appropriée aux parties prenantes, en temps opportun, en faisant preuve de respect, de cohérence et de transparence dans les communications, en tenant compte des impératifs liés au statut, à la mission et à la vocation commerciale d'Hydro-Québec.

Les équipes Relations avec le milieu et Relations avec les autochtones d'Hydro-Québec veillent à maintenir le canal de communication ouvert auprès des représentants officiels des collectivités régionales. Toutes questions relatives à Gentilly-2 peuvent être adressées à ces deux équipes.

Hydro-Québec transmet à chaque année au personnel de la CCSN son bilan des communications.

Entre mars 2023 et janvier 2024, Hydro-Québec a réalisé différentes communications. Elles avaient pour but de faire une mise à jour sur les activités en cours, présenter l'échéancier de déclassement et présenter la démolition du BIP et de l'ancienne UTE. L'information détaillée se trouve dans le plan de déclassement de ces deux (2) bâtiments [3].

En lien avec la préparation pour le renouvellement de son permis de déclassement et afin de présenter le projet de devancement des démolitions de certains bâtiments, Hydro-Québec a préparé un plan spécifique de communication avec le milieu. Le renouvellement de permis est un moment idéal pour rencontrer toutes les parties prenantes intéressées afin de faire une mise à jour sur l'avancement des activités de déclassement.

Des rencontres de dialogue et d'information se dérouleront de janvier à mai 2025. Elles incluent les acteurs régionaux qui sont sensibles aux activités de déclassement de Gentilly-2 : Communautés autochtones (Nation Wabanaki et Nation Huronne-Wendat), gouvernements de proximité et provinciaux (Villes, MRC, bureaux de députés), groupes environnementaux (Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec et Mauricie), partenaires (Société du parc industriel et portuaire de Bécancour, Comité mixte municipalité-industrie). Une séance d'information grand public est également prévue au printemps 2025. Hydro-Québec tiendra informé le personnel de la CCSN tout au long du processus et transmettra le bilan de ses rencontres à l'automne 2025.

La phase de préparation et d'exécution du démantèlement des Installations de Gentilly-2 est prévue à l'horizon 2057. Hydro-Québec préparera un programme d'information publique pour cette phase et l'évaluation environnementale associée en conformité avec les exigences réglementaires qui seront alors en vigueur. Le programme permettra de bien cibler les opportunités de consultation et d'information de la population. Il visera à répondre à l'ensemble des préoccupations des diverses parties prenantes et à s'assurer que tous les intrants soient considérés dans la planification du démantèlement.

ANNEXE A - PLAN DE LA PHASE STOCKAGE SOUS SURVEILLANCE

11 STRUCTURE DE GESTION DE PROJET

La gestion des installations de Gentilly-2 pendant la phase de stockage sous surveillance est assurée par le Directeur – Opérations et Maintenance (Abitibi-Témiscamingue, Laurentides et La Vérendrye). Ce dernier relève d'un directeur principal qui lui-même se rapporte à la vice-présidente exécutive, cheffe de l'exploitation et des infrastructures d'Hydro-Québec.

Le Directeur – Opérations et Maintenance (Abitibi-Témiscamingue, Laurentides et la Vérendrye) est le représentant du titulaire pour les permis octroyés par la CCSN. Il est supporté par le chef – Maintenance Gentilly-2 et le chef Surveillance Gentilly-2 pour la gestion des activités quotidienne des installations. Toutefois, le chef Maintenance Gentilly-2 relève de la direction Opérations et Maintenance Montérégie, Estrie et Centre du Québec.

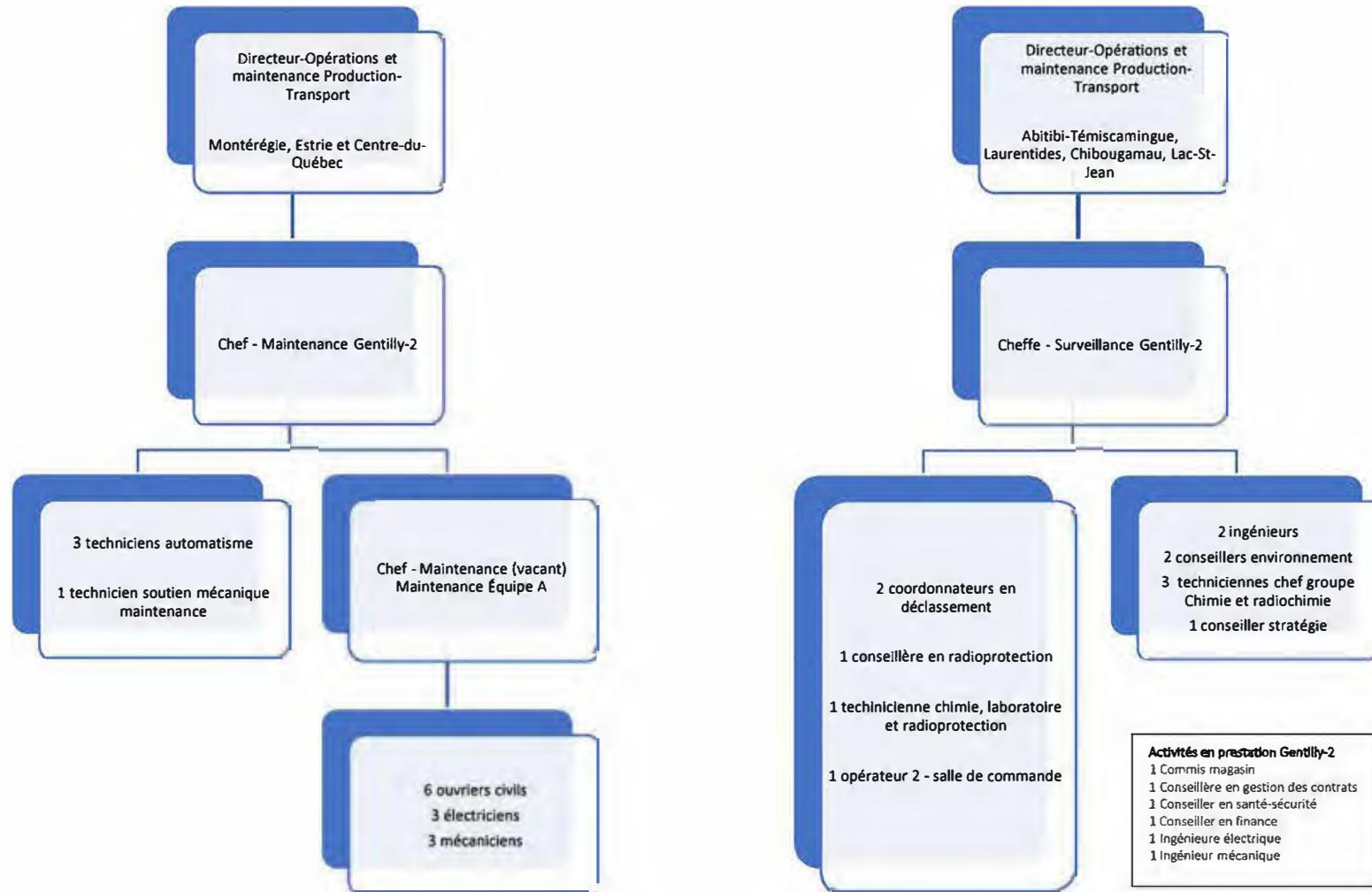
Il est à noter que dans la documentation, seule la mention « Directeur, responsable des installations de Gentilly-2 » est utilisée lorsque l'on fait référence au Directeur – Opérations et Maintenance (Abitibi-Témiscamingue, Laurentides et La Vérendrye).

Un organigramme détaillé de la structure des installations de Gentilly-2 est maintenu à jour et est à la figure 17. Voici une brève description des principales responsabilités inhérentes aux deux unités :

Maintenance Gentilly-2 – Cette unité est responsable, entre autres, des programmes d'entretien préventif et correctif, de la décontamination du matériel, de la gestion des déchets radioactifs et des matières dangereuses résiduelles.

Surveillance Gentilly-2 – Cette unité supporte les travaux de la maintenance au niveau des programmes, des travaux exceptionnels et des projets. Elle supporte également les installations de Gentilly-2 au niveau des affaires réglementaires, de la gestion du combustible nucléaire et des garanties, de l'assurance qualité, de la formation du personnel, du retour d'expérience et de la performance humaine. Cette unité fournit aussi les services de radioprotection ainsi que les services de laboratoire qui sont responsables du suivi environnemental et de la gestion des effluents liquides et gazeux.

Plusieurs activités sont en partie réalisées par des employés en prestation, relevant d'autres unités d'affaires d'Hydro-Québec. Ces employés ne sont pas affectés en permanence aux activités de Gentilly-2, mais ont toute l'expertise requise pour répondre aux exigences particulières des installations. Pour plus de détails, se référer au Manuel de gestion qualité des installations de Gentilly-2 [40].



11.1 Personnel accrédité par la CCSN

La personne assignée au poste de responsable technique de la radioprotection (RTR) est accréditée par la CCSN et ce, dans le respect des exigences du document d'application de la réglementation REGDOC-2.2.3 Accréditation du personnel, tome III : Accréditation des personnes qui travaillent dans les installations dotées de réacteurs, version 2.

Les rôles et les responsabilités inhérentes au RTR sont définis dans le PROG-160 Programme de radioprotection.

11.2 Responsable du site technique

Les RDS_{technique} ont une responsabilité technique, comparativement aux RDS_{gestion} dont les rôles sont plutôt de direction et de gestion. Les personnes habilitées comme RDS_{technique} ont les connaissances requises des systèmes et de l'ensemble des installations de Gentilly-2. Leurs responsabilités sont les suivantes :

- S'assurer que les conditions du permis de déclassement et de la ligne de conduite pour l'exploitation (LCE) sont rigoureusement observées ;
- Autoriser les dérogations à la LCE pour des raisons urgentes de sûreté, de sécurité ou de protection du personnel (LCE rév. 10 art. 0.02) ;
- Évaluer immédiatement les conséquences lorsque survient un événement, et déterminer son impact sur la sûreté (LCE rév. 10 art. 0.08) ;
- Traiter les conditions non prévues par les procédures autorisées. Déterminer les causes et selon le cas, résoudre le problème ou faire appel aux services appropriés ;
- Initier le plan des mesures d'urgence lorsque les critères d'application sont rencontrés et exécuter les procédures d'urgence requises ;
- Connaître l'état des équipements sur le site, lorsqu'il est en devoir, et s'assurer de transférer l'information à son remplaçant ;
- Travailler de concert avec le RDS_{gestion} afin d'obtenir le support adéquat de l'organisation en situation normale, anormale et d'urgence.

11.3 Interface avec les autorités

Les deux principaux organismes de réglementation, fédéral et provincial impliqués dans le projet de déclassement sont :

- La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) ;
- Le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Hydro-Québec met également en œuvre et maintient un programme relatif aux enveloppes de pression et a une entente officielle avec la Régie du bâtiment du Québec qui est l'agence d'inspection agréée.

11.4 Retour d'expérience

Hydro-Québec partage avec les membres de l'industrie son retour d'expérience en lien avec les activités de déclassement des installations de Gentilly-2 par le biais de rencontres périodiques, de visites et par sa participation à des groupes sur la gestion des déchets et du déclassement chapeauté par le CANDU Owners Group.

Hydro-Québec a également visité à deux (2) reprises en 2013 et 2019, le site de l'ancienne centrale nucléaire de Maine Yankee aux États-Unis.

12 CONFIGURATION DES SYSTÈMES ET DES BÂTIMENTS

Une brève description des systèmes nécessaires à la période de stockage sous surveillance se trouve dans cette section. Le Rapport de sûreté des installations de Gentilly-2 [7] fournit une description complète de tous les systèmes, structures et composants des installations de Gentilly-2.

12.1 Gestion des bâtiments

Les espaces administratifs occupés par les employés sont majoritairement localisés dans le poste de garde. Celui-ci a été reconfiguré, en 2023, afin de maximiser son utilisation. Une nouvelle entrée pour la zone 2 (incluant un espace bureau) sera éventuellement relocalisée dans l'ancien magasin zone 1 du bâtiment des services pour accueillir les employés de maintenance ou d'autres unités d'affaires qui doivent réaliser des travaux ou inspections sur le site.

L'actuel système d'approvisionnement en eau domestique sera mis en retrait. De nouvelles entrées d'eau permettront de réalimenter le poste de garde, le CRMC, le bâtiment des relations publiques ainsi que tous les bâtiments associés à la centrale de Bécancour. Pour les besoins de Gentilly-2, ces nouvelles entrées d'eau permettront d'alimenter en eau potable les salles de bain et des douches, la cafétéria ainsi qu'un ou deux petits ateliers en zone 2. Les appareils utilisés et la tuyauterie seront à la fois composés de nouveaux et d'anciens équipements. Ces équipements seront reliés au circuit de drainage radioactif ou sanitaire en fonction de leurs usages spécifiques.

Les circuits de drainage sanitaire, radioactif et pluvial demeureront en service pour toute la période de stockage sous surveillance.

L'éclairage demeurerá également en fonction sur l'ensemble du site des installations de Gentilly-2.

Des aérothermes électriques seront installés après la mise en service de l'alimentation électrique sur réseau à 25kV afin d'éviter la condensation et le gel dans les bâtiments ainsi que pour le confort des zones occupées régulièrement par les travailleurs. Ainsi, les systèmes de chauffage et/ou de climatisation centraux actuels fonctionnant par distribution d'eau ou de glycol seront mis en retrait.

12.2 Alimentation électrique du site

L'alimentation électrique du site de Gentilly-2 sera dorénavant à 600 Vca triphasé alimenté à partir du réseau de distribution 25 kV d'Hydro-Québec.

Certaines charges ciblées auront également une alimentation sans coupure par batterie. Advenant une perte prolongée de l'alimentation électrique, une génératrice permettra la réalimentation des charges essentielles. La génératrice sera disponible sur le site ou une entente sera négociée avec un fournisseur. Le projet de transfert de l'alimentation électrique 230 kV à 25 kV est décrit à la section 13.2.4.

12.3 Effluents liquides

Le système autorisé de gestion des effluents liquides radioactifs, tel qu'exploité à la suite du prolongement de la conduite, demeurera en service pour la période de stockage sous surveillance. Bien qu'Hydro-Québec considère que le volume d'eau rejetée par ce système diminuera encore dans les prochaines années, ce système demeurera nécessaire pour gérer sécuritairement les faibles concentrations de radioactivité en

présence. Il fut récemment adapté pour permettre son fonctionnement optimal, même en l'absence de toute dispersion qui était auparavant assurée par les volumes d'eau pompée à la station de pompage.

12.4 Système de ventilation et effluents gazeux

La plupart des systèmes de ventilation seront mis à l'arrêt. Un faible débit de ventilation sera conservé afin de maintenir, les systèmes ayant contenu de l'eau lourde tritié sous vide et l'écoulement d'air des salles de faible probabilité de contamination vers celles à haute probabilité de contamination. Ces salles seront essentiellement celles qui comportent des systèmes ayant des risques de dispersion de contamination.

Les systèmes ayant contenu de l'eau lourde tritié seront maintenu sous vide par les systèmes de ventilation maintenue en service. Les barils impliquant des matières contaminées seront stockés dans ces mêmes salles.

Pour la période de stockage sous surveillance, la surveillance des effluents gazeux sera assurée pour les paramètres du tritium, du carbone-14 et de l'activité gamma brute issue des aérosols radioactifs. Certains paramètres feront l'objet d'une surveillance en ligne, alors que tous feront l'objet d'analyses de laboratoires sur lesquelles sont toujours basées les différentes redditions de comptes réglementaires.

12.5 Surveillance des paramètres [REDACTED]

Le système de surveillance des paramètres demeurera en fonction afin de superviser ceux qui seront toujours pertinent notamment :

- Concentration de tritium dans les zones les plus à risque, selon l'entreposages des barils restants;
- Niveau élevé du fleuve;
- Perte d'alimentation électrique;
- Niveau de tritium ou activité gamma brute liée aux aérosols des effluents gazeux;
- Niveau d'eau aux réservoirs d'effluents liquides;
- Niveau d'eau dans les puisards;
- Perte de surveillance du site;
- ΔP de la ventilation;
- Détection incendie; et
- Concentration de chlore (hors du site).

12.8 Incendie

Une mise à jour de l'évaluation de risque incendie (ÉRI) sera effectuée en 2025. La boucle incendie principale demeurera en fonction ainsi que les pompes incendie électrique et diesel. Les résultats de cette ÉRI seront respectés dans l'élaboration des futures modifications sur les systèmes de protection et de détection incendie.

12.9 Station de pompage

La station de pompage demeurera disponible pour les besoins de la boucle d'eau incendie de Gentilly-2 et ceux de la centrale de Bécancour. Un tamis de la station de pompage demeurera également en fonction pour la filtration du faible volume d'eau consommée lors des essais des pompes incendie. L'eau d'incendie servira au nettoyage périodique de ce tamis qui ne pourra fonctionner que lorsque le personnel attitré à cette tâche sera présent à la station de pompage.

12.10 Surveillance interzone

Des moniteurs globaux situés aux postes interzones, des moniteurs pour les petits objets ainsi que le moniteur véhicule seront aussi maintenus en fonction pour la période de stockage sous surveillance.

12.11 Poste de sectionnement et SF₆

Le poste de sectionnement et le poste SF₆ sont présentement sous la responsabilité du Transporteur d'Hydro-Québec. Jusqu'à ce que des modifications soient réalisées (date indéterminée), les systèmes pour la commande et la protection du poste 230 kV demeureront fonctionnels. Ils sont requis pour :

- Relier les quatre (4) turbines à gaz (TAG) de la centrale de Bécancour au réseau de transport d'HQ;
- Alimenter la centrale de Bécancour pour ses auxiliaires;
- Transiter la puissance électrique dans la région du Centre-du-Québec.

Afin de permettre l'opération de ces systèmes, les équipements de support suivants demeureront aussi fonctionnels :

- Batteries et chargeurs 250 Vcc pour l'alimentation des moteurs des disjoncteurs SF₆;
- Batteries et chargeurs 129 Vcc pour l'alimentation des sectionneurs et des protections du poste SF₆;
- Ventilation de la salle de commande, de la salle d'équipements et des salles des batteries;
- Transformateurs TSA et TSR, barres 6.9 kV et barres 600 Vca pour assurer l'alimentation du 250 Vcc et 129 Vcc;
- Batterie et chargeur 48 Vcc pour les circuits d'interposition des disjoncteurs 6.9 kV et 600 V.

Des unités de climatisation sont également à prévoir pour protéger les circuits de commandes et de protection. Finalement, puisque ces systèmes ne seront pas requis pour la surveillance des installations de Gentilly-2, ils ne seront pas transférés sur l'alimentation 25 kV (section 13.2.4).

13 ACTIVITÉS ET PROJETS PENDANT LA PHASE DE STOCKAGE SOUS SURVEILLANCE

Pendant la phase de stockage sous surveillance, plusieurs activités de maintien de l'état du site et d'inspection se poursuivront pendant la phase de stockage sous surveillance. De plus, des projets seront exécutés dans le but de simplifier le fonctionnement, la surveillance et la maintenance de certains systèmes des installations. Ces activités et projets sont détaillés dans les sections qui suivent.

13.1 Activités de surveillance et de maintenance

13.1.1 Surveillance des paramètres

Le système de surveillance supervise les paramètres qui sont toujours pertinents pour le bon déroulement des activités autorisées (se référer à la section 12.5).

Afin de permettre la supervision du site à distance par un responsable de site, des alarmes ont été identifiées comme nécessitant une action entre les périodes de gardiennage du site par un RDS. Ces alarmes, appelées « alarmes critiques » ont, dans un premier temps, été identifiées dans l'ATI G2-ATI-2015-66740-001 [41]. Pour les alarmes critiques, le système de télé-annonciation transmet immédiatement par courriel via une liste d'envoi toutes les alarmes critiques aux RDS et aux gestionnaires. En heures non ouvrables, le système de télé-annonciation rejoint également le centre d'appels via téléphone et courriel. Le centre d'appel procède ensuite au rappel d'un RDS et d'un gestionnaire afin de prendre en charge l'alarme. Il est aussi possible de rejoindre un RDS ou un gestionnaire en heures non ouvrables par ce processus de rappel.

Au cours des prochaines années, Hydro-Québec souhaite revoir ce processus. Il est visé effectuer le suivi des alarmes identifiées comme étant critiques sur un poste de travail par un agent de sécurité nucléaire (ASN). Les critères révisés justifiant la criticité des alarmes se trouvent dans l'ATI-2024-66740-001. L'ASN sera responsable de rappeler le personnel requis selon la procédure qui sera établie. Un mandat externe est en cours réalisation pour évaluer la possibilité de former du personnel supplémentaire, autre que des RDS, pour prendre en charge certaines alarmes critiques.

13.1.2 Rondes d'inspection

Plusieurs rondes d'inspection sont réalisées, notamment des rondes d'exploitation, incendie, de maintenance et de radioprotection. Elles sont toutes répertoriées dans la base de données Système intégré des équipements (SIE).

Hydro-Québec a mandaté une firme externe afin de la supporter dans l'optimisation de ses rondes. Le projet vise à :

1. Déterminer les exigences minimales ;
2. Déterminer les compétences requises pour effectuer les différentes rondes ;
3. Optimiser les rondes ; et
4. Réviser l'encadrement.

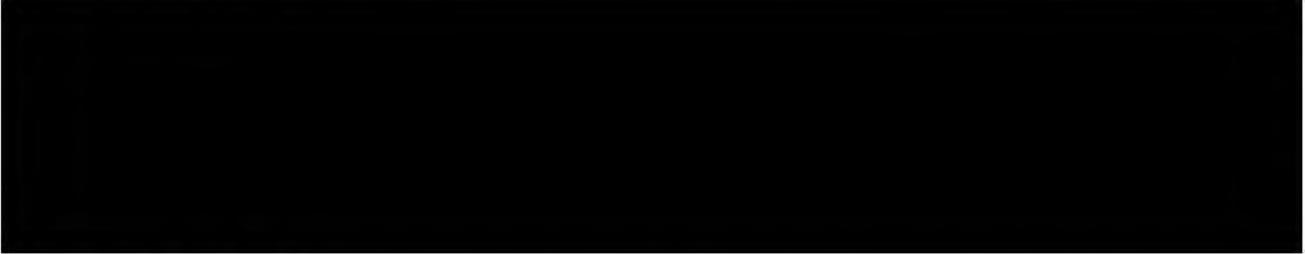
Les activités de ce mandat se dérouleront en 2025.

13.1.3 Maintenance des équipements

Le suivi de la maintenance des équipements est géré par la base de données Système intégré des équipements (SIE). Les modalités du programme de maintenance sont encadrées dans le PROG 110 Programme de maintenance [17].

13.1.4 Gestion du vieillissement

Le programme de gestion du vieillissement (PGV) des différentes structures se poursuivra. Les principales structures civiles visées par le programme sont le bâtiment réacteur et les enceintes de béton des installations de gestion des déchets radioactifs solides (ASDR, IGDRS) et du stockage à sec du combustible irradié (ASSCI). Les activités du programme sont encadrées dans le PROG-120-02 Programme de gestion du vieillissement [16].



13.1.6 Mise en retrait

Les mises en retrait des systèmes se poursuivront, les rapports de mise en retrait (RMERT) seront ensuite complétés pour assurer une bonne gestion de la configuration des systèmes pour les fins du démantèlement futur, en conformité avec la procédure PROG-120-011 Préparation et suivi de la mise en retrait définitive d'un système [42]. Les RMERT documenteront l'état des systèmes, notamment les aspects suivants, le cas échéant;

- Mention des risques résiduels pour le personnel affecté au démantèlement ;
- Mention et documentation des écarts entre les travaux prévus par la stratégie de mise en retrait ou les procédures et les travaux réels exécutés;
- Mention des surveillances et entretiens qui continueront de s'appliquer ou qui devront être mises en place, et les façons de les réaliser ;
- Consignation des documents conservés pour le maintien de la gestion de la configuration, dont les schémas fonctionnels mis à jour.

Les états finaux généraux de tous les systèmes, portion de système, réservoirs et autres composants non requis à la suite de l'atteinte de la phase de stockage sous surveillance sont les suivants :

- L'eau légère est drainée, il peut rester de l'eau dans certains points bas des systèmes non séchés et ouverts à l'atmosphère;
- L'eau lourde est drainée, il peut rester de l'eau dans certains points bas des systèmes non séchés et ouverts à l'atmosphère;
- L'huile est drainée, il peut rester de l'huile dans certains points bas;
- L'alimentation électrique est isolée et maintenue ouverte (pinces de cadenassage, pose de scellés et débranchement);
- Les fusibles sont retirés et identifiés « MERT »;
- L'alimentation en air est isolée et séparée physiquement de la nourrice;
- Les résines des échangeurs d'ions sont retirées;
- La portion de tuyauterie non-requise est séparée physiquement de la portion requise ou isolée par une vanne;
- Les vaisseaux sous pression sont ouverts à l'atmosphère;
- Pour les systèmes avec ressort (sauf les supports de tuyauterie), s'assurer que le ressort est à la position détendue. Effort raisonnable à considérer pour enlever complètement l'énergie, sinon un balisage du risque résiduel est requis.
- Les batteries des systèmes sont disposées selon les standards d'Hydro-Québec.

L'annexe B présente la mise à jour des états finaux prévus pour tous les systèmes.

13.1.7 Surveillance de l'environnement

HQ maintient ses plans de surveillance radiologique et conventionnelle de l'environnement, ainsi que la surveillance des effluents liquides et gazeux.

13.2 Projets

13.2.1 Reconfiguration du périmètre de sécurité

Maintenant que tout le combustible irradié est transféré au stockage à sec, HQ adaptera les mesures de protection physique à cette nouvelle réalité. La technologie utilisée sera remplacée afin d'assurer la pérennité du système tout au long de la période de stockage sous surveillance [43].

13.2.2 Relocalisation de la distribution électrique située au BAST

La démolition du BAST est prévu à l'intérieur d'un horizon de 5 ans. Ce bâtiment contient l'alimentation électrique de l'ASSCI, l'IGDRS et de la station de pompage de G1. Particulièrement, l'alimentation de l'ASSCI et de l'IGDRS doit demeurer active jusqu'au démantèlement des installations. Les travaux associés débuteront au printemps 2025.

13.2.3 Évaluation et conception de nouveaux modules d'échantillonnage

Hydro-Québec a procédé à la suspension des activités d'essai d'étanchéité aux cylindres des modules CANSTOR afin de permettre l'évaluation des actuels modules d'échantillonnage et d'adapter leur niveau de sécurité. Le choix d'Hydro-Québec s'est arrêté quant à l'approvisionnement d'un nouveau module qui répond aux paramètres de sécurité et permettra la mesure directe en ligne de l'hydrogène, du méthane, du dioxyde de carbone et de l'oxygène. L'approvisionnement et la mise en service du module est prévu d'ici la fin de l'année 2025 [44, 45].

13.2.4 Transfert de l'alimentation électrique 230 kV vers une alimentation 25 kV

Considérant la diminution des charges associées à la phase stockage sous surveillance, une reconfiguration de l'alimentation électrique est requise. Ainsi, l'alimentation électrique des installations de Gentilly-2 provenant du poste 230 kV sera transférée vers une source d'alimentation 25 kV.

Le transfert des charges restantes sur cette nouvelle alimentation à 25 kV permettra la mise en retrait de plusieurs équipements et évitera d'en conserver plusieurs qui ne sont pas pleinement fonctionnels. Ce transfert permet également de simplifier la maintenance et les activités d'exploitation des installations.

Les études préliminaires incluant des analyses techniques, les charges ainsi que les solutions sont terminées. Le concept est choisi et l'ingénierie détaillée a débuté à l'automne 2019. Les travaux ont débuté en 2021 et s'échelonneront jusqu'en 2026 [46].

13.2.5 Reconfiguration du poste de sectionnement

À la suite du transfert de l'alimentation électrique de Gentilly-2 sur le réseau 25 kV, le poste de sectionnement devra être reconfiguré afin de répondre aux besoins de la centrale de Bécancour. Plusieurs équipements n'étant plus requis seront retirés afin d'optimiser la maintenance. Également, la mise en dormance des bâtiments de Gentilly-2 oblige le Transporteur à déplacer, dans le bâtiment SF6, ses services auxiliaires (se trouvant présentement dans les bâtiments de Gentilly-2) et des équipements du poste de sectionnement (alimentation en eau domestique, alimentation électrique, batteries, liens réseaux, etc.). Ainsi, la reconfiguration du bâtiment SF6 et l'ajout de liens avec la centrale de Bécancour sont requis.

Le projet est en phase de développement chez le Transporteur. L'échéancier n'est pas encore finalisé.

13.2.6 Mise en retrait de l'ASDR

Des filtres usagés des systèmes nucléaires demeurent présents dans les installations de l'ASDR, un projet est en cours afin d'assurer leur transfert sécuritaire vers l'IGDRS. Une fois les transferts complétés, s'en suivra la mise en retrait et l'arrêt des activités de surveillances environnementales y étant associées. Le démantèlement quant à lui, ne sera pas exécuté avant 2057.

13.2.7 Disposition des inventaires

Plusieurs activités de disposition des inventaires de matériel sont en cours et se poursuivront.

Une mise à jour de l'inventaire du matériel présents au bâtiment des services et au bâtiment turbine qui se retrouvent en zone 2 a été effectuée. Une méthodologie est présentement en cours d'élaboration auprès d'une firme externe afin de permettre une vérification radiologique plus efficace par les travailleurs [47].

Cette même méthodologie permettra la poursuite du projet de disposition du matériel à l'entrepôt éloigné, cet entrepôt comprend une zone magasin (avec 2 garages) qui contient plus de 5 000 articles. Un rassemblement des articles à conserver est en cours.

Une mise à jour de l'inventaire du matériel a également été effectuée pour les bâtiments en zone 1 dont le BAST, le B/A ainsi que le magasin en zone 1 [47].

Le magasin en zone 1 contient plus de 15 000 articles, un rassemblement des articles à être conservés pour le long terme est en cours. L'espace libéré par les articles permettra de procéder au projet de relocalisation de l'entrée en zone 2 (référence section 13.2.12).

Les activités de disposition des inventaires des installations se conforment à la Directive 19 [48] qui encadre le traitement des biens meubles excédentaires d'Hydro-Québec et à la stratégie de valorisation et de dispositions des équipements des Installations de Gentilly-2 qui comprend le cheminement suivant :

1. Proposition du matériel aux diverses unités internes ;
2. Disposition du matériel selon les divers contrats cadres existants ;
3. Vente auprès d'acheteurs externes, si présence d'intérêt ;
4. Disposition auprès d'un encanteur ;
5. Envoie au surplus ou mise en rebut si la revalorisation n'est pas possible.

13.2.8 Modification du système de détection et de protection incendie

Les équipements du système de détection incendie qui ne sont plus requis dans la configuration actuelle des bâtiments seront retirés afin de respecter l'étude de gestion des risques effectuée lors de l'évaluation du risque incendie des installations de Gentilly-2 de 2020 [49]. Une fois le retrait effectué, les équipements installés dans les bâtiments réacteur, services et turbine restants seront remplacés par une nouvelle technologie. Pour ce qui est des équipements dans les autres bâtiments, leur remplacement sera analysé selon l'échéancier de démantèlement des bâtiments.

La protection incendie sera adaptée dans les locaux selon les risques et l'utilisation documentés dans l'ÉRI.

13.2.9 Évaluation de la station de pompage et de l'approvisionnement en eau d'incendie

Hydro-Québec évaluera les options possibles d'approvisionnement en eau d'incendie du site pour les 40 prochaines années (combinaison de pompe, d'utilisation d'étang, appoint d'eau, maintien et remise à niveau de la présente station de pompage). Ce projet intégrera également l'évaluation de la corrosion microbienne dans les circuits d'eau brutes afin d'apporter des pistes de solutions. En 2024, Hydro-Québec a éliminé l'option de se raccorder aux installations en eau d'incendie de la Société du Parc Industriel et Portuaire de Bécancour (SPIPB) [50].

13.2.10 Mise en retrait du système d'air d'instrument

Des modifications sont requises à différents systèmes, structures et composants (SSC) afin de les rendre indépendants du système d'air d'instrumentation. Les SSC suivants sont visés :

- Effluents liquides (79210) ;
- Mesure de niveau du fleuve ;
- Mesure de différence de pression aux tamis roulants.

La demande d'ingénierie est émise. Les modifications sont requises préalablement à la mise en retrait du système d'air d'instrument. L'ingénierie est prévue être complété en 2025.

13.2.11 Mise en retrait du système d'eau brute d'alimentation

Des modifications sont requises à différents SSC afin de les rendre indépendants du système d'eau brute d'alimentation (EBA). Les SSC suivants sont visés :

- Pompes de lavage des tamis ;
- Pompes de maintien de pression d'eau incendie.

La demande d'ingénierie est émise. Les modifications sont requises préalablement à la mise en retrait du système EBA. L'ingénierie est prévue être complété en 2025.

13.2.12 Reconfigurations et autres modifications

D'autres modifications seront requises afin de mettre hors services des portions de circuit non-requis notamment, la ventilation, l'eau domestique et l'eau d'incendie.

En vue de la démolition du B/A, l'actuel entrée zone 2 située à la passerelle doit être relocalisée au magasin en zone 1 qui servira d'aire de bureau, de repas et d'accueil pour le personnel d'Hydro-Québec et ses fournisseurs externes. Ce projet comprendra également la reconfiguration de la ventilation, dont le remplacement du moniteur d'effluent gazeux [51, 52], ainsi qu'une reconfiguration d'une entrée en zone 3 au S2-119.

13.2.13 Étang aéré et gestion des eaux sanitaires

Hydro-Québec a procédé en 2024 à une évaluation de l'état de ses installations de traitement des eaux usées sanitaires générées par les installations de Gentilly-2 ainsi que de la centrale de Bécancour avec le support d'une firme externe. L'objectif étant d'optimiser la stratégie de gestion des eaux sanitaires et d'en simplifier la maintenance et la surveillance. Le scénario préconisé s'avère être le raccordement au système d'égout sanitaire de la SPIPB. Les démarches sont en cours auprès de la SPIPB afin d'obtenir leur autorisation, s'en suivra la poursuite du projet dont l'établissement du meilleur tracé, la caractérisation des sols et l'ingénierie détaillée.

13.2.14 Transfert du combustible irradié vers le dépôt géologique profond de la SGDN

La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) a pour mandat d'élaborer et de mettre en œuvre une méthode de gestion à long terme du combustible irradié canadien qui soit socialement acceptable, techniquement sûre, écologiquement responsable et économiquement viable.

Vers la fin de la phase de stockage sous surveillance, à l'horizon 2050, débutera le transfert du combustible irradié vers le dépôt géologique profond canadien de la SGDN. Le transfert est prévu sur un période de 5

ans, soit jusqu'à l'horizon 2054. Plus de détails sur la SGDN et les coûts associés sont présentés à l'annexe C. Les détails précis concernant cette activité seront transmis à la CCSN préalablement au transfert.

14 ACTIVITÉS DE DÉMANTÈLEMENT

14.1 Démantèlement du BIP et de l'UTE

Deux bâtiments non-reliés à la production électronucléaire ont fait l'objet d'un PDD, soit le bâtiment d'inspection périodique (BIP) et l'usine de traitement d'eau (UTE). À la suite de la caractérisation de ces bâtiments, le plan de déclassement détaillé a été transmis à la CCSN en mai 2024 [3]. La démolition de ces bâtiments est prévu en 2025.

14.2 Avant-projet

En 2024, Hydro-Québec a décidé de procéder avec un avant-projet pour la démolition de plusieurs bâtiments. Les bâtiments et structures visés qui présentent un faible risque de contamination radiologique sont les suivants :

Tableau 10: Bâtiments à démanteler pendant la phase de stockage sous surveillance

Bâtiment / Structure	Zone radiologique
Usine de traitement de l'eau	2
Bâtiment d'inspection périodique	2
Bâtiment administratif des services techniques	1,2
Bâtiment administratif et passerelle	1
Centre de récupération des matières contaminées	2, 3
Bâtiment de l'eau de service recirculée	2
Plateforme des graisses et gaz	2
Station de pompage G1	1
Entrepôt éloigné	2, 3
Bâtiment turbine	2
Réservoir d'eau déminéralisée	2
Conduites aériennes de vapeur	2
Bâtiment du refroidissement d'urgence du cœur	2

L'avant-projet, s'échelonnant sur une période de 2 ans vise les activités suivantes :

- Caractérisation préliminaire des bâtiments et structures énumérés (2025-2026) ;
- Identification et réalisation des prérequis à la démolition du BAST, du B/A et de la passerelle (2025-2026) ;
- Caractérisation détaillée et plan de démantèlement du BAST, du B/A et de la passerelle (2026) ;
- Proposition d'affaires pour le démantèlement du BAST, du B/A et de la passerelle (août 2026).

Par la suite, les étapes de la stratégie pour l'exécution du projet seront les suivantes:

- Caractérisation (conventionnelle et radiologique) des bâtiments ciblés pour identifier les risques potentiels;
- Décontamination radiologique et conventionnel, si requis, avant la mobilisation des entrepreneurs;
- Démolition du premier lot de bâtiments (BAST, BA et passerelle) ;
- Intégration des retours d'expérience tout au long du projet ;
- Redémarrage séquentiel d'un avant-projet pour les bâtiments suivants.

Tel qu'illustré à la figure 11 du PDD, Hydro-Québec souhaite compléter la démolition des bâtiments listés d'ici 2036.

14.3 Description des bâtiments et structures visés

14.3.1 Bâtiment d'inspection périodique

Le bâtiment d'inspection périodique, le BIP, a été érigé en place en 1982 (référence figure 2 – bâtiment #12). La structure a été récupérée d'une construction du site de G1. Le bâtiment principal du BIP est relié au bâtiment turbine (B/T) par un corridor. Le bâtiment se divise en espace de bureaux et en différents ateliers reliés aux tests d'inspection périodique. [53]

14.3.2 Usine de traitement d'eau

Originalement conçu comme une partie de l'usine de traitement d'eau (UTE) en 1971 n'ayant jamais été complétée, la première portion de structure du bâtiment UTE érigée initialement a été aménagée en entrepôt en 1997 (référence figure 2 – bâtiment #24). Une section était alors dédiée à l'entreposage du magasin et l'autre aux travaux civils.

La portion de tunnel souterrain construite à l'origine a été condamnée autour de 2010 lors de la construction du site IGDRS.

Divers vestiges de fondations de bâtiments et de réservoirs de dilution n'ayant jamais été construits sont toujours présents enfouis sur le site à l'ouest du bâtiment UTE. Certains réservoirs ont été conservés en place mais une majeure partie a été démolie lors de la construction des installations de l'IGDRS de 2007 à 2010 [54].

14.3.3 Station de pompage G1

Le bâtiment, construit en 1968, jouait le rôle de station de pompage pour la centrale de Gentilly-1 (référence figure 2 – bâtiment #23). Après l'arrêt des activités de G1, le bâtiment a été désaffecté. En 1991, les ouvertures du plancher ont été fermées avec des dalles de béton. Une porte de garage a été ajoutée afin de faciliter les activités d'entreposage. Le bâtiment sert à ce jour d'entrepôt et d'atelier et localisé en zone 1, toutefois le mur nord est considéré comme séparation interzone délimitant le chemin d'accès au site IGDRS classé zone 2 [55].

14.3.4 Réservoirs d'eau déminéralisée

Le réseau d'eau déminéralisée est alimenté par l'usine d'eau déminéralisée qui comprend 2 réservoirs d'accumulation extérieurs, des systèmes de pompages, un réservoir d'eau chaude et incluant divers accessoires (référence figure 2 – bâtiment #14) [56].

14.3.5 Bâtiment l'eau de service recirculée

La construction du bâtiment de l'eau de service recirculée (ESR) a été réalisée au début des années 80 (référence figure 2 – bâtiment #6). Le bâtiment de l'ESR, allant d'un (1) à deux (2) étages, présente un plan irrégulier. Revêtu de panneaux de tôle brune, les façades quasi-aveugles sont assises sur une fondation de béton crépi. L'immeuble est accessible par six (6) portes de garage de type sectionnel ou à battants, ainsi que des portes simples en acier. À l'intérieur, le bâtiment de l'ESR est un vaste espace ouvert comportant des équipements d'envergure, dont des échangeurs de chaleur et des pompes. Le bâtiment est actuel désaffecté et les équipements s'y trouvant ont été mis en retrait. [57]

14.3.6 Bâtiment administratif des services techniques

Le BAST est un bâtiment de 6 étages, il est localisé dans la zone radiologique 1 des installations de Gentilly-2 (référence figure 2 – bâtiment #21). Il s'agit de l'ancien bâtiment des services de l'installation de Gentilly-1 et a été cédé à Hydro-Québec à la fin de son exploitation. Le BAST a été converti en bâtiment administratif. On y retrouve notamment des espaces à bureaux, des locaux de formation, une cafétéria, une salle d'irradiation qui était auparavant l'ancienne piscine de combustible de Gentilly-1, des petits ateliers, des centres de documentation ainsi qu'un laboratoire. Le laboratoire est composé d'environ 4 salles de niveau élémentaire pour l'utilisation de sources non scellées. Un local dans le laboratoire, le BAST 115/N, est une zone radiologique 2. Il s'agit du local où se déroule les activités de préparation des échantillons potentiellement plus contaminés radiologiquement. Les locaux sont toujours en cours d'utilisation par le personnel de G2 et de G1 [58].

14.3.7 Bâtiment administratif

Le bâtiment administratif (B/A) comprend le bâtiment administratif G1, le bâtiment administratif G2 ainsi que la passerelle (référence figure 2 – bâtiment #20). La construction du bâtiment administratif G1 remonte à 1967; il ne comportait initialement qu'un sous-sol et 2 étages, le 3^e étage fut ajouté en 1990. Le bâtiment administratif G2 s'est juxtaposé au B/A G1 en 1976. Il comprend le sous-sol et 7 étages incluant l'appentis mécanique au toit. La construction comprenait également la passerelle au second niveau permettant le passage vers le Bâtiment de services (B/S) et le contrôle interzone. [59]

14.3.8 Centre de récupération des matières contaminées

Le Centre de récupération des matières contaminées (CRMC) a été réalisé en deux phases (référence figure 2 – bâtiment #13). La première section soit l'entrepôt des produits chimiques usés a été réalisée en 1989. Par la suite, le centre de récupération des matières dangereuses a été annexé au bâtiment en 2000. Ultérieurement, une construction a également été réalisée dans l'espace entre le bâtiment turbine B/T et le CRMC pour des fins d'entreposage. [60]

14.3.9 Bâtiment du refroidissement d'urgence du cœur

Le bâtiment de refroidissement d'urgence du cœur a été construit vers 1982, peu après le bâtiment turbine, auquel il est annexé (référence figure 2 – bâtiment #11). Le bâtiment comprend un étage à partir du niveau 3'-6"en sous-sol et s'élève jusqu'au niveau 52'-0" afin d'abriter trois réservoirs pour le système d'injection d'urgence. Le rez-de-chaussée (niveau 23'-6") comprend une mezzanine avec deux escaliers permettant d'accéder au niveau inférieur à chaque extrémité du bâtiment.

Des passerelles ont été ajoutées en 1999 sur la façade est du bâtiment turbine pour permettre l'installation des panneaux anti-déflagration. Ces passerelles sont suspendues à quelques centimètres au-dessus de la toiture du RUC où deux escaliers ont été ajoutés pour y accéder. Le remplacement des cheminées d'évacuation de vapeur par des silencieux installés sur le toit a été réalisé en 2009. [61]

14.3.10 Plate-forme des graisses et gaz

La plate-forme des graisses et des gaz comporte deux bâtiments non isolés portant l'appellation « Abri des bonbonnes ». L'abri S-01 sert à l'entreposage de bonbonnes d'hydrogène et l'abri S-02 sert quant à lui à l'entreposage de l'air comprimé et de l'oxygène. Un système de ventilation gravitaire a été installé en 2004 dans l'abri S-01. [62]

14.3.11 Bâtiment Turbine

La construction du bâtiment turbine a été entamée à la fin des années 1970 (référence figure 2 – bâtiment #10). En 1981, en cours de construction, un étage a été ajouté au niveau 80'-5", soit au-dessus de la salle des redresseurs pour accueillir la salle des onduleurs et des salles de batteries adjacentes. En 1988, un abri

a été ajouté à l'extrémité sud-est du bâtiment près du CRMC. Vers 2004, certaines sections du bâtiment ont fait l'objet d'un renforcement en prévention d'une éventuelle rupture de conduite du côté secondaire (RCCS). Des panneaux de déflagration et des passerelles ont également été ajoutés dans le mur extérieur sur la façade Est. [63]

14.3.12 Conduites des vapeurs principales

Des conduites de vapeur fixées à la jupe de béton et composés d'une structure de bois isolée et revêtus de tôle ondulée sont présentes au pourtour du bâtiment réacteur (référence figure 2 – bâtiment #7). [64]

14.3.13 Entrepôt éloigné

La construction de l'Entrepôt éloigné a été entamée vers 1990 (référence figure 2 – bâtiment #1). Une annexe a été ajoutée du côté ouest du bâtiment en 2005. Le bâtiment est composé d'une structure d'acier avec revêtement extérieur isolé en acier. La dalle de plancher est en béton et les cloisons intérieures en blocs de béton. Le bâtiment comporte des mezzanines en acier et en bois. En 2000, des modifications ont été apportées aux portes intérieures des quatre locaux de produits chimiques afin de permettre l'installation de nouvelles portes à enroulement. [65]

14.4 Description des lots de travail

Plus spécifiquement, l'avant-projet qui débute pour le BAST, B/A et la passerelle permettra d'identifier tous les services présents et les activités réalisés à l'intérieur de ces bâtiments et d'établir les stratégies d'isolation et de reconfiguration nécessaire. Autre que pour le BIP et l'UTE, les stratégies d'isolations et de reconfigurations n'ont pas été complétées, voici quelques exemples d'activités qui seront à réaliser :

- Isolation de l'air comprimé ;
- Retrait du réfrigérant des unités de climatisation ;
- Isolation des systèmes de détection incendie ;
- Isolation de l'alimentation électrique et sectionnement des câbles d'alimentation ;
- Isolation de l'eau domestique ;
- Isolation de l'eau d'incendie ;
- Fermeture des puisards pluviaux afin d'éviter la chute de débris de démolition;
- Remplissage des conduites de drainage ;
- Reconfiguration du réseau d'eau sanitaire ou isolation, si nécessaire ;
- Déprogrammation des systèmes téléphoniques.

Outre la caractérisation radiologique et conventionnelle du BAST, B/A et de la passerelle, l'avant-projet vise aussi la caractérisation préliminaire des autres bâtiments visés par le devancement des démolitions afin de préparer une éventuelle décontamination.

14.5 Démolition de la structure

Les bâtiments énumérés à la section 14.3 sont tous très différents, préalablement à leur démolition la stratégie de démolition envisagée sera déterminée en tenant compte des contraintes concernant les services et systèmes environnants qui devront demeurer actifs sur le site.

Hydro-Québec s'assurera que toute présence de contamination détectée sera enregistrée, retirée ou disposée selon les procédures en vigueur.

Pour les premiers bâtiments, il est prévu que les techniques de démolition classiques soient utilisées pour les structures hors sols. Les débris de béton et les remblais propres résultants des activités de démolition seront réutilisés pour combler les vides et les excavations lorsque possible. Des matériaux appropriés

pourront être utilisés pour le remblayage. Les surfaces demeurant en place devront s'assurer d'être stables, sécuritaires et bien drainées en vue de permettre de l'entreposage sans limitation de charge ou poids pour les besoins futurs et les aires de travail nécessaires (présence de grue, transport lourd, camion, aire de triage de déchets, conteneur, etc.) pour les démolitions de bâtiments à compléter lors de la phase 3 du déclassement.

14.6 Documentation à fournir à la CCSN préalablement au démantèlement d'un bâtiment

Le présent PDD couvre le site complet des installations de Gentilly-2 et contient l'information et les activités génériques pour l'ensemble du site, préalablement au démantèlement d'un bâtiment ou d'un groupe de bâtiments cités à la section 14.3, un PDD sera déposé au personnel de la CCSN pour autorisation, une fois la stratégie étant suffisamment détaillée. Ces PDD référeront aux sections du PDD global du site pour l'information générique.

Le REGDOC 2.11.2 stipule qu'une analyse de sûreté doit être soumise pour le déclassement. L'actuel rapport de sûreté traite des risques pour la phase de stockage sous surveillance et les activités en cours. La révision du rapport de sûreté est requise à toutes les 5 ans, lors de la prochaine révision prévue en 2026, les risques associés aux activités qui seront réalisées pour la prochaine période seront évaluées.

Hydro-Québec maintiendra également à jour son évaluation de risques environnementaux en fonction des activités de démantèlement.

15 SYSTÈME DE GESTION QUALITÉ DES INSTALLATIONS DE GENTILLY-2

15.1 Système de gestion de la Qualité

Une mise à jour des encadrements du système de gestion qualité est en cours, et est prévu être entièrement complété au 2^e semestre de 2025. Cette mise à jour a été nécessaire afin de refléter l'évolution de l'organisation et les activités qui seront réalisés lors de la phase de stockage sous surveillance. Les prochaines sections présentent une description sommaire des principaux programmes. Le système réfère, le cas échéant, aux processus et procédures corporatifs d'Hydro-Québec. Dépendamment de l'évolution des activités de déclassement et de l'organisation, Hydro-Québec effectuera la mise à jour de son Système de gestion de la Qualité, lorsque requis.

15.2 Manuel de gestion de la qualité

La structure documentaire demeurera essentiellement identique à celle décrite dans le Manuel de gestion qualité (MGQ) qui se veut le document de tête et lequel est conforme aux exigences de la norme CSA N286 « Exigences relatives au système de gestion des installations nucléaires » édition 2012.

Une fois révisés, les nouveaux encadrements de la structure documentaire seront transmis au personnel de la CCSN.

Les sections suivantes présentent un résumé des principaux programmes.

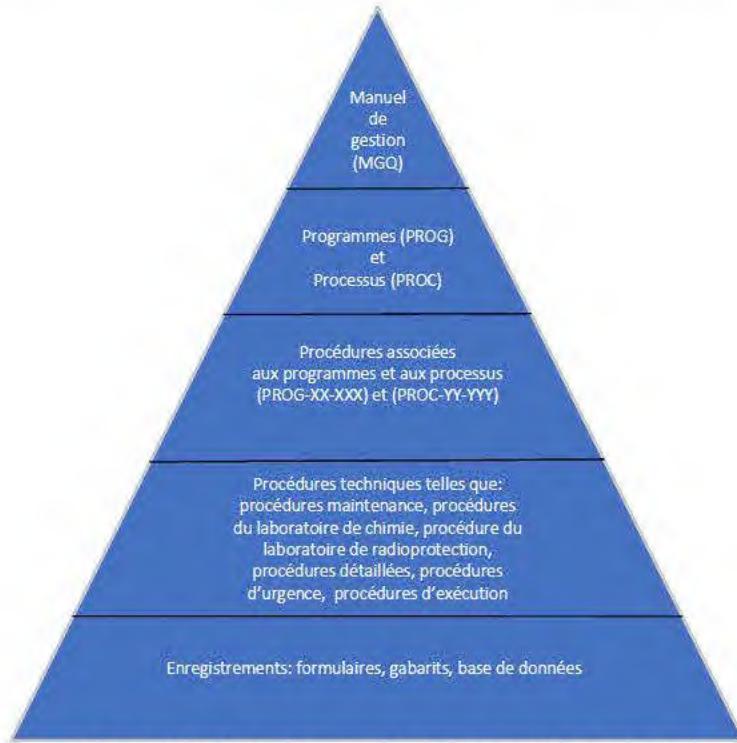


Figure 18: Structure du système de gestion qualité

15.3 Programme de radioprotection (PROG-160)

Le but du programme de radioprotection est de protéger la santé des employés et du public ainsi que l'environnement contre les effets possibles du rayonnement ionisant provenant des activités des installations de Gentilly-2. L'objectif de ce programme sera atteint par l'exécution des activités qui suivent :

- Formation du personnel;
- Maîtrise des pratiques de travail;
- Mesure et suivi des risques radiologiques;
- Contrôle de la contamination;
- Contrôle de l'exposition aux rayonnements;
- Retour d'expérience de l'industrie nucléaire;
- Analyse de la tendance de différents indicateurs
- Préparation aux situations inhabituelles.

Le programme de radioprotection est en cours de révision afin d'y intégrer les exigences du REGDOC 2.7.1 Radioprotection de la CCSN et de l'adapter aux activités actuelles des installations. Les activités se limitent principalement à des rondes de surveillance et des activités de maintenance. Lorsque la mise en retrait des piscines sera complétée en 2025, les activités à risque radiologiques seront très limitées.

Le démantèlement des bâtiments et de certaines structures nécessitera des caractérisations radiologiques afin d'assurer que l'on dispose des déchets dans la filière de disposition appropriée. Certains barils contenant des matières contaminées et tritierées, nécessitant un traitement particulier, seront entreposés dans le bâtiment réacteur jusqu'à ce qu'une solution soit élaborée pour leur disposition. Une surveillance atmosphérique du tritium de la salle d'entreposage sera effectuée et un système de rétention sera mis en place en cas de fuite. Un moniteur tritium y sera installé et HQ s'assurera qu'un système de rétention en cas de fuite soit disponible ou mis en place. Les rondes de surveillance seront adaptées en fonction de ces risques et activités.

Hydro-Québec procédera à la caractérisation radiologique des bâtiments ciblés en fonction de la stratégie élaborée (section 14.2). Parallèlement, aucun dézonage radiologique, tel qu'effectué au poste de sectionnement, n'est prévu au cours de la présente période de cinq ans.

La majorité des activités de laboratoires seront transférées au laboratoire situé à Trois-Rivières. Les deux laboratoires situés dans les bâtiments à l'intérieur de la zone protégées seront fermés. Il est envisagé que certaines analyses soient réalisées au bâtiment de radioécologie.

Hydro-Québec maintiendra la qualification du Responsable technique de radioprotection (RTR). La nécessité de maintenir la qualification RTR sera évaluée avec le personnel de la CCSN dans les prochaines années.

Finalement, les activités liées à la dosimétrie du personnel se poursuivront avec des fournisseurs de services externes. Hydro-Québec continuera de gérer les doses selon le principe ALARA « As Low as Reasonably Achievable ».

15.4 Protection de l'environnement (PROG-140)

Ce programme a pour but d'assurer que des dispositions adéquates soient prises pour protéger l'environnement et ainsi minimiser les risques et les impacts environnementaux associés aux activités d'exploitation et de déclassement des installations de Gentilly-2.

L'actuel programme de protection de l'environnement de Gentilly-2 est conforme aux exigences du document d'application de la réglementation REGDOC-2.9.1 (1.1) Protection de l'environnement : Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement, ainsi qu'aux principes généraux de la norme ISO 14001:2015 Systèmes de management environnemental – Exigences et lignes directrices pour son utilisation.

Également, Hydro-Québec maintiendra ses deux plans de surveillance radiologique et physico-chimique de l'environnement, ainsi que la surveillance des effluents liquides et gazeux. Ces plans seront adaptés au gré des changements documentés des risques environnementaux. D'ailleurs, l'actuel plan de surveillance radiologique de l'environnement fut modifié en juillet 2022, à la suite des conclusions d'une évaluation des risques environnementaux (ÉRE) aux installations de Gentilly-2 partagée à la CCSN en mai 2022, elle-même conforme au document d'application de la réglementation REGDOC 2.9.1 édition 1.1.

Finalement, Hydro-Québec continue d'informer le personnel de la CCSN et le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) des résultats et de l'évolution des modalités de surveillance environnementale par le biais de la transmission de rapports semestriels et annuels de surveillance de l'environnement.

15.5 Programme de gestion des déchets (PROG-150)

Le programme de gestion des déchets est conforme aux exigences du REGDOC 2.11.1 Gestion des déchets, tome I : Gestion des déchets radioactifs et des normes CSA de la série N292 pertinentes.

Les activités réalisées aux installations de Gentilly-2 sont axées sur le principe de minimisation de la production de déchets radioactifs et leur valorisation, lorsque possible. Les activités reliées à la gestion des déchets radioactifs et du combustible nucléaire irradié sont exécutées dans le respect des exigences du Programme de radioprotection (PROG-160).

15.5.1 Déchets contenant des substances nucléaires

L'installation de gestion de déchets radioactifs solides (IGDRS), l'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) et l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR) sont les installations autorisées pour l'entreposage des déchets radioactifs solides et du combustible irradié des Installations de Gentilly-2. Il s'agit d'installations de stockage à moyen terme. Il est prévu d'y entreposer les déchets radioactifs de faible et moyenne activités, ainsi que le combustible irradié, durant toute la période de stockage sous surveillance et ce, conformément au rapport de sûreté et à la ligne de conduite pour l'exploitation des installations de déchets [7] [66].

Tous les déchets de faible activité ont été retiré de l'ASDR. Pour les déchets de moyenne activité encore présents dans ces installations, les filtres usagés des systèmes nucléaires, un projet est en cours afin d'assurer le transfert sécuritaire vers l'IGDRS (section 13.2.6). L'ASDR sera ensuite mise en retrait, mais il n'est pas prévu de la démanteler avant 2057. Aucun transfert de déchets ne se fera vers cette installation de stockage, tous les déchets sont maintenant entreposés à l'IGDRS.

Le combustible irradié est à la fois entreposé à l'ASSCI (modules CANSTOR 1 à 9) et à l'IGDRS (modules CANSTOR 10 et 11) jusqu'à ce que le site de la Société de gestion des déchets nucléaires canadiens soit prêt à l'accueillir à l'horizon 2050 (section 13.2.14).

Chaque projet devra prévoir les volumes de déchets radioactifs produits, les méthodes d'emballage et la disposition dans les installations de stockage de déchets. Dans le cadre des projets, le principe de minimisation des déchets radioactifs sera une priorité.

15.5.2 Déchets libérés du contrôle radiologique

Lorsque les critères de libération réglementés démontrent que les déchets peuvent être libérés du contrôle radiologique, ils sont gérés selon les procédures et directives corporatives d'Hydro-Québec conformes aux exigences réglementaires fédérales et provinciales. La disposition finale se fait à l'extérieur du site selon le type de déchets. Les substances dangereuses sont expédiées au centre de récupération de matières dangereuses (CRMD) d'Hydro-Québec ou à des récupérateurs autorisés. Les autres déchets sont expédiés à des sites d'enfouissement autorisés et les matières résiduelles à des récupérateurs.

Chaque projet devra prévoir la gestion des déchets conventionnels qu'il produit.

15.5.3 Stratégie de gestion des déchets

Hydro-Québec a produit une stratégie de gestion des déchets adaptée au contexte de déclassement et qui s'applique à la prochaine période d'autorisation [67]. À partir des informations disponibles, les quantités de déchets conventionnels et radioactifs ont été estimés, et les filières de disposition possibles ont été documentées.

Comme il fut déterminé que la SGDN soit aussi maintenant l'unique responsable de la gestion des déchets radioactifs de moyenne activité pour l'ensemble des producteurs de déchets au Canada, en plus de la gestion du combustible nucléaire irradié, Hydro-Québec continue son active collaboration avec les autres titulaires de permis, qui sont aussi générateurs de déchets radioactifs, pour identifier et adopter une solution viable à long terme, et ce spécifiquement les déchets de faible activité. Cette collaboration se fait actuellement par l'entremise du regroupement COG, où siègent les producteurs de déchets, dont Hydro-Québec.

15.6 Programme des mesures d'urgence et de protection incendie

15.6.1 Plan des mesures d'urgence (PROG-200)

Le plan des mesures d'urgence est en cours de révision afin de l'adapter aux risques résiduels aux installations de Gentilly-2 et à l'organisation. Les premières actions à la suite d'un événement sont lancées par des agents de sécurité nucléaire. Le personnel requis est par la suite rappelé au travail via le processus de rappel en vigueur.

Les risques suivants sont couverts :

- Blessé (contaminé ou non);
- Incendie;
- Déversement chimique;
- Accident radiologique à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone protégée;
- Fuite de chlore; et
- Atteinte aux infrastructures.

15.6.2 Incendie (PROG-190)

Hydro-Québec maintient son entente avec le Service de sécurité incendie de la ville de Bécancour [68] et prévoit son renouvellement en décembre 2025. Les modalités de formation, de visites et d'exercices sont maintenus.

Hydro-Québec maintient son programme de protection incendie conformément aux exigences associées au déclassement d'une centrale nucléaire, notamment à la section 9.3 Mise sous sarcophage de la norme CSA N293-12 Protection contre l'incendie dans les centrales nucléaires, édition 2012 [69].

Le personnel de la CCSN a signifié son intention en juin 2023 qu'Hydro-Québec se conforme à l'édition CSA N293-23 Protection contre l'incendie dans les centrales nucléaires [70]. Hydro-Québec effectuera les démarches nécessaires afin que le Programme de protection incendie (PROG-190) [71] réponde aux exigences de cette norme.

15.7 Programme de gestion de la performance (PROG-220)

Hydro-Québec maintient un programme de gestion de la performance humaine [72], une révision complète du programme est en cours afin de le rendre conforme au REGDOC-2.2-1 Gestion de la performance humaine, version 2.

15.7.1 Performance humaine

L'intégration des bonnes pratiques en performance humaine demeureront au cœur des priorités des activités réalisées aux installations de Gentilly-2.

Le programme d'actions correctives est maintenu ainsi que l'application informatisée des RCA (rapport pour correctifs ou amélioration). Les événements sont rapportés et analysés en fonction de leurs impacts. Les activités pour le retour d'expérience, tant interne qu'externe, sont également maintenues. Les audits et inspections au sein de l'organisation et auprès des fournisseurs d'Hydro-Québec sont maintenus. Hydro-Québec continue également à promouvoir la culture de sûreté dans ses documents de gouvernance et à en effectuer la surveillance.

15.7.2 Formation du personnel

Hydro-Québec maintient son processus de formation qui est adapté à l'état actuelle des installations, dans le but d'assurer d'avoir du personnel formé, qualifié et compétent pour s'acquitter des tâches associées à leur catégorie d'emploi. Ce processus sera revu au besoin en fonction de l'évolution de l'état des installations.

15.7.3 Accréditation du personnel

Tel que souligné à la section 15.3, Hydro-Québec évaluera avec le personnel de la CCSN le maintien de l'accréditation du Responsable technique de radioprotection (RTR). D'ici cette évaluation complétée, le programme de formation pour le poste de responsable technique en radioprotection sera révisé et se conformera au REGDOC-2.2.3 Accréditation du personnel, tome III : Accréditation des personnes qui travaillent dans des installations dotées de réacteurs, version 2, édition 2023.

15.7.4 Aptitude au travail

Le volet aptitude au travail concernant la gestion de la fatigue des travailleurs, ainsi que de la consommation d'alcool et de drogues sera maintenu pour le personnel qui exécutent des tâches pouvant poser un risque pour la sûreté et la sécurité nucléaire, et ce, conformément aux REGDOC en vigueur.

Le programme de la sécurité des installations de Gentilly-2 maintiendra sa conformité aux exigences réglementaires concernant les aptitudes psychologiques, médicales et physiques des agents de sécurité nucléaire (ASN).

15.8 Programme de sécurité (PROG-180)

Un projet est en cours afin de reconfigurer le périmètre protégé. Les discussions sont en cours avec le personnel de la CCSN pour ce qui est des modalités de surveillance du site, une fois ce nouveau périmètre mis en service.

Pour le moment, le programme de sécurité à l'état cœur déchargé est en application [73].

Le protocole d'entente avec la Sûreté du Québec a été renouvelé en 2023.

15.9 Programme de soutien technique (PROG-120)

Le programme de soutien technique vise à s'assurer que les SSC sont aptes à exécuter leur fonction réglementaire. Il inclut les activités de modifications, de mise en service et la maintenance corrective et préventive des SSC de l'installation nucléaire et de l'installation de gestion des déchets. Les principales activités reliées à ce programme sont :

- Élaborer et réviser le programme d'entretien des SSC (incluant le PGV);
- Fournir les consignes pour les manœuvres des SSC;
- Élaborer et suivre les lignes de conduite pour l'exploitation;
- Émettre les avis de sûreté et maintenir à jour l'analyse de sûreté;
- Suivre l'état des SSC;
- Traiter et planter les demandes d'ingénierie;
- Réaliser les changements de configuration temporaire; et
- Superviser le site.

Hydro-Québec maintient deux (2) lignes de conduite pour l'exploitation, une spécifique à l'installation nucléaire et l'autre pour les installations de gestion des déchets radioactifs solides. Il est visé les intégrer au cours des prochaines années.

Le rapport de sûreté de l'installation nucléaire transmis au personnel de la CCSN en 2021 fournit une description à jour de l'installation nucléaire, des installations de gestion des déchets radioactifs et du combustible irradié, et traite des risques pour la phase de stockage sous surveillance et les activités en cours, conformément aux exigences du document d'application de la réglementation REGDOC-3.1.1 Exigences relatives à la production de rapport [7].

Un bilan périodique des SSC requis est réalisé afin de s'assurer qu'ils répondent aux critères de performance.

Un système de surveillance et le processus de rappel au site permettent la supervision des principaux paramètres importants et le rappel de travailleurs lors d'une alarme critique ou d'un événement.

15.10 Programme de santé et sécurité au travail (PROG-170)

À Gentilly-2, un programme de prévention en santé et sécurité est mis en œuvre et a pour but d'éliminer à la source les dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs. Il s'applique à tous les dangers conventionnels pouvant être rencontré sur le site des installations de Gentilly-2, et ce, en s'appuyant sur les dangers et risques définis par la direction principale Santé et sécurité au travail d'Hydro-Québec. Le programme applique les lignes directrices [74] ainsi que les engagements d'Hydro-Québec en ce qui a trait à la santé et la sécurité auprès de tous les employés des installations de Gentilly-2.

ANNEXE B - MISE À JOUR DES ÉTATS FINAUX DES SYSTÈMES

# Stratégie	USI	Système	Directives	Complété 2024
SMERT-21610	21610	Système des SAS	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes : ➤ Les portes du sas principal seront laissées ouvertes et les garnitures dégonflées ➤ Les portes d'aluminium sont installées au sas principal ➤ Les portes du sas d'urgence seront laissées ouvertes et les garnitures dégonflées ➤ Une porte standard est installée au lieu de la porte extérieure du sas d'urgence	oui
SMERT-21620	21620	Portes des salles d'entretien	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-21630	21630	Portes des salles M/C(R2-001)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-31730	31730	Barres d'arrêt (BA)	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante : ➤ Barres laissées en cœur et descendues	oui
SMERT-32000	32110	Circuit principal du modérateur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
	32210	Circuit de purification modérateur:		
	32220	Deutérisation et dédeutérisation du modérateur		
	32310	Circuit du gaz de couverture modérateur		
	32510	Circuit de recueil de l'eau lourde modérateur		
	32610	Circuit d'échantillonage de D2O modérateur		
	32710	Circuit d'addition de poison soluble dans le modérateur		
SMERT-33000	33100	Circuit principal caloporteur	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes : ➤ L'eau lourde des collecteurs et des canaux de combustible sera drainée par les M/C. ➤ Les circuits et composants ne seront pas rinçés. ➤ Les circuits et composants principaux seront séchés par système sous vide(VDS).	oui
	33110	Générateur de vapeur		
	33120	Pompes principales du caloporteur		
	33310	Contrôle d'inventaire caloporteur		
	33320	Contrôle de pression caloporteur		
	33330	Stockage, transfert et récup. calo.		
	33340	Circuit d'injection aux garnitures		
	33350	Purification caloporteur		
	33360	Deut/ Dedeut caloporteur		
	33370	Circuit des autoclaves		
	33410	Refroidisseurs en temps d'arrêt		
	33530	Addition d'azote		
	33540	Addition d'hydrogène		
	33710	Échantillonnage caloporteur		
	33810	Recueil de D2O caloporteur		
SMERT-34110	34110	Refroidissement des bouliers	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-34310	34310	Circuit d'arrosage	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-34320	34320	Refroidissement d'urgence du cœur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-34410	34410	Refroid. et purif. des piscines	Les directives générales seulement s'appliquent.	non
SMERT-34510	34510	Transfert des résines	Les directives générales seulement s'appliquent.	non
SMERT-34610	34610	Alimentation d'eau d'urgence (SEU)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-34710	34710	Arrêt du réacteur par inj. de poison	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-34810	34810	Contrôle zonal par barrières liquides	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-34980	34980	Gaz annulaire	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-35000	35210	Têtes et ringards de la M/C	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes: ➤ Tous les équipements reliés aux piscines seront maintenus en fonction jusqu'à la fin du transport du combustible usé dans les modules CANSTOR	oui
	35220	Ponts de la M/C / fasserie dans l'aire du réacteur et chariot	➤ Les têtes seront drainées et laissées dans les voûtes	
	35230	Circuits de D2O de la M/C		
	35240	Circuits hydrauliques à l'huile M/C		
	35250	Circuit auxiliaire d'air M/C		
	35260	Circuit d'alimentation en D2O M/C		
	35300	Transfert et stockage du comb. Usé (sauf 35363 et 35370)		
	35600	Entretien et service M/C		
	35610	Postes d'essais M/C		
	35730	Caténaires M/C		
SMERT-36000	36100	Alimentation principale de vapeur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
	36200	Contrôle de niveau des GV		
	36310	Circuit de purge des GV		
	36910	Recueil de fuites H2O		
	63614	Régulation de pression des GVs		
SMERT-38110	38110	Alimentation D2O	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-38310	38310	Récupération de vapeur de D2O	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-38410	38410	Épuration de D2O	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-38420	38420	Tours de reconcentration de D2O.	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
	43330	Circuit de vapeur auxiliaire		

# Stratégie	USI	Système	Directives	Complété 2024
SMERT-41000	41100 41120 41130 41150 41230 41240 41500 45210 61111	Turbine et auxiliaires Séparateurs-surchauffeurs Réchauffeurs Vapeur d'étanchéité Refroidissement à l'hydrogène Refroidissement du stator Vireur Purge de vapeur Contrôle de la turbine	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes : ➤ Accouplements de la turbine déboulonnés.	oui
SMERT-41200	41200 41270	Alternateur Mise à la terre du neutre	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-41220	41220 51100	Excitation Circuit à 24 kV (barres blindées)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-41300	41310 41320 41330 41340 41350 43310	Stockage de l'huile Épuration de l'huile (Centrifugeuse) Huile de réglage turbine Huile d'étanchéité de l'alternateur Huile de graissage turbine Circuit de dérivation au condenseur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-42100	42110 42120	Circuit du condenseur principal Système de vide au condenseur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-43000	43110 43120 43130 43140 43210 43220 43230 45100 45400	Circuit de soutirage de vapeur Réchauffeurs d'eau d'alimentation Circuit de vidange des réchauffeurs Circuit de purge des réchauffeurs Circuit des condensats Appoint et rejet des condensats Circuit d'eau d'alimentation Circuit d'échant. du poste d'eau Contrôle chimique du poste d'eau	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante : ➤ Réservoirs et lignes d'addition chimique vidés et rincés	oui
SMERT-51200	51200	Transformateur de l'alternateur	Transféré au propriétaire(Trans-énergie) puis démantelé	non
SMERT-51960	51960	TAG et AMA	Transféré au propriétaire (trans-énergie) Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	non
SMERT-52121	52121	Transformateur TSR S11	Transféré au propriétaire (trans-énergie) Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	non
SMERT-52122	52122	Transformateur TJA S12	Transféré au propriétaire (trans-énergie) Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	non
SMERT-53200	53200	Distrib. de l'alim. à 6,9 kV (Cat.IV et III)	Les directives générales seulement s'appliquent. Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	non
SMERT-53300	53300	Distrib. de l'alim. à 600 V (Cat. IV et III)	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	non
SMERT-53400	53400	Circuit à 120/208 volts pour alimentation et commande	Système maintenu en fonction	n/a
SMERT-53500	53500	Centre d'alimentation à 600V (CCM)	Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins	n/a
SMERT-54600	54600	Groupes électrogènes Diesel Cat III	Système maintenu en fonction Sera remplacé par des alimentations de secours adaptées aux besoins.	n/a
SMERT-54700	54700	Conversion cour. continu -cour. alternatif (ondul. Cat. II)	Système maintenu en fonction Sera remplacé par des alimentations continues adaptées aux besoins.	n/a
SMERT-54900	54900	Groupes électrogènes Cat 0 (AEU)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-55000	55000	Alimentation en courant continu	Système maintenu en fonction Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a
SMERT-56000	56000	Eclairage et appareillage électrique	Système maintenu en fonction.	n/a
SMERT-60200	60200	Communications	Système maintenu en fonction	n/a
SMERT-60260	60260	Télévision en circuit fermé	Sera réduit au fur et à mesure en fonction des besoins	oui
SMERT-60300	60300	Annonciation	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante ➤ Remplacé par un système de moindre envergure adapté au besoin.	
SMERT-60439	60439	Alimentation des RTD à 10 VDC	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-61013	61013	Sismographe	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-61200	61200	Équipement météorologique	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-61310	61310	Détecteur Chlore	Système maintenu en fonction.	n/a
SMERT-61510	61510	Balises Télémétriques	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-61520	61520	SIAD	Les directives seulement générales s'appliquent.	oui
SMERT-62030	62030	Contrôle d'accès	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63102	63102	Moniteurs de la temp. des canaux	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63103	63103	Détection ruptures de gaines DRG	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63105	63105	Localisation rupture de gaine LRG	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63495	63495	Circuit d'analyse des gaz	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui

# Stratégie	USI	Système	Directives	Complété 2024
SMERT-63731	31780 63731	Barres de compensation (BC) Barres de compensation (BC)	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante : ➤ Barres laissées en cœur et descendues.	oui
SMERT-63732	31770 63732	Barres solides (BS) Barres solides(BS)	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante ➤ Barres laissées en cœur et descendues.	oui
SMERT-63740	31790 63740	Chambres d'ionisation (CI) Chambres d'ionisation (RRS)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63750	31740 63750	Détecteur de flux en pile Circuit détecteur de flux en pile	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63760	63760	Instrumentation de démarrage	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63861	63861	Détecteurs de fuites (Beetles)	Système maintenu en fonction. Sera réduit au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a
SMERT-63862	63862	Détection de D2O dans H2O	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-63864	63864	Détection de D2O dans l'air	Système maintenu en fonction. Sera réduit au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a
SMERT-65100	65100	Clic. Principal synchro alternateur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-65120	65120	Protection du poste sect. 230kV (convent.)	Transféré au propriétaire (Trans-Énergie).	n/a
SMERT-65130	65130	Protection de Alternateur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-65140	65140	Protection TransfoAlternateur	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-65150	65150	Protection du poste sect. 230kV (SF6)	Transféré au propriétaire (Trans-Énergie).	n/a
SMERT-65210	65210	Protection des Transfos TSR S11 et TSA S12	Transféré au propriétaire (Trans-énergie). Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	n/a
SMERT-65212	65212	AMA1-AMA2	Transféré au propriétaire (trans-énergie). Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	n/a
SMERT-65320	65320	Transfert 6.9kV	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante : ➤ Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	non
SMERT-66120	66120	Pupitre de commande partie ordinateur pour rechargement	➤ Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-66400	66400	Matériel des ordinateurs de contrôle	➤ Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante ➤ Abandonnés et remplacés par un système plus modeste afin de répondre aux besoins.	oui
SMERT-66500	66500	Logiciels des ordinateurs de contrôle	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-66700	66700	Informatique de production / LCX et Y	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-67147	67147	Détection d'incendie	Système maintenu en fonction. Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a
SMERT-67873	67873	Moniteurs de zone(MAG)	Les directives générales seulement s'appliquent.	non reste 4
SMERT-67874	67874	Moniteurs fixes de la contamination	Moniteurs maintenus en fonction. Seront réduits au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a
SMERT-67878	67878	Moniteurs de tritium dans l'air	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante ➤ Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a
SMERT-67882	67882	Moniteurs de déchets liquides (MEL)	Système maintenu en fonction.	n/a
SMERT-67883	67883	Moniteurs d'effluents gazeux (MEG)	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante : ➤ Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins	n/a
SMERT-68200	68200	SAU 1	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-68300	68300	SAU 2	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-68460	68460	Recombinateurs d'hydrogène(PAR's)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-68800	68800	Surveillance des SAU par ordinateur (SSO)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-71110	71110	Tamis roulants et dégrilleurs	Systèmes maintenus en fonctions	modif à venir pour arrêt EBA
	71160	Circuit eau brute d'alim. (EBA)	Nombre de tamis maintenus sera adapté aux besoins	
SMERT-71150	71150	Circuit eau brute de refroid. (EBR)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-71210	71210	Circuit d'eau de circulation	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante : ➤ Une cloison ou un autre moyen devra être mis en place afin d'empêcher une inondation de la station de pompage et/ou du bâtiment turbine en cas d'infiltration long terme dans les conduites.	oui
SMERT-71310	71310	Eau de service recyclée (ESR)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-71410	71410	Protection contre les incendies	Système maintenu en fonction. Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a
SMERT-71510	71510	Circuit d'eau domestique	Système maintenu en fonction. Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins.	modif à venir
SMERT-71600	71600	Installation de traitement d'eau	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-71650	71650	Circuit d'eau déminéralisée	Les directives générales seulement s'appliquent.	non
SMERT-71700	71710 71720 71730 71740	Drainage non radioactif Drainage radioactif Drainage sanitaire Evacuation des eaux de toits	Systèmes maintenus en fonction. Sera adapté au fur et à mesure en fonction des besoins.	n/a

# Stratégie	USI	Système	Directives	Complété 2024
SMERT-71750	71750	Récupération des huiles	Transféré au propriétaire (Trans-énergie). Système maintenu en fonction pour G2 jusqu'au transfert du site sur 25 KV.	non
SMERT-71810	71810	Chloration	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-71940	71940	Circuit d'eau réfrigérée du B/S	Les directives générales seulement s'appliquent.	non en cours
SMERT-73010	73010	Installation de chauffage des bâtiments	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes : ➤ Système maintenu en fonction. ➤ Système à l'eau chaude et glycol sera mis en retrait. ➤ Sera réduit au fur et à mesure en fonction des bâtiments.	non
SMERT-73110	73110	Refroidissement du B/R (LACs)	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-73120	73120	Ventilation du B/R	Les directives générales s'appliquent, en plus de la directive suivante : ➤ Une partie des conduites reste en service	non
SMERT-73140	73140	Confinement du B/R	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-73200	73210	Ventilation du B/T	Les directives générales s'appliquent; en plus des directives suivantes : ➤ Système maintenu en fonction. ➤ Système à l'eau chaude et glycol sera mis en retrait. ➤ Sera réduit au fur et à mesure en fonction des bâtiments.	non
	73220	Chauffage B/T		
SMERT-73320	73320	Ventilation de la station de pompage	Système maintenu en fonction.	n/a
SMERT-73400	73410	Ventilation du B/S	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes : ➤ Système maintenu en fonction. ➤ Système à l'eau chaude et glycol sera mis en retrait. ➤ Sera réduit au fur et à mesure en fonction des bâtiments.	non
	73420	Chauffage B/S		
SMERT-73450	73450	CVAC salle de commande	Les directives générales seulement s'appliquent.	non
SMERT-75100	75110	Air de service	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes : ➤ Système maintenu partiellement en fonction.	non
	75120	Air d'instruments		
	75130	Air pour masques	➤ Seront réduits au fur et à mesure en fonction des besoins.	
SMERT-75700	75700	Azote	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-76110	35363	Passerelle	Les directives générales s'appliquent, en plus des directives suivantes : ➤ Seront mis en retrait au fur et à mesure en fonction des besoins.	partiel
	76110	Ponts roulants		
SMERT-79140	79140	Marutention des résines usées	Les directives générales seulement s'appliquent.	oui
SMERT-79210	79210	Marutention des effluents liquides	Système maintenu en fonction.	n/a

ANNEXE C- ÉVACUATION DU COMBUSTIBLE

16 GESTION ADAPTATIVE PROGRESSIVE

Conformément à la Loi sur les déchets de combustible nucléaire, la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) a été créée en 2002 par les sociétés productrices d'énergie nucléaire canadiennes. La SGDN a pour mandat d'élaborer et de mettre en œuvre une méthode de gestion à long terme du combustible irradié canadien qui soit socialement acceptable, techniquement sûre, écologiquement responsable et économiquement viable.

En 2005, la SGDN a soumis un rapport d'étude, accompagné d'une recommandation ainsi que d'observations de son comité consultatif au ministre des Ressources naturelles du Canada.

En 2007, le gouvernement canadien a approuvé la méthode proposée par la SGDN, soit la gestion adaptative progressive (GAP). La GAP comprend à la fois une méthode technique et un système de gestion qui pourront s'adapter aux changements technologiques et scientifiques, de même qu'à l'évolution des valeurs sociétales et des politiques publiques. Sur le plan technique, la finalité de la GAP est le confinement et l'isolement du combustible nucléaire irradié dans un dépôt en profondeur construit dans une formation rocheuse appropriée.

La SGDN a lancé le processus de sélection d'un site en 2010. Une série d'évaluations scientifiques, techniques et sociales de plus en plus détaillées ont été réalisées, menant à une diminution du nombre de sites potentiels. Cette phase sera suivie par une phase de caractérisation, d'obtention de permis et de construction des installations qui devrait durer approximativement 20 ans.

Le 28 novembre 2024, la SGDN a annoncé qu'elle a choisi la Nation ojibwée de Wabigoon Lake (NOWL) et le canton d'Ignace comme collectivités hôtes du futur site du dépôt géologique en profondeur du Canada pour le combustible nucléaire irradié [75].

Les opérations de transport, de manutention et de mise en place dans le dépôt du combustible irradié s'effectueront sur une période d'approximativement 40 ans ou plus, selon la quantité de combustible irradié à gérer. Par la suite, le dépôt sera surveillé pendant une longue période, avant d'être déclassé et fermé. Il fera ensuite l'objet d'une surveillance post-fermeture. [76]

17 LE FINANCEMENT DU PROJET DE LA GAP

La planification, l'élaboration et la mise en œuvre de la GAP sont financées par les principaux propriétaires de combustible nucléaire irradié au Canada: Ontario Power Generation, la Société d'énergie du Nouveau-Brunswick, Hydro-Québec et Énergie atomique du Canada limitée. En vertu de la Loi sur les déchets de combustible nucléaire, chacune est tenue d'établir un fonds en fiducie géré de manière indépendante et d'y verser des contributions annuelles, calculées par la SGDN, pour faire en sorte que l'argent requis pour financer le projet soit disponible au moment voulu. [77]

18 LA DESCRIPTION DU PROJET

Ce projet national d'infrastructure comprendra le développement d'un centre d'expertise national, la construction du dépôt géologique en profondeur (incluant des installations de surface et des installations souterraines) et le développement d'un système de transport du combustible irradié. [78]

18.1 Le centre d'expertise

Le site du dépôt géologique en profondeur comprendra un centre d'expertise. Ce centre sera situé à cet endroit ou à proximité, selon ce qui aura été déterminé avec les collectivités de la région. Il servira de base aux essais et évaluations pluriannuels du site relatif à la sûreté technique et au bien-être de la collectivité. Il fera appel à des scientifiques et d'autres experts d'un large éventail de disciplines, y compris la géoscience et le génie. Il fera aussi appel à des spécialistes en évaluation des incidences environnementales, socioéconomiques et culturelles.

Ce centre comprendra des galeries d'exposition qui serviront à montrer au public la technologie, la science et les efforts d'engagement sur lesquels s'appuie la mise en œuvre de la GAP. Le Centre d'expertise deviendra un carrefour canadien et international de connaissances.

18.2 Le dépôt géologique en profondeur

18.2.1 Les installations de surface

Les installations de surface fournissent les procédés et les équipements nécessaires à la réception et au remballage du combustible irradié ainsi qu'à son déplacement vers le puit principal, d'où il pourra être transféré sous terre et disposé dans le dépôt. Les installations serviront aussi à soutenir l'exploitation du site, notamment les activités liées à l'administration, à la surveillance de la qualité, à la sécurité, aux services et au traitement des matériaux de scellement.

Le bâtiment administratif serait la première construction que les visiteurs rencontreraient en arrivant sur le site. Pour des besoins de sécurité, l'accès en surface à certaines zones du site sera limité. Ces zones à accès limité incluent le centre d'emballage du combustible nucléaire irradié, le complexe du puit principal, le complexe du puit de service et le complexe du puit de ventilation. Les zones de surface à accès limité logeront aussi l'usine de compactage des matériaux de scellement et l'usine de préparation du béton. Une zone de gestion de la roche excavée lors de la construction du dépôt est aussi requise.

De plus, afin de garantir la sûreté et la sécurité, il y aura construction d'un poste de surveillance, d'un poste d'incendie, de bureaux de contrôle de la qualité, de laboratoires, de bassins de gestion des eaux de pluie et des eaux de procédés et il y aura deux niveaux de clôture.

18.2.2 Les installations souterraines

Les installations souterraines comprennent un dépôt géologique en profondeur et l'infrastructure nécessaire associée, y compris le nécessaire pour mener les activités souterraines de vérification et de démonstration.

Le dépôt géologique en profondeur est un système à barrières multiples conçu pour le confinement et l'isolement à long terme sûr du combustible nucléaire irradié. Il sera construit à une profondeur approximative de 500 mètres, une profondeur qui pourrait varier selon la géologie du site, et sera constitué d'un réseau de tunnels souterrains de salles de mise en place pour le combustible nucléaire irradié.

Le combustible nucléaire irradié sera placé dans des conteneurs spécialement conçus et homologués sur les sites des réacteurs, et sera acheminé vers le site du dépôt. Il sera ensuite remballé dans des conteneurs résistants à la corrosion avant d'être entreposé dans le dépôt. Les conteneurs seront emballés dans des boîtes tampons dans le Centre d'emballage du combustible irradié, descendus dans un puit et acheminés sous terre vers l'une des nombreuses salles de mise en place. Les conteneurs seront placés dans des tunnels horizontaux percés dans l'enceinte d'une salle de mise en place et scellés avec un matériau de scellement efficace, comme l'argile de bentonite. Les installations seront conçues pour recevoir approximativement 120 000 grappes de combustible irradié par année.

Un ensemble de barrières ouvrages et naturelles contribueront à confiner le combustible nucléaire irradié et à l'isoler de l'environnement. La première barrière du système à barrières multiples est la pastille de combustible. Chaque grappe de combustible est composée d'un ensemble de tubes scellés appelés éléments de combustible. Ceux-ci agissent comme deuxième barrière puisqu'ils sont faits d'un métal robuste, résistant à la corrosion, appelé Zircaloy. La troisième barrière constitue le conteneur de combustible. La boîte tampon en argile de bentonite, qui est la quatrième barrière, représente un élément important du système de barrières ouvrages. La géosphère forme la cinquième barrière rocheuse naturelle qui protégera le dépôt contre les événements naturels perturbateurs, l'écoulement de l'eau et l'intrusion humaine.



Figure 19: Mise en place du combustible irradié

Le combustible nucléaire irradié sera surveillé afin d'assurer une gestion sûre et la possibilité de récupération pendant toutes les phases de la mise en œuvre, conformément à l'orientation donnée par les Canadiens. Lorsqu'il sera décidé que le moment est venu de fermer l'installation, la SGDN sollicitera les autorités réglementaires appropriées avant le déclassement. Tout équipement restant sera retiré et les tunnels et puits d'accès seront ensuite remblayés et scellés. La nature et la durée de la surveillance post-fermeture de l'installation seront décidées dans le futur en collaboration avec les résidents de la collectivité.

18.3 Le système de transport du combustible irradié

Le combustible nucléaire irradié est actuellement entreposé de manière sûre dans les installations autorisées par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) sur les sites où il est produit, ou à proximité. Le combustible nucléaire irradié sera chargé dans des colis de transport spécialement conçus et homologués à cet effet et acheminés des installations provisoires jusqu'au site du dépôt.

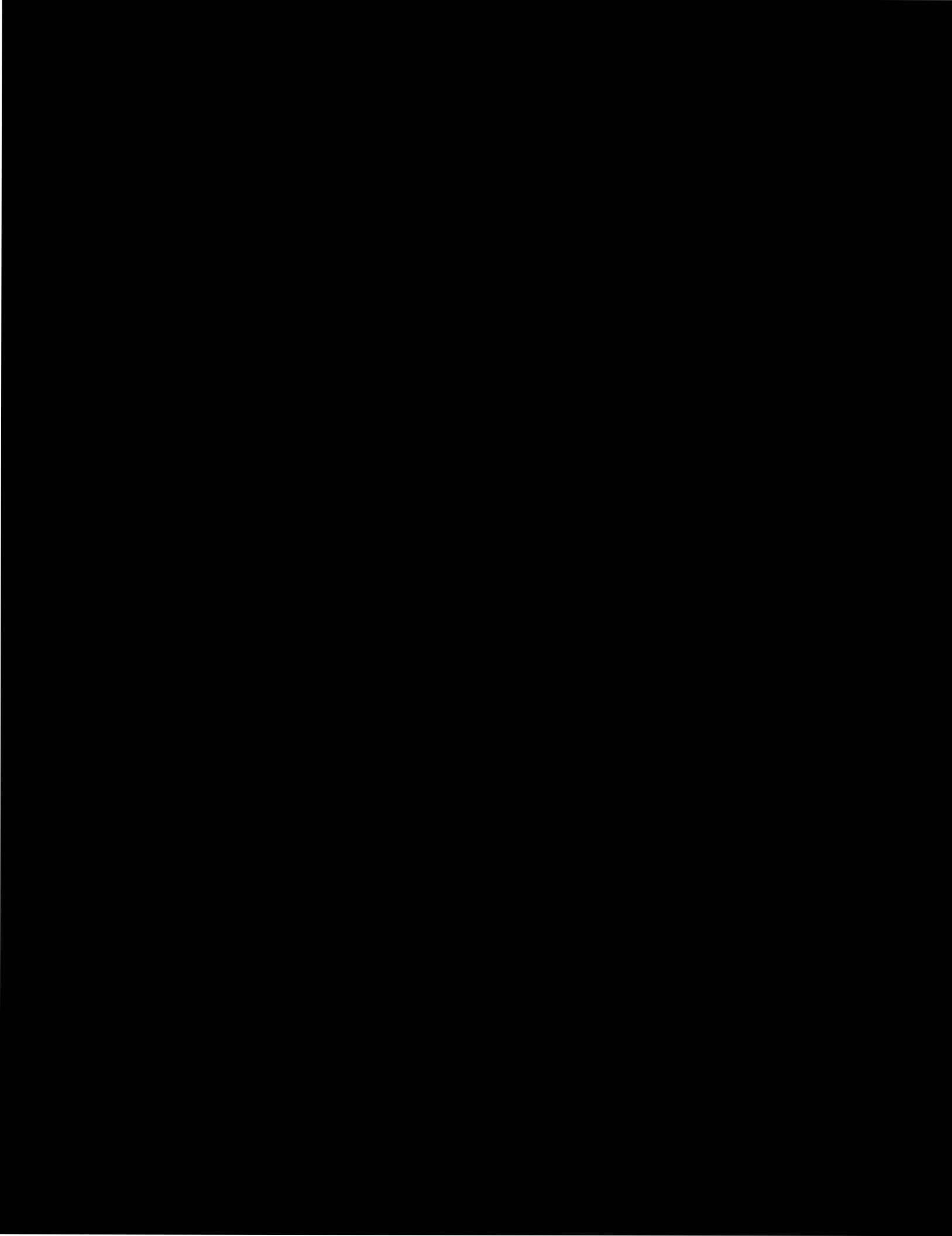
Plusieurs colis de transport de combustible nucléaire sont homologués en vue d'une utilisation au Canada, y compris le Colis de transport du combustible irradié (CTCI) et le Colis de transport de conteneur de stockage à sec (CT-CSS).

La SGDN étudie les voies de transport routiers ou ferroviaires possibles entre les sites provisoires d'entreposage et chacune des collectivités hôtes. Les évaluations préliminaires indiquent qu'un de ces modes ou les deux pourraient constituer des options envisageables pour le transport du combustible irradié vers chacune des régions participant au processus de sélection d'un site.

19 L'ÉVALUATION DES COÛTS DE LA GAP POUR L'ENSEMBLE DES MEMBRES

En 2021, la SGDN a réalisé une mise à jour complète de ces estimations des coûts de la GAP. Le coût estimatif révisé couvre plusieurs décennies du cycle de vie entier de la GAP liée au dépôt géologique en profondeur et du transport associé du combustible nucléaire irradié. Il a été supposé que le dépôt pourrait être appelé à gérer un inventaire de 5,5 M de grappes de combustible nucléaire irradié. Les coûts totaux estimés par la SGDN sont de 26 G\$ (\$ 2020) et se détaillent comme suit [79]:

Types de coût Site de 5,5 M de grappes	Évaluation (G\$ 2020)	Exemples de coûts (non exhaustifs)
Coûts du DGP – coûts fixes	7,5	<ul style="list-style-type: none"> • Sélection d'un site; • Recherche et développement; • Relations avec les collectivités et autochtones; • Obtention des permis; • Construction du puit principal et de service; • Excavation des tunnels principaux; • Évaluations diverses (géoscience, sûreté, radioactivité).
Coûts du DGP – coûts semi-fixes et variables	17	<ul style="list-style-type: none"> • Installations pour recevoir les grappes; • Installations pour le scellement des conteneurs; • Achats des conteneurs; • Aménagement des salles d'entreposage; • Frais d'exploitation et d'administration; • Transport des conteneurs dans les salles de mise en place.
Sous-total – DGP	24,5	
Coûts de transport – coûts communs	0,8	<ul style="list-style-type: none"> • Études diverses (itinéraire, spécifications des équipements de transport); • Plan d'urgence; • Système de repérage en temps réel; • Maintenance des véhicules.
Coûts de transport – coûts spécifiques	0,7	<ul style="list-style-type: none"> • Transport du combustible irradié vers le site national.
Sous-total – Transport	1,5	
TOTAL - GAP	26	



21 RÉFÉRENCES

- [1] A. Désilets, «Plan de déclassement préliminaire des installations de Gentilly-2», Bécancour, 2020.
[2] [REDACTED]
[3] [REDACTED]
[4] Lettre de J. Gaspo à B. Poulet, « Plan de fin d'exploitation de la centrale nucléaire Gentilly-2, révision 2 », 27 janvier 2014.
- [5] Lettre de J. Gaspo à B. Poulet « Plan directeur 2013-2021 de la centrale nucléaire de Gentilly-2, révision 1 », le 31 janvier 2014.
- [6] Lettre de D. Olivier à J. Burta « Plan de la phase stockage sous surveillance », 16 décembre 2019.
[7] [REDACTED]
[8] [REDACTED]
[9] [REDACTED]
- [10] ÉACL, *Conceptual Decommissioning Plan for the Point Lepreau G.S*, 1987.
- [11] C. Savard, Note interne: Stratégie de caractérisation du site - phase stockage sous surveillance, 12 décembre 2019.
- [12] IAEA, *Technical reports series no 389, Radiological Characterization of Shutdown Nuclear Reactors for Decommissioning Purposes*, 1998.
- [13] Lettre de M. Désilets à B. Poulet, « Garantie financière et Plan préliminaire de déclassement (PPD) », 31 mars 2015.
- [14] AES 2012-14 Lors d'un essai d'un motopompe diesel, déversement accidentel de combustible par un événement, 9 septembre 2014.
- [15] PDI-2019-25940-001-1, Plan d'actions pour la disposition des produits chimiques non-requis vers le CRMD, 16 juin 2019.
- [16] SGQ - PROG-120-002 rev 5 - Programme de gestion du vieillissement.
- [17] SGQ - PROG-110 rev 5 - Programme de maintenance.
- [18] G2-ATI-01552-035, « États d'exploitation après l'arrêt définitif de la centrale », 30 avril 2014.
- [19] Lettre de P. Desbiens à D.Alu « Demande de rejet dun grand volume deau contenue dans la piscine de stockage principale et les piscines auxiliaires », 28 mai 2024.
- [20] Lettre de P. Desbiens à D.Alu « Réponse complémentaire à la demande de rejet d'un grand volume d'eau contenue dans la piscine de stockage principale et les piscines auxiliaires aux installations de Gentilly-2», 8 octobre 2024.
- [21] M. L. e. P. Prévost, 18 décembre 2019, Stratégie de reconfiguration des salles avec matières radioactives résiduelles.
- [22] Lettre de J. Gaspo à B. Poulet,« État de stockage sûr piscine», 2 décembre 2014.
- [23] Lettre de B. Poulet à M. Désilets, « Demande de changement de site pour la construction de module CANSTOR ou silos», 1 avril 2015.

- [24] Lettre de J. Burta à D. Olivier, « Revue par la CCSN des limites opérationnelles dérivées liquides découlant du prolongement de la conduite des effluents liquides aux installations de Gentilly-2 (RIB 14546 et 14545) », 21 septembre 2018.
- [25] Lettre de D. Olivier à J. Burta, « Mise en service du prolongement de la conduite des effluents liquides à Gentilly-2 », 13 novembre 2018.
- [26] Lettre de D. Olivier à J. Burtha « Plan pour la phase de stockage sous surveillance », 16 décembre 2019.
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

- [29] C. c. d. s. nucléaire, «Manuel des Conditions de Permis Installations nucléai de Gentilly-2, MCP-GENTILLY-2-R001,» Ottawa, 25 février 2019.
- [30] Lettre de P. Desbiens à J. Giguère « Programme de suivi et mesures d'atténuation établies à la suite de l'étude d'impact environnemental - M.C.P. 3.9.1 et demande d'arrêt de communication annuelle », 26 janvier 2023.
- [31] Lettre de B. Poulet à M. Gélinas « Application de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE) au déclassement de la centrale de Gentilly-2 », 27 mai 2013.
- [32] Lettre de B. Poulet à D. Olivier, « Demande de renouvellement du permis de Gentilly-2 - Étude des incidences environnementales potentielles selon la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires », 14 juillet 2015.
- [33] CCSN, « Rapport d'information sur l'évaluation environnementale: Hydro-Québec Demande de Permis de déclassement pour l'installation nucléaire et l'installation de déchets de Gentilly-2, e-doc 4948709,» mars 2016.
- [34] Lettre de G. Frappier à M. Olivier « Hydro-Québec : Mise en oeuvre du REGDOC-2.9.1, édition 1.1 Protection de l'environnement : Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement - Nouveau no. de sujet 201001-19804,» 21 février 2020.
- [35] Lettre de P. Desbiens à J. Giguère « Phase 2 de la mise en oeuvre du REGDOC-2.9.1, édition 1.1 Protection de l'environnement : Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement », 4 mai 2022.
- [36] Lettre de D. Alu à P. Desbiens « Révision 4 de l'Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2 », 4 juin 2024.
- [37] Lettre de D. Alu à P. Desbiens « Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2, version 4.0 », 26 juin 2024.
- [38] Hydro-Québec, « Projet de réfection de la centrale nucléaire Gentilly-2,» 2 octobre 2012.
- [39] Lettre de D. Alu à P. Desbiens « Entente client-fournisseur pour l'entreposage et la conservation des documents actifs et semi-actifs des installations de Gentilly-2 », 7 octobre 2024.
- [40] «SGQ - MGQ rev 6 - Manuel de gestion de la qualité,» 19 septembre 2022.
- [41] [REDACTED]
- [42] Hydro-Québec, «SGQ - PROG-120-011 rev 2 - Préparation et suivi de la mise en retrait (MERT) définitive d'un système,» 31 janvier 2022.
- [43] Lettre de P. Desbiens à J. Giguère «Note technique mise à niveau du périmètre de sécurité aux Installations de Gentilly-2», 25 mai 2023.
- [44] Lettre de P. Desbiens à D. Alu « Demande de suspension des activités d'échantillonnage aux cylindres des modules CANSTOR », 27 mai 2024.

- [45] Lettre de D.Alu à P. Desbiens « Réponse de la CCSN à propos de la demande de suspension des activités d'échantillonnage », 7 août 2024.
- [46] M. Messier, «Étude complémentaire à l'étude préliminaire – Transfert de l'alimentation de 230 kV à 25 kV- Rev.4.» 24 janvier 2018.
- [47] Lettre de P. Desbiens à D.Alu « Réponses aux commentaires du personnel de la CCSN concernant l'audit du programme de protection contre l'incendie par une tierce partie », 24 octobre 2024.
- [48] É. e. s. p. Hydro-Québec, «Directive 19 - Gestion des matières résiduelles, des matières dangereuses résiduelles et des biens meubles excédentaires,» 14 juillet 2016.
- [49] Lettre de P. Desbiens à A. Bulkan « Évaluation du risque incendie des installations de Gentilly-2 », 22 juin 2021.
- [50] Lettre de P. Desbiens à D.Alu « Abandon du projet de raccordement en eau d'incendie auprès de la SPIPB », 11 juin 2024.
- [51] Lettre de P. Desbiens à J. Giguère « Proposition des équipements de surveillance des effluents gazeux aux installations de Gentilly-2 », 4 mai 2023.
- [52] Lettre de É. Fortier à P.Desbiens « Revue du personnel de la CCSN de la Proposition des équipements de surveillance des effluents gazeux aux installations de Gentilly-2»,10 octobre 2023.
- [53] [REDACTED]
- [54] [REDACTED]
[REDACTED]
- [55] [REDACTED]
[REDACTED]
- [56] [REDACTED]
- [57] [REDACTED]
[REDACTED]
- [58] Installations de Gentilly-2, «Devis de services professionnels - Caractérisation préliminaire du Bâtiment des services techniques aux installations de Gentilly-2,» Octobre 2023.
- [59] [REDACTED]
- [60] [REDACTED]
[REDACTED]
- [61] [REDACTED]
[REDACTED]
- [62] [REDACTED]
[REDACTED]
- [63] [REDACTED]
- [64] [REDACTED]
- [65] [REDACTED]
- [66] Hydro-Québec, «Revision 12 - Ligne de conduite pour l'exploitation des installations de stockage des déchets radioactifs solides et du combustible irradié d'Hydro-Québec,» Février 2007.
- [67] Installations de Gentilly-2 , «Stratégie de gestion des déchets,» Décembre 2024.
- [68] Lettre de P. Desbiens à D.Alu « Entente relative à la protection incendie des installations de Gentilly-2 », 9 septembre 2024.
- [69] G. CSA, «Protection contre l'incendie dans les centrales nucléaire N293-12 (confirmée en 2017),» avril 2017.
- [70] G. CSA, «Protection contre l'incendie dans les centrales nucléaires,» 2023.

- [71] H.-Q. -. I. d. Gentilly-2, «SGQ - PROG-190 Programme de protection incendie rev3,» 18 mars 2022.
- [72] Installations de Gentilly-2, «SGQ - PROG- 220 rév. 0 - Programme Gestion de la performance humaine,» 2025.
- [73] Lettre de D. Olivier à B. Poulet, « Programme de sécurité de la centrale Gentilly-2 »,,» 30 septembre 2015.
- [74] Hydro-Québec, «Déclaration de principes,» 29 novembre 2024.
- [75] La Société de gestion des déchets nucléaires, «La Société de gestion des déchets nucléaires a choisi le site du dépôt géologique en profondeur du Canada,» 28 novembre 2024. [En ligne]. Available: <https://www.nwmo.ca/fr/News/The-Nuclear-Waste-Management-Organization-selects-site-for-Canadas-deep-geological-repository>.
- [76] Société de gestion des déchets nucléaires, «Le plan canadien - Mise en oeuvre du plan canadien,» 2024. [En ligne]. Available: <https://www.nwmo.ca/fr/Canadas-plan/Implementing-Canadas-plan>. [Accès le 29 novembre 2024].
- [77] Société de gestion des déchets nucléaires, «À propos de nous - Financement,» [En ligne]. Available: <https://www.nwmo.ca/fr/Who-we-are/Funding>.
- [78] Société de gestion des déchets nucléaires, «Document et rapports - Gestion adaptative progressive 2024-28,» mars 2024. [En ligne]. Available: <https://www.nwmo.ca/fr/Documents-and-reports>. [Accès le 2024 novembre 29].
- [79] Société de gestion des déchets nucléaires, «Coût du projet - Rapport de l'estimation du coût - 2021,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.nwmo.ca/fr/Who-we-are/Funding/Project-costs>. [Accès le 29 novembre 2024].
- [80] *Lettre de D. Olivier à J. Burta, « Disposition des déchets de haute activité»,* 28 octobre 2019.
- [81] *Lettre de P. Webster à D.Olivier « Disposition des déchets de haute activité »,* 10 février 2020.
- [82] [REDACTED]

PIÈCE JOINTE 3

L'étude des coûts du déclassement

Cette étude évalue les coûts anticipés du déclassement des installations de Gentilly-2 d'Hydro-Québec à la suite de l'arrêt de la centrale à la fin de l'année 2012. Le coût total projeté en dollars constants 2024 pour le déclassement des installations de Gentilly-2 est estimé à 1 380,7 M\$. Ce coût reflète les caractéristiques propres au site des installations de Gentilly-2, le niveau estimé de la contamination et de l'activité radiologiques prévues au moment du démantèlement, le coût de la main-d'œuvre ainsi que l'estimation des coûts pour la disposition des déchets radioactifs, ainsi que de la contingence.

L'étude des coûts de déclassement est mise à jour à tous les 5 ans, en fonction des exigences réglementaires.

PIÈCE JOINTE 4

L'étude des coûts complémentaires

Cette étude évalue les coûts liés au transfert du combustible irradié des modules de stockage à sec (CANSTOR) dans les châteaux blindés pour le transport vers le dépôt géologique en profondeur de la Société de gestion des déchets nucléaires.

PIÈCE JOINTE 5

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

Rapport Calian HYDROQ-0013-01-12

Version 4.0

27 mai 2024

Présenté à :

Annie Désilets
Cheffe Surveillance – Installations de Gentilly-2
Hydro-Québec

Préparé par :

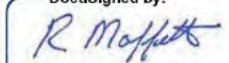
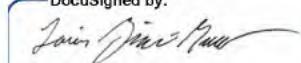
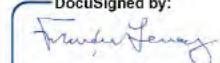
Calian Ltd.
770 Palladium Drive
Ottawa, Ontario
Canada (K2V 1C8)



En collaboration avec :



SUIVI DES VERSION ET ASSURANCE QUALITÉ**Autorisations**

Titre		Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2			
Numéro de document		HYDROQ-0013-01-12			
Ver.	Préparé par	Revu par	Approuvé par	Date	
1.0	R. Moffett E. Janzen (Chap. 6 original en anglais)	A. Séguin K. Potter (Chap. 6 original en anglais)	Avec la participation de Golder (originaux en anglais) : A. Amendola (sections Chap. 2) T. Roselli (Chap. 3 et 5)	F. Lemay	12 avril 2022
2.0	R. Moffett	A. Séguin	F. Lemay	3 mai 2022	
3.0	R. Moffett, ing.	L. Girard-Moreau	F. Lemay, ing.	1 mai 2024	
4.0	DocuSigned by:  R. Moffett, ing. <small>66AD312E17CE44A...</small>	DocuSigned by:  L. Girard-Moreau <small>0C6FABF7A3EB431...</small>	DocuSigned by:  F. Lemay, ing. <small>1FA269258ABE4CA...</small>	5/27/2024	
		 S. Chapdelaine	 A. Désilets	2024.05.28 11:18:29 -04'00'	

Suivi des émissions

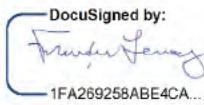
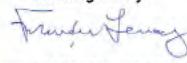
Ver.	Action	Par	Date
1.0	Émission au client de l'ERE intégrée	F. Lemay	12 avril 2022
2.0	Version finale, ajout annexe E	F. Lemay	3 mai 2022
3.0	Version finale avec disposition des commentaires de la CCSN	F. Lemay	1 mai 2024
4.0	<p>Corrections et mises à jour mineures :</p> <p>Sections 1 et 7 : Retrait de la mention « (2017) » après REGDOC-2.9.1. La version 2020 est en référence.</p> <p>Section 2.1.4 : mise à jour de la date de mise en retrait de l'ASDR.</p> <p>Section 2.1.1.15 : mise à jour traitement des huiles usées.</p> <p>Section 2.2.5 : Correction lien à l'Annexe A.</p>	 DocuSigned by:  1FA269258ABE4CA... F. Lemay	5/27/2024

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	1-1
1.1 CONTEXTE.....	1-3
1.2 BUT.....	1-5
1.3 OBJECTIFS.....	1-5
1.4 PORTÉE.....	1-6
1.5 ASSURANCE QUALITÉ.....	1-7
1.6 APPROCHE.....	1-13
1.7 ORGANISATION DU RAPPORT.....	1-15
1.8 SIGLES ET ACRONYMES.....	1-15
1.9 RÉFÉRENCES	1-16
2. DESCRIPTION DU SITE	2-1
2.1 INSTALLATIONS DU SITE	2-3
2.1.1 <i>Installation nucléaire de Gentilly-2</i>	2-7
2.1.2 <i>Installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS)</i>	2-16
2.1.3 <i>Aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI)</i>	2-22
2.1.4 <i>Aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR)</i>	2-25
2.1.5 <i>Étang aéré</i>	2-25
2.2 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT NATUREL ET PHYSIQUE.....	2-25
2.2.1 <i>Distribution de la population</i>	2-25
2.2.2 <i>Utilisation des terrains et eaux environnantes</i>	2-28
2.2.3 <i>Habitats écologiques</i>	2-29
2.2.4 <i>La faune et la flore</i>	2-31
2.2.5 <i>Espèces en péril</i>	2-36
2.2.6 <i>Météorologie</i>	2-37
2.2.7 <i>Hydrologie</i>	2-42
2.2.8 <i>Géologie</i>	2-52
2.2.9 <i>Géomorphologie et sédimentologie</i>	2-53
2.2.10 <i>Rejets atmosphériques de contaminants radioactifs</i>	2-58
2.2.11 <i>Rejets liquides de contaminants radioactifs</i>	2-60
2.2.12 <i>Rejets de contaminants non radioactifs</i>	2-62
2.2.13 <i>Protection et surveillance de l'environnement</i>	2-64
2.3 SIGLES ET ACRONYMES.....	2-74
2.4 RÉFÉRENCES	2-75
3. ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE LIÉS AUX CONTAMINANTS NON RADIOACTIFS.....	3-1
3.1 CADRE RÉGLEMENTAIRE	3-1
3.1.1 <i>Caractéristiques du site</i>	3-1
3.1.2 <i>Critères de dépistage</i>	3-5
3.2 FORMULATION DU PROBLÈME.....	3-7
3.2.1 <i>Récepteurs</i>	3-8
3.2.2 <i>Identification des contaminants potentiellement préoccupants et des facteurs de stress physique</i>	3-9

3.2.3	<i>Voies d'exposition</i>	3-17
3.2.4	<i>Modèle conceptuel du site</i>	3-17
3.3	ÉVALUATION DE L'EXPOSITION.....	3-20
3.4	ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ.....	3-20
3.5	CARACTÉRISATION DES RISQUES.....	3-20
3.5.1	<i>Discussion de l'incertitude</i>	3-20
3.6	ÉVALUATION PRÉDICTIVE DES EFFETS.....	3-21
3.7	CONCLUSIONS	3-21
3.8	ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS.....	3-22
3.9	RÉFÉRENCES	3-23
4.	ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE DUS AUX CONTAMINANTS RADIOACTIFS	4-1
4.1	FORMULATION DU PROBLÈME.....	4-1
4.1.1	<i>Sélection et caractérisation des récepteurs</i>	4-1
4.1.2	<i>Sélection des contaminants radioactifs</i>	4-9
4.1.3	<i>Sélection des voies d'exposition</i>	4-15
4.1.4	<i>Modèle conceptuel pour la santé humaine</i>	4-17
4.2	ÉVALUATION DES EXPOSITIONS	4-18
4.2.1	<i>Emplacement des récepteurs</i>	4-18
4.2.2	<i>Durée et fréquence des expositions</i>	4-19
4.2.3	<i>Calculs des expositions et des doses</i>	4-23
4.2.4	<i>Facteurs d'exposition</i>	4-23
4.2.5	<i>Modèles de dispersion</i>	4-23
4.2.6	<i>Doses et concentrations aux points d'exposition</i>	4-25
4.2.7	<i>Incertitudes dans l'évaluation des expositions</i>	4-28
4.3	ÉVALUATION DES TOXICITÉS	4-40
4.3.1	<i>Limites de dose de rayonnement et cibles</i>	4-40
4.3.2	<i>Incertitudes sur l'évaluation des toxicités</i>	4-40
4.4	CARACTÉRISATION DES RISQUES	4-41
4.4.1	<i>Discussion sur les effets des rayonnements</i>	4-41
4.4.2	<i>Estimation des risques pour l'ERE de référence</i>	4-41
4.4.3	<i>Estimation des risques pour l'ERE prédictive</i>	4-45
4.4.4	<i>Incertitudes sur la caractérisation des risques</i>	4-48
4.5	RECOMMANDATIONS.....	4-48
4.5.1	<i>Tritium atmosphérique</i>	4-49
4.5.2	<i>C-14 atmosphérique</i>	4-51
4.5.3	<i>Activité bêta totale des aérosols atmosphériques</i>	4-52
4.5.4	<i>Précipitations</i>	4-53
4.5.5	<i>Poissons de la baie Lemarier</i>	4-57
4.5.6	<i>Eau du fleuve Saint-Laurent (baie Lemarier)</i>	4-58
4.5.7	<i>Sédiments du fleuve Saint-Laurent</i>	4-60
4.5.8	<i>Plantes aquatiques du fleuve Saint-Laurent</i>	4-60
4.5.9	<i>Lait</i>	4-60
4.5.10	<i>Sols</i>	4-62
4.5.11	<i>Fourrages</i>	4-62
4.5.12	<i>Fruits et légumes</i>	4-64
4.5.13	<i>Sirop d'érable</i>	4-65

4.5.14 <i>Eau de boisson et autre</i>	4-65
4.6 SIGLES ET ACRONYMES.....	4-66
4.7 RÉFÉRENCES	4-67
5. ÉVALUATION DES RISQUES ÉCOLOGIQUES LIÉS AUX CONTAMINANTS NON RADIOACTIFS..	5-1
5.1 CADRE RÉGLEMENTAIRE	5-1
5.1.1 <i>Caractéristiques du site</i>	5-1
5.1.2 <i>Critères de dépistage</i>	5-1
5.2 FORMULATION DU PROBLÈME.....	5-5
5.2.1 <i>Sélection des récepteurs (composante valorisée de l'écosystème)</i>	5-5
5.2.2 <i>Évaluation des paramètres de mesure</i>	5-13
5.2.3 <i>Identification des contaminants potentiellement préoccupants et des facteurs de stress physique</i>	5-14
5.2.4 <i>Voies d'exposition</i>	5-21
5.2.5 <i>Modèle conceptuel écologique du site</i>	5-23
5.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION.....	5-25
5.4 ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ.....	5-25
5.5 CARACTÉRISATION DES RISQUES.....	5-25
5.5.1 <i>Discussion de l'incertitude</i>	5-25
5.6 ÉVALUATION PRÉdictive DES EFFETS.....	5-26
5.7 CONCLUSIONS	5-26
5.8 ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	5-27
5.9 RÉFÉRENCES	5-28
6. ÉVALUATION DES RISQUES ÉCOLOGIQUES DUS AUX CONTAMINANTS RADIOACTIFS.....	6-1
6.1 FORMULATION DU PROBLÈME.....	6-1
6.1.1 <i>Sélection et caractérisation des récepteurs (composants valorisés de l'écosystème)</i>	6-1
6.1.2 <i>Paramètres d'évaluation et de mesure</i>	6-11
6.1.3 <i>Sélection des contaminants radiologiques</i>	6-11
6.1.4 <i>Sélection des voies d'exposition</i>	6-13
6.1.5 <i>Modèle conceptuel écologique</i>	6-14
6.2 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION.....	6-15
6.2.1 <i>Points d'exposition</i>	6-15
6.2.2 <i>Fréquence et durée de l'exposition</i>	6-16
6.2.3 <i>Caractérisation des récepteurs</i>	6-16
6.2.4 <i>Concentrations au point d'exposition</i>	6-17
6.2.5 <i>Facteurs d'exposition</i>	6-23
6.2.6 <i>Équations d'exposition et doses d'exposition</i>	6-25
6.2.7 <i>Incertitudes et hypothèses dans l'évaluation de l'exposition</i>	6-31
6.3 ÉVALUATION DES EFFETS.....	6-34
6.3.1 <i>Valeurs de référence radiologiques</i>	6-34
6.3.2 <i>Incertitudes et hypothèses dans l'évaluation des effets</i>	6-34
6.4 CARACTÉRISATION DES RISQUES.....	6-35
6.4.1 <i>Estimation du risque</i>	6-35
6.4.2 <i>Discussion sur les effets des rayonnements</i>	6-36
6.4.3 <i>Incertitudes et hypothèses dans la caractérisation des risques</i>	6-43
6.5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	6-44
6.5.1 <i>Conclusions de l'EREco radiologique</i>	6-44

6.5.2 <i>Conclusions de l'EREco prédictif</i>	6-44
6.5.3 <i>Recommandations pour le plan de surveillance radiologique</i>	6-46
6.6 ACRONYMES ET UNITÉS.....	6-60
6.7 RÉFÉRENCES	6-61
7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	7-1
7.1 CONCLUSIONS DE L'ERE DE RÉFÉRENCE	7-1
7.1.1 <i>ERSH due aux contaminants radioactifs</i>	7-1
7.1.2 <i>ERECO due aux contaminants radioactifs</i>	7-2
7.1.3 <i>ERSH due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques</i>	7-3
7.1.4 <i>ERECO due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques</i>	7-3
7.2 CONCLUSIONS DE L'ERE PRÉDICTIVE	7-3
7.2.1 <i>ERSH due aux contaminants radioactifs</i>	7-4
7.2.2 <i>ERECO due aux contaminants radioactifs</i>	7-4
7.2.3 <i>ERSH due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques</i>	7-5
7.2.4 <i>ERECO due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques</i>	7-5
7.3 RECOMMANDATIONS POUR LES PROGRAMMES DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE	7-5
7.3.1 <i>ERSH due aux contaminants radioactifs</i>	7-5
7.3.2 <i>ERECO due aux contaminants radioactifs</i>	7-8
7.3.3 <i>ERSH due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques</i>	7-12
7.3.4 <i>ERECO due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques</i>	7-12
7.3.5 <i>Rapports d'analyses en laboratoire</i>	7-12
7.4 ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	7-13
7.5 RÉFÉRENCES	7-14
ANNEXE A. DÉPISTAGE DES ESPÈCES EN PÉRIL AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE GENTILLY-2	A-1
ANNEXE B. MESURES ENVIRONNEMENTALES DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES RELIÉS À LA SANTÉ HUMAINE	B-1
ANNEXE C. MESURES ENVIRONNEMENTALES DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES RELIÉS À LA SANTÉ ÉCOLOGIQUE	C-1
ANNEXE D. DOSE DE RAYONNEMENT POUR LE BIOTE NON HUMAIN	D-1
ANNEXE E. EFFET DE L'ERREUR DANS LE MODÈLE DE RIVIÈRE DU LOGICIEL IMPACT 5.5 SUR LES DOSES AUX HUMAINS ET AU BIOTE	E-1

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 :	Échéancier de déclassement des installations de Gentilly-2	1-2
Figure 2-1 :	Localisation des installations de Gentilly-2	2-2
Figure 2-2 :	Limites du terrain appartenant à Hydro-Québec et zone d'exclusion.....	2-3
Figure 2-3 :	Installations de déchets sur le site de Gentilly-2, ainsi que la localisation de l'ancien dépôt à neige et de l'étang aéré	2-6
Figure 2-4 :	Vue rapprochée des installations sur le site de Gentilly-2	2-7
Figure 2-5 :	Installation nucléaire de Gentilly-2.....	2-8
Figure 2-6 :	Localisation des réservoirs de carburant extérieurs.....	2-15
Figure 2-7 :	Disposition des structures de l'IGDRS et de l'ASSCI	2-17
Figure 2-8 :	Illustration d'une EDFMA	2-18
Figure 2-9 :	Illustration d'une ESFU	2-19
Figure 2-10 :	Illustration d'une ESRU.....	2-20
Figure 2-11 :	Illustration d'un silo de retubage.....	2-21
Figure 2-12 :	Agencement des modules CANSTOR à l'ASSCI.....	2-23
Figure 2-13 :	Module CANSTOR	2-24
Figure 2-14 :	Panier de stockage du combustible irradié.....	2-24
Figure 2-15 :	Carte des types de zones humides entourant le site	2-29
Figure 2-16 :	Carte des types de végétation entourant le site	2-30
Figure 2-17 :	Fréquence des vents par secteur.....	2-38
Figure 2-18 :	Fréquence des vents par classe de stabilité atmosphérique	2-39
Figure 2-19 :	Fréquence des vents par classe de vitesse	2-40
Figure 2-20 :	Fréquence de précipitation par secteur.....	2-41
Figure 2-21 :	Taux de précipitation annuel	2-42
Figure 2-22 :	Écoulement des eaux de surface des installations de Gentilly-2	2-44
Figure 2-23 :	Système de drainage pluvial et de surface des installations de Gentilly-2	2-45
Figure 2-24 :	Écoulements et limites des bassins souterrains.....	2-48
Figure 2-25 :	Sédimentologie dans le secteur des installations de Gentilly-2.....	2-55
Figure 2-26 :	Emplacement des coupes stratigraphiques au site des installations de Gentilly-2.....	2-56
Figure 2-27 :	Coupes stratigraphiques au site des installations de Gentilly-2	2-57
Figure 2-28 :	Évolution historique des rejets atmosphériques.....	2-60
Figure 2-29 :	Sites de rejet des effluents liquides radioactifs	2-61
Figure 2-30 :	Évolution historique des rejets liquides.....	2-62
Figure 2-31 :	Localisation des points de mesure et d'échantillonnage radiologique en zone éloignée des installations de Gentilly-2	2-66
Figure 2-32 :	Localisation des points de mesure et d'échantillonnage en zone d'exclusion des installations de Gentilly-2	2-67
Figure 2-33 :	Localisation des points de mesure et d'échantillonnage à l'IGDRS et à l'ASSCI des installations de Gentilly-2.....	2-68

Figure 2-34 : Localisation des points de mesure et d'échantillonnage en zone aquatique autour des installations de Gentilly-2	2-69
Figure 2-35 : Points d'échantillonnage des eaux souterraines de l'IGDRS et de l'ASDR des installations de Gentilly-2.....	2-72
Figure 2-36 : Points d'échantillonnage autour de l'ASDR des installations de Gentilly-2	2-73
Figure 3-1 : Historique de consommation de produits pétroliers aux installations de Gentilly-2.....	3-15
Figure 3-2 : Modèle conceptuel du site pour les récepteurs humains sur site.....	3-18
Figure 3-3 : Modèle conceptuel du site pour les récepteurs humains hors site	3-19
Figure 4-1 : Localisation des récepteurs potentiellement exposés aux rejets atmosphériques des installations de Gentilly-2	4-2
Figure 4-2 : Évolution historique des rejets atmosphériques.....	4-11
Figure 4-3 : Évolution historique des rejets liquides.....	4-12
Figure 4-4 : Modèle de transfert environnemental de la norme CSA N288.1-F14.....	4-16
Figure 4-5 : Modèle conceptuel de site pour les résidents de la ferme Est.....	4-16
Figure 4-6 : Modèle conceptuel de site pour l'anse à Lemarier	4-17
Figure 4-7 : Évolution de la dose efficace à l'adulte des différents groupes de récepteurs	4-28
Figure 4-8 : Dispersion modélisée du tritium atmosphérique spécifique aux sources fugitives à l'ASDR et au canal de rejet	4-31
Figure 4-9 : Dispersion modélisée du tritium atmosphérique spécifique aux sources fugitives à l'IGDRS.....	4-32
Figure 4-10 : Modélisation de l'impact d'une contamination sous l'ASDR (eaux du niveau B) sur une période de 20 ans	4-34
Figure 4-11 : Modélisation de l'impact d'une contamination sous l'IGDRS (eaux du niveau B) sur une période de 100 ans.....	4-35
Figure 4-12 : Évolution du C-14 dans les rejets liquides et dans les poissons de la baie Lemarier	4-38
Figure 5-1 : Modèle conceptuel du site pour les récepteurs écologiques	5-24
Figure 6-1 : Emplacement des récepteurs écologiques.....	6-4
Figure 6-2 : Sites d'échantillonnage terrestre sur le site	6-8
Figure 6-3 : Stations régionales d'échantillonnage et station de référence	6-9
Figure 6-4 : Sites d'échantillonnage aquatique	6-10
Figure 6-5 : Voies d'exposition pour le biote terrestre	6-14
Figure 6-6 : Voies d'exposition pour le biote aquatique.....	6-14
Figure 6-7 : Lieux d'échantillonnage B et B'.....	6-19
Figure 6-8 : Débit de dose totale aux récepteurs terrestres (mGy/j)	6-30
Figure 6-9 : Débit de dose totale aux récepteurs aquatiques (mGy/j).....	6-30
Figure 6-10 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Arbre	6-37
Figure 6-11 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Graminées et herbes.....	6-37
Figure 6-12 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Petit mammifère	6-38

Figure 6-13 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Grand mammifère	6-38
Figure 6-14 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Oiseau.....	6-39
Figure 6-15 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Amphibiens	6-39
Figure 6-16 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Larves d'insectes (similaires aux plantes d'eau douce).....	6-41
Figure 6-17 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Mammifère aquatique (semblable aux invertébrés d'eau douce)	6-41
Figure 6-18 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Poisson benthique	6-42
Figure 6-19 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Poisson pélagique	6-42
Figure E-1 : Modèle de rivière IMPACT pour la dispersion aquatique dans le chenal sud	E-2

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Différences principales entre l'ERET de 2002 et cette nouvelle ERE.....	1-4
Tableau 1-2 : Activités et évolution des états des installations nucléaires de Gentilly-2 depuis l'arrêt définitif du réacteur	1-9
Tableau 1-3 : Comparaison des approches d'évaluation de risques radiologiques	1-14
Tableau 2-1 : Installations sur le site	2-4
Tableau 2-2 : Évolution de la population dans la zone d'influence des installations de Gentilly-2.....	2-27
Tableau 2-3 : Comparaison des conditions météorologiques 2016-2020	2-37
Tableau 2-4 : Débit total du fleuve Saint-Laurent à Québec	2-50
Tableau 2-5 : Niveau du fleuve Saint-Laurent	2-51
Tableau 2-6 : Température du fleuve Saint-Laurent	2-52
Tableau 2-7 : Liste des sources d'émissions de produits de combustion.....	2-63
Tableau 2-8 : Bilan résumé de rejet des eaux des installations de Gentilly-2	2-63
Tableau 3-1 : Niveaux moyens des piézomètres des programmes précédents d'échantillonnage des eaux souterraines.....	3-12
Tableau 3-2 : Comparaison des concentrations d'acroléine en milieu urbain à différentes limites	3-15
Tableau 3-3 : Résumé de l'évolution des facteurs de stress physique reliés à la santé humaine aux installations de Gentilly-2	3-16
Tableau 3-4 : Incertitude liée à l'évaluation des risques environnementaux.....	3-21
Tableau 4-1 : Caractéristiques des récepteurs potentiellement exposés aux rejets atmosphériques des installations de Gentilly-2	4-4
Tableau 4-2 : Caractéristiques des récepteurs potentiellement exposés aux rejets liquides des installations de Gentilly-2	4-7
Tableau 4-3 : Radionucléides d'intérêt en 2021	4-9

Tableau 4-4 : Résumé des principales activités d'exploitation ayant eu ou ayant pu avoir une incidence sur les rejets radioactifs annuels.....	4-12
Tableau 4-5 : Taux de consommation de base en fonction des groupes d'âge	4-20
Tableau 4-6 : Pourcentage des taux de consommation de base d'origine locale.....	4-22
Tableau 4-7 : Paramètres de modélisation des rejets atmosphériques à la cheminée de Gentilly-2.....	4-24
Tableau 4-8 : Paramètres de modélisation des rejets de la conduite d'effluents liquides radioactifs de Gentilly-2 dans le chenal sud du fleuve Saint-Laurent.....	4-24
Tableau 4-9 : Doses efficaces annuelles pour les rejets atmosphériques et liquides de 2016 à 2020.....	4-26
Tableau 4-10 : Comparaison des concentrations tritium mesurées à celles calculées par IMPACT pour l'année 2020 autour des installations de Gentilly-2	4-36
Tableau 4-11 : Comparaison des coefficients de dose efficace externe pour l'adulte	4-39
Tableau 4-12 : Ventilation de la dose efficace à l'individu représentatif adulte des trois groupes ayant les doses les plus élevées en 2020	4-43
Tableau 4-13 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2020.....	4-44
Tableau 4-14 : Estimation des doses due au tritium atmosphérique en 2020	4-45
Tableau 4-15 : Estimation du volume et de l'activité dans l'eau des piscines, des boucliers et du caisson du réacteur, et de leurs circuits auxiliaires.....	4-48
Tableau 4-16 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique hors site	4-50
Tableau 4-17 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique sur site autre qu'à l'ASDR et l'GDRS.....	4-50
Tableau 4-18 : Concentrations moyennes annuelles de C-14 atmosphérique.....	4-52
Tableau 4-19 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique	4-53
Tableau 4-20 : Lieu de collecte et d'analyse des précipitations.....	4-54
Tableau 4-21 : Concentrations moyennes annuelles de tritium dans les précipitations hors site	4-54
Tableau 4-22 : Concentrations moyennes annuelles de tritium dans les précipitations sur site.....	4-55
Tableau 4-23 : Concentrations moyennes annuelles d'activité alpha totale dans les précipitations sur site	4-56
Tableau 4-24 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale dans les précipitations hors site.....	4-56
Tableau 4-25 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale dans les précipitations sur site	4-57
Tableau 4-26 : Concentrations moyennes annuelles dans la chair de poisson à la baie Lemarier.....	4-58
Tableau 4-27 : Concentrations moyennes annuelles de H-3, C-14 et d'activité bêta totale dans l'eau	4-59
Tableau 4-28 : Concentrations moyennes annuelles de H-3, I-131, Cs-137 et K-40 dans le lait des fermes	4-61

Tableau 4-29 : Concentrations moyennes annuelles de Be-7, Cs-137 et K-40 dans le sol des fermes.....	4-62
Tableau 4-30 : Concentrations historiques de H-3, Be-7, Cs-137, K-40 et C-14 dans le fourrage des fermes.....	4-62
Tableau 4-31 : Concentrations historiques de Be-7, Cs-137 et K-40 dans les fruits et légumes	4-64
Tableau 4-32 : Concentrations historiques de Cs-137, K-40 et H-3 dans le sirop et l'eau d'érable	4-65
Tableau 4-33 : Concentrations historiques en H-3 dans l'eau de potable des municipalités de Champlain et Gentilly.....	4-66
Tableau 5-1 : Récepteurs terrestres et justification de la sélection.....	5-8
Tableau 5-2 : Récepteurs aquatiques et justification de la sélection.....	5-12
Tableau 5-3 : Résumé de l'évolution des facteurs de stress physique reliés aux récepteurs écologiques des installations de Gentilly-2.....	5-19
Tableau 5-4 : Incertitude liée à l'évaluation des risques environnementaux.....	5-26
Tableau 6-1 : Récepteurs représentatifs de l'EREco	6-3
Tableau 6-2 : Méthodes d'échantillonnage, fréquence et analyse de la surveillance environnementale de Gentilly-2.....	6-6
Tableau 6-3 : Radioactivité atmosphérique à l'ASDR	6-18
Tableau 6-4 : Radioactivité dans les eaux de surface au site de surveillance B'	6-20
Tableau 6-5 : Radioactivité dans les sédiments au site de surveillance B'	6-21
Tableau 6-6 : Radioactivité dans les tissus de poisson au site de surveillance B	6-22
Tableau 6-7 : Radioactivité dans les plantes aquatiques au site de surveillance B'	6-22
Tableau 6-8 : Débits de dose interne, externe et totale calculés	6-29
Tableau 6-9 : Quotient de danger pour le biote non humain.....	6-36
Tableau 6-10 : Historique des rejets liquides	6-46
Tableau 6-11 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique autour de l'ASDR.....	6-48
Tableau 6-12 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique autour de l'IGDRS.....	6-48
Tableau 6-13 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique sur site autre que ASDR et IGDRS	6-48
Tableau 6-14 : Concentrations moyennes annuelles de C-14 atmosphérique à l'ASDR et IGDRS.....	6-49
Tableau 6-15 : Concentrations moyennes annuelles de C-14 atmosphérique sur site.....	6-50
Tableau 6-16 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique à l'ASDR	6-51
Tableau 6-17 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique à l'IGDRS	6-51
Tableau 6-18 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique sur site	6-51
Tableau 6-19 : Concentrations moyennes annuelles de tritium et d'activité alpha totale dans les précipitations autour de l'IGDRS	6-52

Tableau 6-20 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale dans les précipitations autour de l'IGDRS.....	6-53
Tableau 6-21 : Concentrations moyennes annuelles dans les eaux de surface	6-54
Tableau 6-22 : Concentrations moyennes annuelles dans la chair de poisson du canal de rejet	6-55
Tableau 6-23 : Concentrations dans la chair et la coquille des mollusques.....	6-56
Tableau 6-24 : Concentrations dans les plantes aquatiques.....	6-57
Tableau 6-25 : Concentrations moyenne annuelle dans les sédiments	6-58
Tableau 7-1 : Modifications possibles aux mesures atmosphériques et précipitations pour la santé humaine	7-7
Tableau 7-2 : Modifications possibles aux mesures des autres matrices environnementales pour la santé humaine.....	7-8
Tableau 7-3 : Modifications possibles aux mesures atmosphériques et précipitations pour le biote terrestre	7-10
Tableau 7-4 : Modifications possibles aux mesures des matrices environnementales pour les récepteurs aquatiques	7-11
Tableau A-1 : Évaluation des espèces en péril.....	A-4
Tableau B-1 : Résultats de l'échantillonnage du sol de surface du 2021-06-21 - BTEX	B-1
Tableau B-2 : Résultats de l'échantillonnage du sol de surface du 2021-06-21 – contaminants conventionnels, métaux et matières inorganiques.....	B-3
Tableau B-3 : Comparaison des valeurs historiques des BTEX et des HP dans les eaux souterraines avec les critères d'évaluation de la santé humaine.....	B-5
Tableau C-1 : Comparaison des valeurs historiques des BTEX et HP dans les eaux souterraines avec les critères de protection de la vie aquatique.....	C-1
Tableau C-2 : Concentrations de métaux et de chimie générale dans les eaux souterraines du site.....	C-5
Tableau C-3: Concentrations de métaux et de chimie générale dans les effluents du site.....	C-7
Tableau C-4 : Concentrations d'hydrocarbures pétroliers et d'hydrazine dans les effluents sur le site.....	C-15
Tableau D-1 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose à l'arbre.....	D-2
Tableau D-2 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour les graminées et herbes.....	D-3
Tableau D-3 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour le petit mammifère.....	D-4
Tableau D-4 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour le grand mammifère	D-5
Tableau D-5 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose à l'oiseau	D-6
Tableau D-6 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour l'amphibien.....	D-7
Tableau D-7 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour le mammifère aquatique	D-8
Tableau D-8 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose aux plantes d'eau douce.....	D-10
Tableau D-9 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour les invertébrés d'eau douce.....	D-12

Tableau D-10 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose aux larves d'insectes	D-14
Tableau D-11 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour les poissons benthiques.....	D-16
Tableau D-12 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose aux poissons pélagiques.....	D-18
Tableau E-1 : Paramètres du nouveau modèle de rivière IMPACT.....	E-3
Tableau E-2 : Comparaison des concentrations calculées dans l'eau du fleuve pour les rejets liquides de 2021	E-3
Tableau E-3 : Comparaison des doses annuelles pour les rejets liquides de 2021	E-4
Tableau E-4 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2020 (ancien modèle).....	E-5
Tableau E-5 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2021 (ancien modèle).....	E-5
Tableau E-6 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2021 (nouveau modèle).....	E-6
Tableau E-7 : Comparaison des concentrations estimées aux concentrations sans effet nocif observé pour le biote aquatique.....	E-7

1. INTRODUCTION

Hydro-Québec (HQ) a exploité d'octobre 1983 jusqu'à décembre 2012 la centrale nucléaire de Gentilly-2, une centrale de type CANDU®¹ qui avait une puissance électrique brute de 675 MW. La centrale a été arrêtée définitivement le 28 décembre 2012. Hydro-Québec exploite également des installations de déchets radioactifs pour entreposer les déchets radioactifs solides et le combustible irradié de Gentilly-2.

En 2016, la Commission de toponymie du Québec a émis un avis favorable à la suite de la demande d'Hydro-Québec de modifier le toponyme de la « centrale nucléaire de Gentilly-2 » pour celui de « Installations de Gentilly-2 ». L'expression « les installations de Gentilly-2 » est utilisée pour faire référence à l'installation nucléaire de Gentilly-2 ainsi qu'aux installations de déchets radioactifs. Les installations de déchets radioactifs comprennent l'aire de stockage des déchets radioactifs solides (ASDR), l'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) et l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS). L'appellation « centrale nucléaire » est conservée dans le présent document seulement si on réfère au passé.

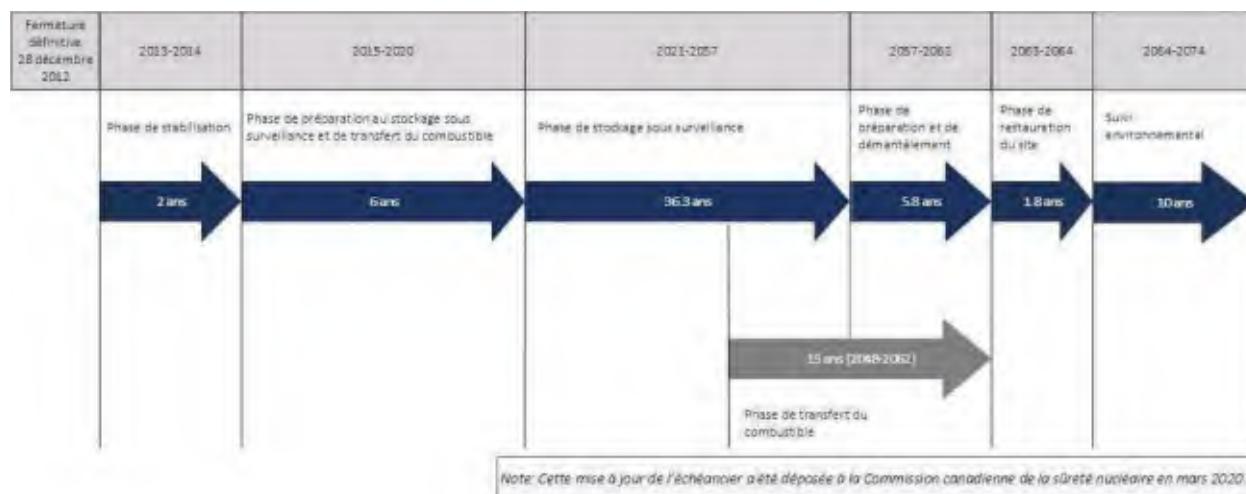
Les installations de Gentilly-2 sont situées dans la municipalité de Bécancour, sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, à environ 15 km à l'est de Trois-Rivières (Québec, Canada).

Depuis l'arrêt de la centrale le 28 décembre 2012, Hydro-Québec procède aux activités liées à son déclassement. Le processus de déclassement tel que décrit dans le *Plan de déclassement préliminaire des installations de Gentilly-2* [1] est divisé en cinq phases :

- Phase 1 : Stabilisation
- Phase 2 : Stockage sous surveillance
 - Phase 2a : Préparation au stockage sous surveillance
 - Phase 2 b : Stockage sous surveillance
- Phase 3 : Démantèlement
 - Phase 3a : Préparation du démantèlement
 - Phase 3 b : Exécution du démantèlement
- Phase 4 : Restauration du site
- Phase 5 : Suivi environnemental

L'échéancier de déclassement est montré à la Figure 1-1.

¹ CANDU (CANada Deuterium Uranium) est une marque déposée d'Énergie atomique du Canada limitée (EACL).



Source : figure 14 de la référence [1].

Note: Bien que le plan de déclassement préliminaire [1] déposé à la CCSN indique la fin de l'année 2021 pour l'atteinte de l'état de stockage sûr (ESS) sec et le début de la phase de stockage sous surveillance, la récente planification détaillée des dernières activités permettant l'atteinte de l'ESS sec démontre que ce jalon sera atteint vers la fin de 2024.

Figure 1-1 : Échéancier de déclassement des installations de Gentilly-2

En 2020, la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) a demandé à Hydro-Québec de produire une évaluation des risques environnementaux (ERE) conforme aux exigences les plus récentes du document d'application de la réglementation REGDOC-2.9.1 *Protection de l'environnement — Principes, évaluation environnementale et mesures de protection de l'environnement* [2]. Cette ERE doit remplacer l'*évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour* (ERET) de Gentilly-2 [3], datant de 2002, alors que la centrale était en exploitation et qu'il était planifié d'en agrandir les installations de stockage de déchets en prévision de sa réfection.

Le document de réglementation REGDOC-2.9.1 exige notamment que l'ERE soit mise à jour lorsqu'il y a un changement significatif dans les activités pouvant altérer les interactions avec l'environnement. L'ERE est mise à jour en raison de la transition vers la phase de stockage sous surveillance (SSS). Cette phase de préparation au stockage sous surveillance comporte les jalons et déclencheurs principaux suivants :

- État de stockage sûr piscine (ESS_{piscine}) en 2014 :
 - Transfert du combustible du cœur du réacteur à la piscine de stockage ;
 - Drainage de l'eau lourde des systèmes dans le bâtiment du réacteur.
- État de stockage sûr à sec (ESS_{sec}), qui coïncide avec le début de la phase de stockage sous surveillance, initialement prévue en 2021 et maintenant vers la fin de 2024 :
 - Rinçage et drainage des tours D₂O ;
 - Drainage de l'eau lourde tritiée des systèmes hors bâtiment du réacteur ;

- Transfert des résines usées à l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS) ;
- Transfert du combustible irradié de la piscine de stockage aux modules de stockage à sec CANSTOR ;
- Drainage de la piscine de stockage et des piscines auxiliaires ;
- Drainage du circuit de refroidissement des boucliers et du caisson ;
- Reconfiguration de la ventilation des bâtiments et salles avec des matières radioactives résiduelles.

1.1 Contexte

La Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires [4] et ses règlements d'application régissent les exigences applicables à la protection du public et de l'environnement pour les installations et les activités nucléaires. Les attentes à l'égard de la protection de l'environnement sont exposées dans le REGDOC-2.9.1 [2] et les normes sous-jacentes.

Cette évaluation des risques environnementaux (ERE) des installations de Gentilly-2 a été préparée en conformité avec la réglementation et les normes courantes. Cette ERE se distingue de l'évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques (ERET) de 2002 [3] à plusieurs égards dont les principaux points sont résumés au Tableau 1-1.

Les différences principales se situent au niveau de la portée de l'évaluation, de l'état de l'installation, des niveaux d'analyse, de la réglementation, des normes et des encadrements pour les programmes de suivi environnemental d'Hydro-Québec et le programme d'assurance qualité appliqué à la réalisation de l'ERE.

L'ERET de 2002, bien que préparée avant le document d'application de la réglementation REGDOC-2.9.1 et la norme CSA N286.6, comporte les mêmes étapes d'évaluation que celles présentement prescrites dans la norme CSA N288.6-F12 intitulée *Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration* [5]. Ceci découle du fait que les deux s'appuient sur les mêmes approches développées par Environnement Canada, l'agence américaine Environmental Protection Agency (EPA), et le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME).

La transition vers la phase de stockage sous surveillance amène son lot de changements au niveau des interactions avec l'environnement :

- Diminution des risques au niveau du combustible et de l'eau tritiée ;
- Diminution de la radioactivité quantifiée aux rejets ;
- Changements au niveau des installations et de leur utilisation.

Tableau 1-1 : Différences principales entre l'ERET de 2002 et cette nouvelle ERE

	ERET de 2002 [3]	ERE
Portée	<ul style="list-style-type: none"> • Gentilly-2 • Centrale Bécancour • ASSCI • ASDR • IGDRS (résines, retubage, déchets réfection) • Projet réfection 	<ul style="list-style-type: none"> • Gentilly-2 • ASSCI • ASDR • IGDRS (résines, combustible défectueux encapsulé) • Préparation au stockage sous surveillance (SSS) et phase SSS
État de l'installation	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> • Référence : ESS_{piscine} • Préditive : ESS_{sec}, SSS
Niveau(x)	I — analyse préliminaire conservatrice	Jusqu'à 3 niveaux selon le besoin : I — évaluation de dépistage des risques II — évaluation de risques préliminaire quantitative III — évaluation de risques détaillée quantitative
Étapes d'évaluation	<ul style="list-style-type: none"> • Identification du danger ou évaluation du problème • Estimation de l'exposition • Évaluation toxicologique ou des effets • Caractérisation du risque • Gestion du risque 	<ul style="list-style-type: none"> • Identification du danger ou évaluation du problème • Estimation de l'exposition • Évaluation toxicologique ou des effets • Caractérisation du risque • Recommandations basées sur la gestion du risque
Document d'application de la réglementation et normes	N288.1-M87 (R1998) N288.4-M91 (R1998)	REGDOC-2.9.1 [2] N288.1-F14 [6] N288.4-F10 [7] N288.5-F11 [8] N288.6-F12 [5] N288.7-F15 [9]

	ERET de 2002 [3]	ERE
Programmes de suivi environnemental	Radiologique : NM-5.08, 1999 Physico-chimique : non disponible, recommandé	<i>Plan de surveillance radiologique de l'environnement (PSRE) [10]</i> <i>Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2 (PSE) [11]</i>
Assurance qualité	Non spécifié	Programme assurance qualité Calian conforme aux normes ISO-9001-2015, N286 et N299, et plan qualité spécifique au projet

1.2 But

L'évaluation des risques environnementaux (ERE) des installations nucléaires est un processus systématique utilisé pour identifier, quantifier et caractériser le risque posé par les contaminants et les facteurs de stress physique dans l'environnement sur les récepteurs biologiques, y compris l'ampleur et la portée des effets potentiels associés à une installation. Les récepteurs comprennent les humains ainsi que les biotes non humains. Les récepteurs humains sont traités par une évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH) et les biotes non humains sont traités par une évaluation des risques écologiques (EREco).

L'évaluation vise à identifier les risques pour la santé humaine et l'environnement en tant que résultat des opérations passées, en cours et futurs sur le site des installations de Gentilly-2.

L'évaluation des risques a été préparée conformément à l'approche décrite dans la norme CSA N288.6-F12 intitulée *Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration* [5].

L'évaluation des risques environnementaux tient compte des modifications potentielles aux engagements actuels de surveillance du site tout en respectant les exigences décrites dans la norme CSA N288.4-10 intitulée *Programmes de surveillance de l'environnement aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium* [7] et la norme CSA 288.5-11 intitulée *Programmes de surveillance des effluents aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium* [8].

1.3 Objectifs

Les objectifs de l'ERE sont :

- Décrire le site, incluant les installations, les conditions météorologiques, hydrologiques et géologiques, la faune et la flore, et les sources de rejets ;

- Identifier et classer par ordre de priorité les contaminants potentiellement préoccupants et les facteurs de stress physique ;
- Identifier et classer par ordre de priorité les sources ou points de rejet des contaminants et les facteurs de stress physique préoccupants ;
- Identifier et classer par ordre de priorité les récepteurs potentiels (humains et biotes non humains) qui suscitent des préoccupations ;
- Identifier les composantes valorisées de l'écosystème de façon à préciser les récepteurs écologiques et humains qui seront retenus dans le cadre de l'analyse des risques environnementaux ;
- Inclure un modèle conceptuel de l'environnement représentant la relation entre les sources et les récepteurs ;
- Fournir une évaluation de l'exposition aux contaminants et aux facteurs de stress physique préoccupants (à utiliser avec les valeurs de référence pour évaluer le risque) ;
- Identifier les valeurs de référence utilisées pour évaluer les effets potentiels des contaminants et des facteurs de stress physique préoccupants sur les récepteurs ;
- Fournir une évaluation du risque environnemental que présente les installations pour les récepteurs ;
- Identifier et, si possible, quantifier les incertitudes dans l'évaluation du risque environnemental ; et
- Recommander, le cas échéant, des ajustements au *Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2* (PSE) [12] et au *Plan de surveillance radiologique de l'environnement en ESS* (PSRE) [10].

1.4 Portée

L'ERE porte sur les risques à la santé humaine (ERSH) et les risques écologiques (EREco) dus aux contaminants radioactifs, aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques.

L'ERE porte sur les risques issus de l'utilisation passée, actuelle et future des installations de Gentilly-2. Cela comprend :

- Ce qui était la centrale nucléaire Gentilly-2 (bâtiment des services, de la turbine, réacteur, administratif, les canaux d'amenée et de rejet, et autres bâtiments connexes tels que les laboratoires, le bâtiment d'inspection périodique (BIP), le centre de récupération des matières dangereuses, l'entrepôt éloigné, la station de pompage et le poste de garde) ;
- L'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS) ;
- L'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) ;
- L'aire de stockage de déchets radioactifs (ASDR) ;
- Les étangs aérés de traitement des eaux usées sanitaires.

Cependant, les installations suivantes sont exclues de la portée de l'ERE :

- Le site d'enfouissement et de retraitement des déchets non radioactifs (hors site) ;

- La centrale de Bécancour, ses réservoirs de carburant et son quai de dépotage ;
- La nouvelle usine de production d'eau déminéralisée (UED) ;
- Le poste de sectionnement et le bâtiment SF₆, étant donné que le bâtiment SF₆ est relié au fonctionnement de la centrale de Bécancour (qui est exclue) et que le remplacement de l'alimentation électrique de Gentilly-2 par une ligne de 25 kV est prévu prochainement ;
- Les installations de Gentilly-1.

Depuis l'arrêt définitif du réacteur en décembre 2012, l'état des installations évolue, tel que présenté à la section 1.1. Le Tableau 1-2 résume la chronologie des activités ayant une incidence sur les changements d'état des installations depuis l'arrêt définitif du réacteur et celles à venir jusqu'à la phase de SSS.

Etant donné que l'ERE est préparée alors que l'installation évolue dans le temps de l'état ESS_{piscine} à ESS_{sec}/SSS, l'ERE analyse 2 états :

- ERE de référence en fonction des connaissances de l'état de l'installation au début de la préparation de l'ERE (fin 2020) ; cet état de référence s'appuie sur les données historiques avec emphase sur les données et tendances récentes mesurées durant la phase ESS_{piscine} ; l'ERE de référence fournit une évaluation quantitative et conservatrice des risques.
- ERE prédictive couvre la fenêtre de temps après l'ERE de référence jusqu'à l'état ESS_{sec} et la phase SSS à venir, sur la base des tendances historiques observées et changements attendus durant cette période. Cette ERE prédictive fournit une évaluation qualitative des risques comparée à l'ERE de référence.

1.5 Assurance qualité

L'ERE a été réalisé conformément au système de gestion de la qualité de Calian nucléaire qui est certifié ISO 9001:2015 et conforme aux normes CSA N286 et N299 [13]. Le système de gestion de la qualité est supporté par les procédures suivantes (en anglais) :

- PROC-01: Control of Nuclear Analysis Software
- PROC-02: Calculations
- PROC-03: Deliverable Planning
- PROC-04: Deliverable Realization
- PROC-05: Review and Verification
- PROC-06: Control of Detection Equipment
- PROC-07: Document and Data Control
- PROC-08: Procurement
- PROC-09: Training
- PROC-10: Condition Reporting
- PROC-11: Internal Audits

- PROC-12: External Audits

Pour le développement de l'ERE, un plan qualité spécifique a été développé qui spécifie les ressources responsables du développement, de la révision, de l'approbation et de l'autorisation de l'émission des livrables.

Les données environnementales d'Hydro-Québec sont utilisées pour l'ERE. La production de ces données est encadrée par les documents suivants:

- Le *Manuel de Gestion qualité des installations de Gentilly-2* [14]
- Le *Programme de protection de l'environnement* [15].
- Le *Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr* [10]
- Le *Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2 – État de stockage sûr (en piscine)* [12].

Tableau 1-2 : Activités et évolution des états des installations nucléaires de Gentilly-2 depuis l'arrêt définitif du réacteur

État	Activité	Exploitation	Stabilisation (ESS _{piscine} en 2014) et préparation au stockage sous surveillance (ESS _{sec} prévu vers la fin 2024)									Stockage sous surveillance 2024-2057	
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Arrêt définitif du réacteur	X]												
Déchargement du combustible du cœur, atteinte état cœur déchargé		X]											
Drainage et mise en retrait des circuits caloporeur et modérateur, atteinte ESS _{piscine}			X]										
Transfert du combustible intact aux modules CANSTOR		X		X	X	X	X	X	X	X	X]		
Transfert des résines usées aux enceintes de stockage de résines usées (ESRU)		X	X				X]						

Activité	État	Exploitation	Stabilisation (ESS _p iscine en 2014) et préparation au stockage sous surveillance (ESS _{sec} prévu vers la fin 2024)									Stockage sous surveillance	
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Encapsulation du combustible défectueux et transfert aux modules CANSTOR										X]			
Transfert de l'eau lourde du calopoteur hors site					X]								
Transfert de l'eau lourde du modérateur hors site (quantité restante de moins de 10 barils)										X	X]		
Traitement de barils de chiffons contaminés									X	X	X	X]	
Traitement de barils d'huiles contaminées										X	X	X	X]
Réduction de volume déchets à l'aire de stockage de déchets radioactifs (ASDR) et l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS)										X	X	X	X]

Activité	État	Exploitation	Stabilisation (ESS _p iscine en 2014) et préparation au stockage sous surveillance (ESS _{sec} prévu vers la fin 2024)									Stockage sous surveillance		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Gestion et transfert des composants radioactifs solides dans les silos de retubage											X	X	X	2024]
Traitement des barils de solvants contaminés											X	X	X	2026]
Rinçage et drainage des tours D2O											X]			
Drainage de l'eau lourde tritée des systèmes hors bâtiment du réacteur														2024]
Reconfiguration de la ventilation des bâtiments et salles avec des matières radioactives résiduelles														2026]
Drainage de l'eau de piscines de stockage														2024]
Drainage de l'eau des boucliers et du caisson													X]	
Mise en retrait des systèmes nucléaires											X	X	X	2025]

Activité	État	Exploitation	Stabilisation (ESS _p iscine en 2014) et préparation au stockage sous surveillance (ESS _{sec} prévu vers la fin 2024)							Stockage sous surveillance				
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Autres activités d'entretien (ex : réfection étangs aérés)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X>

1.6 Approche

Pour les contaminants conventionnels, l'ERE suivra les étapes suivantes :

- Effectuer une caractérisation complémentaire du site, si requis. Cela permettra, au besoin, une meilleure compréhension de l'installation et de l'environnement ;
- Identifier les contaminants potentiellement préoccupants (CPP), les récepteurs et les emplacements des récepteurs. Les CPP devant faire l'objet d'une évaluation plus approfondie seront identifiés sur la base d'un examen préalable à l'aide de critères normalisés basés sur le risque (par exemple, le CCME) ;
- Définir les concentrations aux points d'exposition pour les CPP aux emplacements des récepteurs ;
- Identifier les modèles et les taux d'exposition ;
- Caractériser la toxicité des CPP pour les divers récepteurs et voies d'exposition ;
- Élaborer des repères d'évaluation ; et
- Réaliser l'évaluation de la toxicité et des effets. Pour ce faire, on calcule les quotients de danger pour les combinaisons récepteur-voie d'exposition-CPP ou on calcule le risque de cancer, le cas échéant, pour les récepteurs humains.

L'évaluation prédictive des risques environnementaux passe en revue les CPP, les récepteurs et les voies d'exposition en utilisant les conditions actuelles comme base de référence des risques environnementaux. Lorsque les risques peuvent être plus importants dans les scénarios futurs, les étapes de l'ERE mentionnées ci-dessus sont suivies comme il se doit.

Pour les contaminants radioactifs, l'ERE met à profit certains éléments de l'ERET de 2002 [3], comme l'analyse des incertitudes, tandis que d'autres éléments sont plutôt revus et actualisés, tels qu'illustrés au Tableau 1-3.

L'évaluation des risques sur la santé humaine (ERSH) intègre les modèles les plus récents de calcul des limites opérationnelles des rejets aériens [16] et liquides [17] de Gentilly-2, et des doses annuelles à la population [18] [19] selon la norme CSA N288.1-F14 [6]. Cette modélisation prend en compte les rejets atmosphériques et liquides, les voies d'exposition au nuage, au sol, l'inhalation et l'ingestion.

Pour l'évaluation des risques écologiques (EREco), des récepteurs sont choisis sur la base des composants valorisés de l'écosystème (CVE) qui sont modélisés, au besoin, par des organismes de référence, conformément aux recommandations de la Publication 38 de la *Commission internationale de protection radiologique* (CIPR) [20]. La concentration des radionucléides dans les récepteurs est basée sur les mesures ou estimations avec le logiciel IMPACT versions 5.5.1 et 5.5.2. Les doses sont déterminées soit directement du calcul IMPACT ou dérivées à partir des concentrations en utilisant ERICA (« *Ecological Risk from Ionizing Contaminants: Assessment and Management* ») [21].

Tableau 1-3 : Comparaison des approches d'évaluation de risques radiologiques

	ERET de 2002 [3]	ERE
Concentrations	Mesures Calcul IMPACT 1.0	Mesures Calcul IMPACT 5.5.2
Récepteurs humains	<p>Groupes d'âge :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfant • Adulte <p>Récepteurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Milieu agricole • Milieu de travail 	<p>Groupes d'âge :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enfant 1 an • Enfant 10 ans • Adulte <p>Résidents de la ferme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ferme Est • Ferme Nord • Ferme SE1 • Ferme SE2 • Ferme Sud <p>Résidents de municipalités</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batiscan • Champlain • Saint-Pierre-Les-Becquets • Sainte-Marthe-du-Cap • Secteur Bécancour • Secteur Gentilly <p>Chasseurs-pêcheurs</p> <p>Travailleurs (adultes)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ouest • Sud-ouest • Centrale Bécancour • Laprade
Récepteurs non humains	<p>Milieu aquatique (eau douce)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eau • Invertébrés • Plantes • Poissons • Sédiments <p>Milieu agricole Air</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sol • Animaux de la ferme • Plantes de la ferme <p>Milieu terrestre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Amphibiens • Arbres • Invertébrés • Mammifères • Oiseaux • Plantes terrestres • Reptiles 	<p>Milieu aquatique (eau douce)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eau • Invertébrés • Plantes • Poissons • Sédiments <p>Milieu agricole</p> <ul style="list-style-type: none"> • Air • Sol • Animaux de la ferme • Plantes de la ferme <p>Milieu terrestre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Amphibiens • Arbres • Invertébrés • Mammifères • Oiseaux • Plantes terrestres • Reptiles

1.7 Organisation du rapport

Le rapport est organisé selon les grandes lignes recommandées à l'annexe A de la norme CSA N288.6-F12 [7]. Cependant, afin de mieux cerner l'évaluation des risques à la santé humaine et écologique dus aux contaminants radioactifs et physico-chimiques, ces derniers sont traités en quatre chapitres au lieu de deux. L'ERE est donc structurée comme suit :

- Chapitre 1 : Introduction ;
- Chapitre 2 : Description de l'installation ;
- Chapitre 3 : Évaluation des risques à la santé humaine dus aux contaminants chimiques et stresseurs physiques ;
- Chapitre 4 : Évaluation des risques à la santé humaine dus aux contaminants radioactifs ;
- Chapitre 5 : Évaluation des risques écologiques dus aux contaminants chimiques et stresseurs physiques ;
- Chapitre 6 : Évaluation des risques écologiques dus aux contaminants radioactifs ;
- Chapitre 7 : Conclusions et recommandations.

1.8 Sigles et acronymes

Sigle ou acronyme	Définition
ACNOR	Association canadienne de normalisation (maintenant Groupe CSA)
ASDR	Aire de stockage des déchets radioactifs
ASSCI	Aire de stockage à sec du combustible irradié
BIP	Bâtiment d'inspection périodique
CANDU®	Canada Deutérium Uranium
CANSTOR	CANDU Storage
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CPP	Contaminant potentiellement préoccupant
CSA	« Canadian Standards Association » (maintenant Groupe CSA)
CVE	Composant valorisé de l'écosystème
EACL	Énergie atomique du Canada limitée
EPA	« U.S. Environmental Protection Agency »
ERE	Évaluation des risques environnementaux
EREco	Évaluation des risques écologiques
ERET	Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques
ERSH	Évaluation des risques sur la santé humaine
ESRU	Enceinte de stockage de résines usées
ESS	État de stockage sûr (à sec ou en piscine)
ICRP	« International Commission on Radiation Protection » (voir CIPR en

Sigle ou acronyme	Définition
	français)
IGDRS	Installation de gestion des déchets radioactifs solides
ISO	« International Standards Organization »
PSE	Plan de surveillance de l'environnement
PSRE	Plan de surveillance radiologique de l'environnement
REGDOC	Document d'application de la réglementation de la CCSN
SSS	Stockage sous surveillance
UED	Usine d'eau déminéralisée

1.9 Références

- [1] Hydro-Québec Production, «Plan de déclassement préliminaire des installations de Gentilly-2,» Rapport technique G2-RT-2020-00020-002, Révision 0, mars 2020.
- [2] Commission canadienne de sûreté nucléaire, «Protection de l'environnement — Principes, évaluation environnementale et mesures de protection de l'environnement,» REGDOC-2.9.1, version 1.2, septembre 2020.
- [3] Hydro-Québec, «Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour,» juin 2002.
- [4] Gouvernement du Canada, «Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires,» L.C. 1997, ch. 9, à jour au 17 novembre 2020.
- [5] Groupe CSA, «Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration,» N288.6-F12 , 2012.
- [6] Groupe CSA, «Guide de calcul des limites opérationnelles dérivées de matières radioactives dans les effluents gazeux et liquides durant l'exploitation normale des installations nucléaires, norme,» N288.1-F14, 2014.
- [7] Groupe CSA, «Programmes de surveillance de l'environnement aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium.,» N288.4-F10, 2010.
- [8] Groupe CSA, «Programmes de surveillance des effluents aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium,» N288.5-F11, 2011.
- [9] Groupe CSA, «Programmes de protection des eaux souterraines aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium,» N288.7-F15, 2015.
- [10] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr,» juin 2017.
- [11] Hydro-Québec Production, «Rapport de sûreté : Gestion des installations de déchets radioactifs solides et du combustible irradié de Gentilly-2,» révision 10, juin 2016.
- [12] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2 - État de stockage sûr (en piscine),» rapport G2-RT-2014-00518-01, Révision 4, juillet 2018.

- [13] Calian, «Calian Nuclear Quality Assurance Manual,» Calian Report MP-01, Version 16.0, May 2021.
- [14] Hydro-Québec Production, «MGQ - Manuel de gestion de la qualité - Installations de Gentilly-2,» révision 5, juillet 2019.
- [15] Hydro-Québec Production, «Programme de protection de l'environnement,» PROG-140, révision 3, 2019.
- [16] F. Lemay, «Limites opérationnelles dérivées conformes à la norme ACNOR N288.1-14,» Rapport G2-RT-2015-16000-011, révision 3, février 2017.
- [17] R. Moffett et C. Barbeau, «Estimation des limites opérationnelles dérivées préalable au prolongement de la ligne de rejet d'effluents liquides radioactifs,» Rapport ISR 8033-01-01, Version 2, mars 2017.
- [18] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2019,» Rapport Calian HYDROQ-0012-01, révision 1.0, avril 2020.
- [19] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2020,» Rapport Calian HYDROQ-0014-01, révision 2, avril 2021.
- [20] Commission internationale de protection radiologique, «Environmental Protection – the Concept and Use of Reference Animals and Plants,» ICRP Publication 108. Ann. ICRP 38 (4-6).
- [21] Commission européenne, «D-ERICA, An Integrated Approach to the Assessment and Management of Environmental Risks from Ionizing Radiation. ERICA Assessment Tool 1.3.,» mai 2019.
- [22] Calian, «Calian Nuclear Quality Assurance Manual,» Calian Report MP-01 Version 17.0, August 2022.

2. DESCRIPTION DU SITE

L'installation nucléaire de Gentilly-2 et ses installations de gestion de déchets sont situées dans la municipalité de Bécancour, sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, à environ 15 km au sud-est de Trois-Rivières (Québec), Canada.

Le site est situé aux coordonnées suivantes, représentant l'entrée du poste de garde :

- Latitude 46°23'37" nord ;
- Longitude 72°21'23" ouest.

Le site de Gentilly-2 est bordé au nord par le fleuve, à l'est par la rivière Gentilly et les terrains du site de Laprade appartenant à *Énergie atomique du Canada limitée* (EACL), au sud par la route 30 et à l'ouest par le *parc industriel et portuaire de Bécancour* (PIPB) (Figure 2-1). Le chenal de la voie maritime du Saint-Laurent se trouve à environ 1 000 mètres du site au point le plus proche. Les agglomérations environnantes sont la municipalité de Champlain à environ 5 km sur la rive nord du fleuve, le secteur de Gentilly de Bécancour à environ 6 km à l'est, et le secteur Bécancour à environ 7 km à l'ouest.

L'environnement autour du site est principalement rural, avec des champs pour la culture, des forêts, une zone industrielle, et des municipalités et villages le long du fleuve.

L'emplacement du site et les limites du terrain dont Hydro-Québec est propriétaire sont montrés à la Figure 2-2. Les limites du terrain englobent une zone d'exclusion de 914 m. La zone d'exclusion est un secteur qui entoure une installation nucléaire et qui est sous le contrôle du titulaire de permis. Cette zone a habituellement pour objectif de réduire les risques pour la population découlant des activités aux centrales nucléaires. Historiquement au Canada, la zone d'exclusion a été établie par prudence à 1 000 verges (914 m) radialement à partir du bâtiment du réacteur, pour tenir compte des limites de dose et des incertitudes [1].

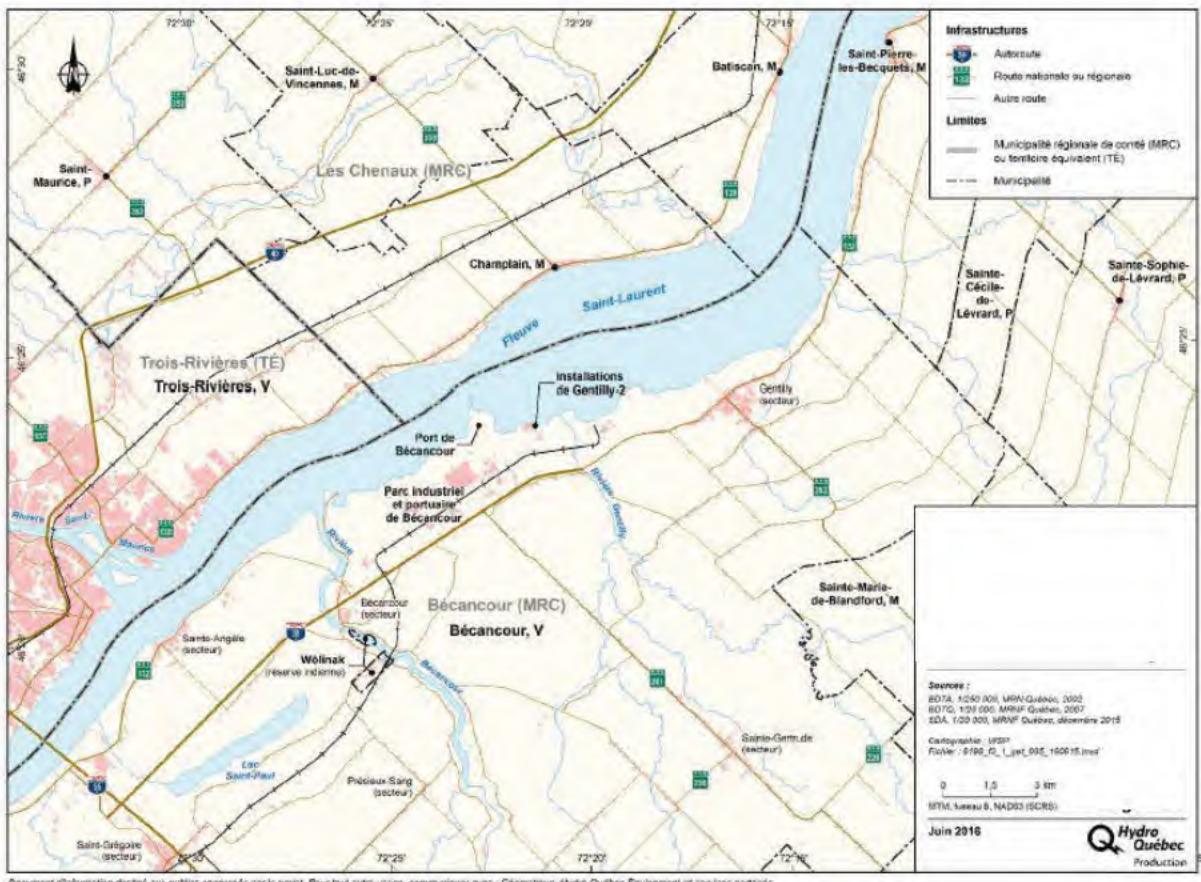
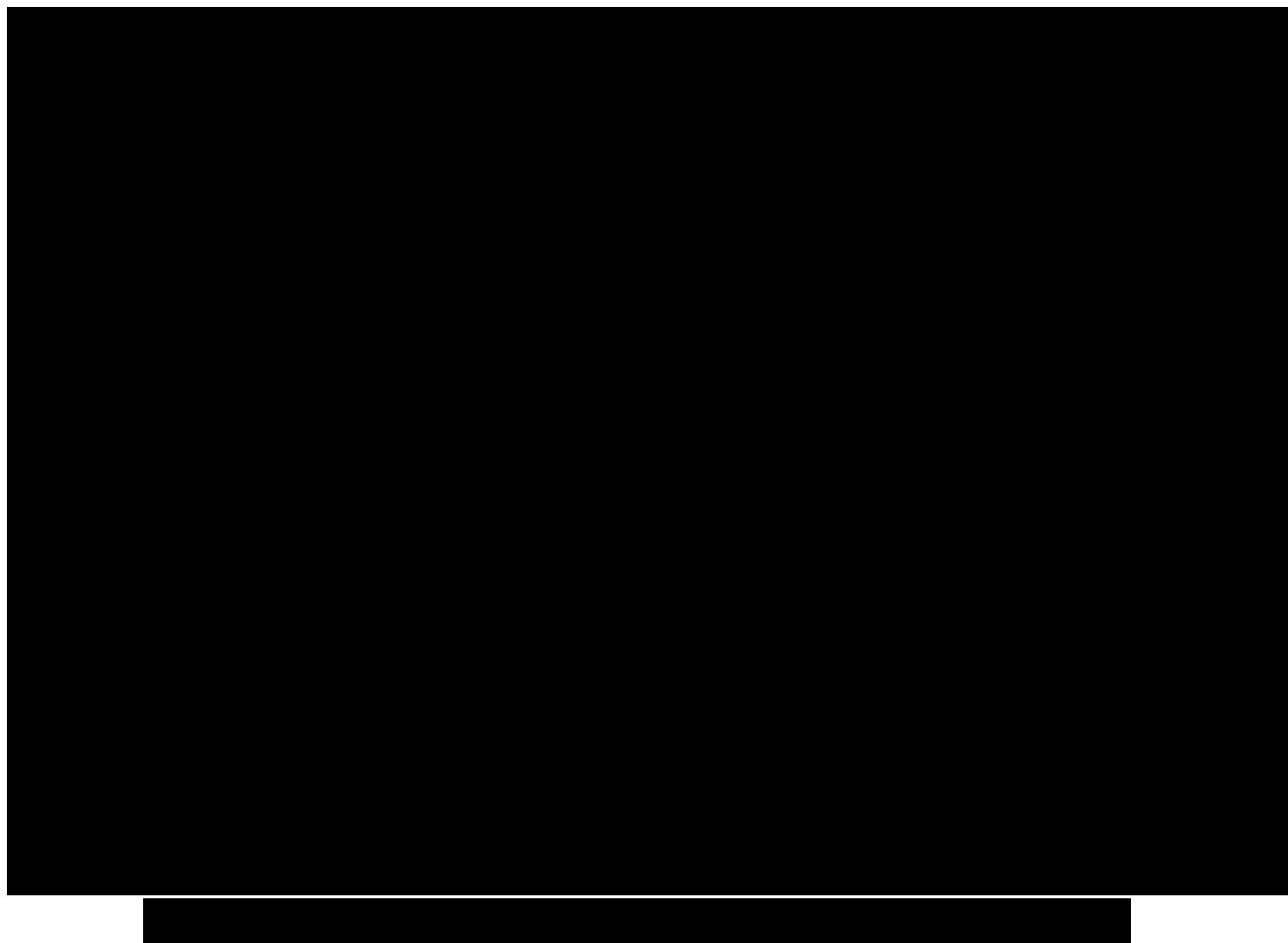


Figure 2-1 : Localisation des installations de Gentilly-2



2.1 Installations du site

Les installations sur le site visées par l'ERE sont montrées à la Figure 2-3 et comprennent :

- L'installation nucléaire Gentilly-2, ce qui était appelé la centrale nucléaire Gentilly-2 ;
- L'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS) ;
- L'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) ;
- L'aire de stockage de déchets radioactifs (ASDR).

Les autres installations présentes sur le site sont exclues de la portée de l'ERE (voir **Chapitre 1**).

Le Tableau 2-1 dresse une liste plus complète des installations sur le site. Les sections qui suivent fournissent une description plus détaillée des installations visées par l'ERE.



Tableau 2-1 : Installations sur le site

Description	Propriétaire ou état
Installation nucléaire Gentilly-2	Hydro-Québec Production arrêtée 2012 Voir section 2.1.1.
• Bâtiment réacteur (BR)	Combustible retiré Eau lourde retirée Systèmes dépressurisés, vidangés, désactivés Voir section 2.1.1.1.
• Bâtiment des services (BS)	Combustible retiré de la piscine de stockage [REDACTED]
• Bâtiment turbine (BT)	Systèmes mis en retrait dépressurisés, vidangés, désactivés. Voir section 2.1.1.3.
• Bâtiment administratif (BA)	Bureaux vidés. Voir section 2.1.1.4.
• Bâtiment des services techniques (BAST)	Bureaux vidés sauf pour le personnel restant. Voir section 2.1.1.5.
• Bâtiment d'inspection périodique (BIP)	Vidé. Voir section 2.1.1.6.
• Centre de récupération des matières contaminées (CRMC)	Toujours en exploitation. Voir section 2.1.1.7.
• Entrepôt éloigné	Stockage de matériel et équipements. Voir section 2.1.1.9.
• Station de pompage	Pompes arrêtées sauf pour l'incendie et EBA. Voir section 2.1.1.10.
• Poste de garde	Maintenant utilisé comme poste de garde et de surveillance. Voir section 2.1.1.11
• Tour météorologique	Mise en retrait et démantelée. Voir section 2.1.1.12.
• Bâtiment des relations publiques	Toujours utilisé. Voir section 2.1.1.13
• Étang aéré de traitement des eaux usées sanitaires	Toujours exploités. Réfection future possible. Voir section 2.1.5.
• Conteneurs d'entreposage extérieur d'huiles et solvants contaminés	Les huiles contaminées ont été incinérées dans une installation spécialisée aux États-Unis. Reste quelques barils de solvants contaminés à traiter.
Installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS)	Hydro-Québec Voir section 2.1.2
• Enceintes de déchets de faible et moyenne activité (EDFMA)	Stockage de déchets de faible et moyenne activité. Partiellement utilisées. Voir section 2.1.2.1.

Description	Propriétaire ou état
<ul style="list-style-type: none"> • Enceintes de stockage des filtres usagés (ESFU) 	Stockage de filtres usagés. Non encore utilisées. Voir section 2.1.2.2.
<ul style="list-style-type: none"> • Enceintes de stockage de résines usées (ESRU) 	Stockage de résines usées. Partiellement utilisées. Voir section 2.1.2.3.
<ul style="list-style-type: none"> • Silos à déchets de retubage 	Structures partiellement reconvertis pour le stockage de composants métalliques irradiés auparavant stockés dans la piscine auxiliaire. Non encore utilisées. Voir section 2.1.2.4
<ul style="list-style-type: none"> • Modules CANSTOR 	Stockage à sec d'une portion du combustible irradié (deux modules comme à l'ASSCI, voir section 2.1.3).
Aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI)	Hydro-Québec Voir section 2.1.3
<ul style="list-style-type: none"> • Modules CANSTOR 	Stockage à sec de la majorité du combustible irradié (neuf modules).
Aire de stockage de déchets radioactifs (ASDR)	Hydro-Québec Voir section 2.1.4
<ul style="list-style-type: none"> • Fosses de stockage 	Stockage de déchets emballés de faible et moyenne activité.

Note : les installations de Gentilly-1, la centrale de Bécancour, l'usine d'eau déminéralisée, le poste de sectionnement et le bâtiment SF₆ sont aussi situés sur le site, mais hors de la portée de l'ERE.

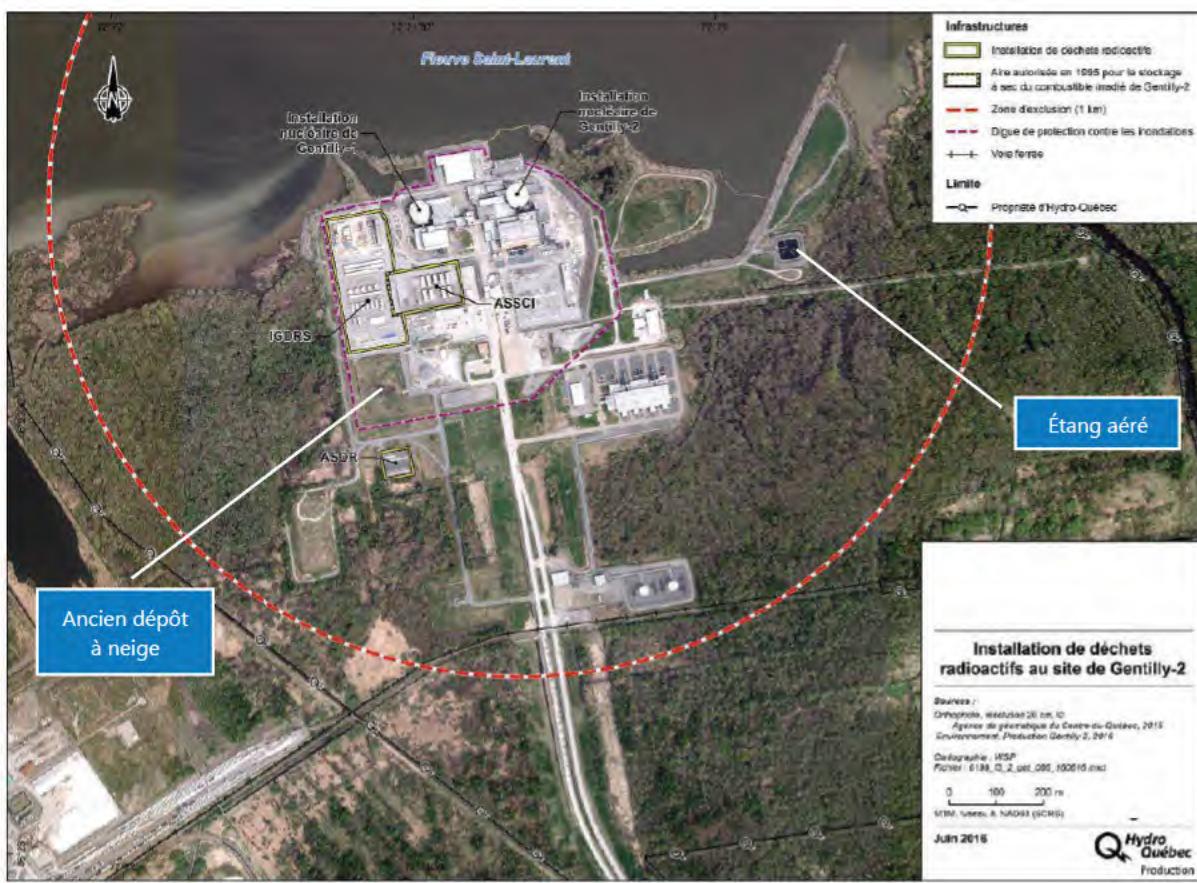


Figure 2-3 : Installations de déchets sur le site de Gentilly-2, ainsi que la localisation de l'ancien dépôt à neige et de l'étang aéré

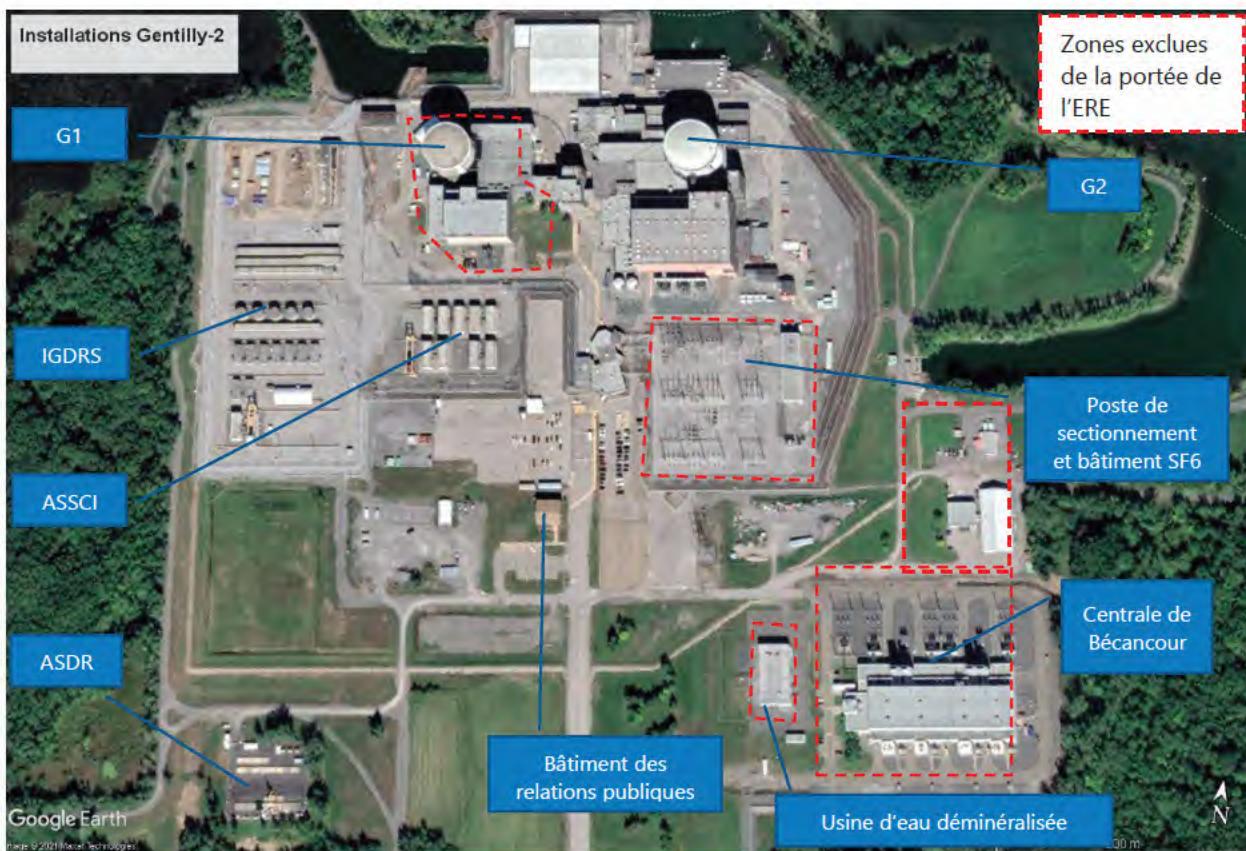


Figure 2-4 : Vue rapprochée des installations sur le site de Gentilly-2

2.1.1 Installation nucléaire de Gentilly-2

L'installation nucléaire de Gentilly-2 comprend plusieurs bâtiments et structures (voir Figure 2-5) :

- Le bâtiment réacteur (BR) ;
- Le bâtiment des services (BS) ;
- Le bâtiment turbine (BT) ;
- Le bâtiment administratif (BA) ;
- Le bâtiment d'administration des services techniques (BAST) ;
- D'autres bâtiments connexes tels que le bâtiment d'inspection périodique (BIP), le centre de récupération des matières contaminées (CRMC), l'atelier de peinture, l'entrepôt éloigné, la station de pompage, le poste de garde, l'ancienne tour météorologique (maintenant démantelée) et le bâtiment des relations publiques.

Le poste de sectionnement, le bâtiment SF₆, la centrale de Bécancour et l'usine d'eau déminéralisée sont opérés indépendamment des installations de Gentilly-2 par d'autres

instances d'Hydro-Québec, et par conséquent exclus de la portée de l'ERE, tout comme les installations de Gentilly-1 qui appartiennent aux Laboratoires nucléaires canadiens (LNC).

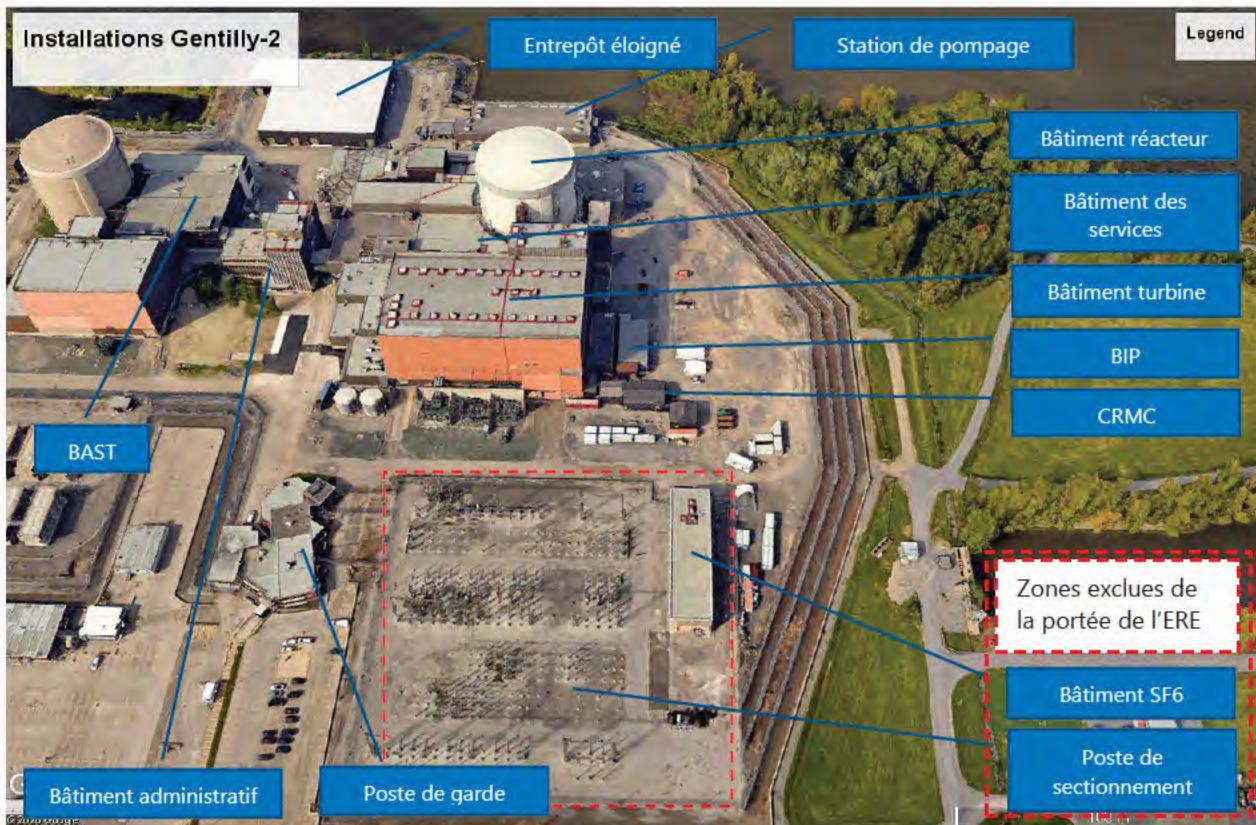


Figure 2-5 : Installation nucléaire de Gentilly-2

Plusieurs systèmes de production d'énergie ou en soutien à la production ont été arrêtés, désactivés, dépressurisés, vidangés, et ont été mis en retrait par suite de l'arrêt de production en décembre 2012, ou le seront au cours des prochaines années.

Les principaux éléments radioactifs ont été retirés et stockés ou expédiés hors site pour valorisation auprès de tiers, pour fins de stockage ou de traitement :

- Le cœur du réacteur a été vidé de son combustible. Tout ce dernier se retrouve maintenant dans les modules CANSTOR de l'ASSCI et de l'IGDRS.
- Les réservoirs de résines usées ont été vidés et les résines transférées dans les enceintes de stockage des résines usées (ESRU) de l'IGDRS.
- La majeure partie des filtres du système caloporteur a été transférée à l'ASDR (210). Dix filtres primaires sont encore en centrale, soit neuf dans leur système et un dans un château de plomb.
- Le circuit caloporteur et le circuit du modérateur ont été vidangés. L'eau lourde provenant du circuit caloporteur a été valorisée auprès d'un autre titulaire de permis et

[REDACTED]

Les systèmes qui sont toujours en fonction et qui constituent les principales sources d'effluents radioactifs sont :

- Le système de ventilation du bâtiment réacteur, via sa cheminée principale ;
- Le système de ventilation du bâtiment des services, via sa cheminée BS ;
- Le système de rejets d'effluents liquides radioactifs.

D'autres rejets peuvent venir du système de ventilation du CRMC ou d'autres salles non liées aux systèmes de ventilation principaux.

2.1.1.1 *Bâtiment réacteur*

Le bâtiment réacteur abrite principalement :

- Le réacteur (déchargé) ;
- Le système caloporeur (drainé, asséché) ;
- Le système modérateur (drainé) ;
- Les systèmes d'arrêt du réacteur (désactivés, drainé et dépressurisé) ;
- Le système d'arrosage (drainé) ;
- Le système de refroidissement du bâtiment (arrêté) ;
- Les systèmes de ventilation (en fonction) et de récupération de vapeur (arrêté) ;
- Le système de refroidissement d'urgence du cœur (drainé, désactivé) ;
- Le système de refroidissement en temps d'arrêt (drainé, asséché) ;
- Le système d'isolation de l'enceinte de confinement (désactivé) ;
- Les machines de rechargement de combustible (drainées, déchargées).

Le combustible a été retiré du réacteur en 2013. L'eau lourde des circuits du caloporeur et du modérateur a été drainée et disposée hors site. Le système caloporeur a de plus été asséché.

L'eau lourde et l'eau légère des autres systèmes a été vidangée sauf pour les deux systèmes fermés suivants qui contiennent toujours de l'eau légère :

- Le caisson du réacteur ;
- Les boucliers du réacteur.

Le bâtiment réacteur demeure ventilé afin d'évacuer les traces résiduelles de contaminants radioactifs qui émaneraient de la surface de la cuve du modérateur, et maintenir une dépression entre le bâtiment du réacteur et les zones moins contaminées à l'extérieur du bâtiment.

2.1.1.2 *Bâtiment des services*

Le bâtiment des services abrite principalement :

- La salle de commande principale et la salle de commande d'urgence ;
- Des ateliers, vestiaires, et laboratoires ;
- La piscine principale de stockage du combustible et les piscines auxiliaires ;
- Des réservoirs de stockage d'eau lourde (USI 3811-TK1 à TK4) ;
- L'équipement de ventilation et de filtration de l'air du bâtiment réacteur ;
- Les soupapes de vapeur principales ;
- La partie hors BR des systèmes de refroidissement du réacteur et du modérateur.

Le combustible entreposé dans les piscines a été complètement transféré en stockage à sec, aux modules CANSTOR. Les réservoirs de stockage d'eau lourde (USI 3811-TK1 à TK4) ont été vidés et le contenu transféré hors site.

Les systèmes de purification et de circulation de la piscine de stockage demeurent en fonction jusqu'à ce que la piscine soit vidée de son eau. Il n'y a cependant plus de refroidissement puisque l'EBA a été isolée à l'échangeur de chaleur.

Le système de collecte et de rejets des effluents liquides radioactifs demeure opérationnel pour les drains du BR, du BS, du CRMC, de l'atelier de décontamination et de la buanderie en zone radiologique.

2.1.1.3 *Bâtiment turbine*

Le bâtiment turbine abrite principalement :

- La tuyauterie et le collecteur de vapeur principale
- La turbine et le générateur
- Les salles électriques
- Le système d'eau d'alimentation secondaire (condenseur, bâche d'alimentation, dégazeur, pompes d'alimentation)
- L'ancienne installation de production d'eau déminéralisée
- Les génératrices diesel de catégorie IV

Les systèmes ont été dépressurisés, vidangés et désactivés. Les salles électriques (T2-403, la salle de batteries et des onduleurs) et le système d'air (75 100) demeurent en fonction. Certains équipements comme les châteaux de transfert des résines usées sont entreposés dans le bâtiment turbine.

Les transformateurs de service alternateur (TSA) et de service réseau (TSR) situés à l'extérieur du bâtiment turbine demeurent en fonction. Ils sont reliés au poste de sectionnement et au poste SF₆, qui lui-même est relié à la centrale Bécancour et au réseau Hydro-Québec. Le transformateur de l'alternateur (TA) a été mis en retrait et son contenu en huile a été vidangé.

2.1.1.4 *Bâtiment administratif*

Des espaces de bureaux et les locaux dédiés au plan de mesures d'urgence étaient localisés au bâtiment administratif. Les étages ont été vidés et mis en accès restreint, sauf pour le 6^e étage qui demeure un point de rassemblement du plan des mesures d'urgence (alerte de chlore) et le 7^e étage où les équipements reliés à la ventilation se trouvent.

2.1.1.5 *Bâtiment d'administration des services techniques*

Les bureaux des équipes d'ingénierie des systèmes et des autres équipes de soutien sont localisés au bâtiment d'administration des services techniques. Seuls les 1^{er} et 2^e étages sont occupés par le personnel restant. Le laboratoire de radioprotection se trouve notamment au 1^{er} étage.

2.1.1.6 *Bâtiment d'inspection périodique*

Le bâtiment d'inspection périodique était utilisé pour de l'instrumentation d'inspection.

2.1.1.7 *Centre de récupération des matières contaminées*

Le CRMC est une aire de gestion des déchets radioactifs et des matières dangereuses résiduelles. Le CRMC est muni de sa propre ventilation incluant des barboteurs pour surveiller les effluents gazeux qui ne sont pas dirigés vers la ventilation principale.

2.1.1.8 *Atelier de peinture*

L'atelier de peinture n'a pas été mis en retrait. Équipé de grenailleurs et d'un dépoussiéreur, il peut encore être utilisé ponctuellement.

2.1.1.9 *Entrepôt éloigné*

L'entrepôt éloigné abrite :

- Équipements, matériaux et pièces de recharge ;
- Outils utilisés pour la maintenance et l'inspection du réacteur et d'autres équipements utilisés lors de travaux de maintenance ou d'inspection qui peuvent être contaminés ;
- Produits chimiques liquides en barils ou en plus petits contenants ;

- Aire de moniteurs des déchets solides et moniteurs de sacs à déchet qui permettent le tri. Les déchets solides sont transférés dans un site d'enfouissement externe s'ils ne sont pas radioactifs, et à l'IGDRS s'ils ne sont pas libérés du contrôle radiologique.

2.1.1.10 *Station de pompage*

La station de pompage abrite les pompes pour les systèmes suivants [2] :

- Eau brute de refroidissement (EBR, USI-71150) ;
- Eau brute d'alimentation (EBA, USI-71160) ;
- Traitement d'eau (USI-71180) ;
- Eau de circulation (EDC, USI-71200) ;
- Eau d'incendie (USI-71410) ;
- Puisards du système de drainage non radioactif (USI-71710) ;
- Eau d'urgence (USI-34610) ;
- Lavage des tamis (du dégrilleur) (USI-71110).

Seules les pompes du système EBA demeurent encore en fonction. Le canal de rejet n'est plus utilisé pour disperser les rejets radioactifs liquides. Ces rejets se font par une conduite installée au fond du canal de rejet qui mène au milieu du chenal sud du fleuve.

L'eau d'incendie est disponible et utilisée lors d'essais ou au besoin. À la suite de la mise en service du prolongement de la conduite de rejet des effluents liquides radioactifs en novembre 2018, tout débit d'eau brute de refroidissement (EBR) a été interrompu puisque les pompes de ce système, jusqu'alors nécessaires à la dispersion des effluents, ont été mises hors service [3].

Voir la section 2.2.12 pour le détail des rejets liquides des installations.

2.1.1.11 *Poste de garde*

Le poste de garde demeure en fonction pour assurer la sécurité physique du site.

2.1.1.12 *Tour météorologique*

La tour météorologique de Gentilly-2 a été mise en retrait et démantelée après une dernière année d'exploitation en 2017.

2.1.1.13 *Bâtiment des relations publiques*

Le bâtiment des relations publiques abrite des locaux de réunion et de formation. Il est encore utilisé.

2.1.1.14 Réservoirs de stockage de carburant externes

Le site comporte des réservoirs de stockage de carburant externes, dont plusieurs ont été retirés ou vidés [4].

Il y avait 13 réservoirs de stockage de carburant hors sols :

- Réservoirs diésel du système d'incendie : 2 de 1 127 litres
- Réservoirs des génératrices diésel de catégorie III : 4 de 2 273 litres (vidés)
- Réservoirs de diésel d'urgence : 2 de 910 litres (retirés)
- Réservoirs de pompe diésel pour l'eau de service recirculée : 2 de 1 137 litres (retirés)
- Réservoirs de carburant automobile : 2 de 1 137 litres
- Réservoir de carburant pour la génératrice diésel 54600-DG5 : 1 de 4 400 litres (dans une roulotte)

Une génératrice diésel additionnelle sera ajoutée dans le cadre d'un projet de modification au système électrique de 25 kV. Son dimensionnement est à déterminer.

Il y avait 9 réservoirs de stockage de carburant souterrains :

- Réservoirs des génératrices diésel de catégorie III : 4 de 89 269 litres (retirés)
- Réservoirs de diésel d'urgence de catégorie 0 : 2 de 22 750 litres (retirés)
- Réservoir de pompe diésel pour l'eau de service recirculée : 1 de 45 461 litres (retiré et sols décontaminés)
- Réservoirs de récupération en cas de déversement du transformateur du réseau : 1 de 113 000 litres et 1 de 11 390 litres (tous deux normalement vides).

Les sols autour des réservoirs retirés ont été caractérisés afin de confirmer le respect des critères d'usage. Il est également à noter qu'en 2014 une fuite de carburant d'un des réservoirs pour le système d'eau de service recirculée a nécessité une décontamination des sols.

Les principaux réservoirs qui ont été démantelés et dont les sols adjacents ont été réhabilités sont :

- Le réservoir 7131-TK44 était un réservoir servant au stockage d'hydrocarbures pour le système d'eau de service recirculée. Le réservoir était situé à l'ouest du bâtiment réacteur et au sud du bâtiment ESR. Il a été démantelé par suite d'un déversement accidentel et une caractérisation initiale des sols [5]. Les sols ont été réhabilités au niveau A du *Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* [6]. Les résultats de surveillance environnementale des travaux de démantèlement du réservoir 7131-TK44 sont documentés à la référence [7].

- Les réservoirs souterrains de carburant 5496-TK40A et -TK40B appartenant au système d'alimentation électrique d'urgence et les réservoirs souterrains de carburant 5466-TK41 à TK44 appartenant au groupe électrogène diésel de catégorie III ont été démantelés en 2015. L'ensemble des déblais de niveau < C ont été réutilisés pour du remblayage, à l'exception des sols argileux issus de l'excavation réalisée pour le retrait des réservoirs 5496-TK40A et TK40B ayant montré des résultats inférieurs aux critères A de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* [8]. Ces derniers ont été éliminés hors site, après vérification radiologique et sans contraintes environnementales particulières [9].

La Figure 2-6 montre la localisation des réservoirs de carburant externes. Ceux dont le numéro d'identification est ombragé sont vides ou ont été retirés.

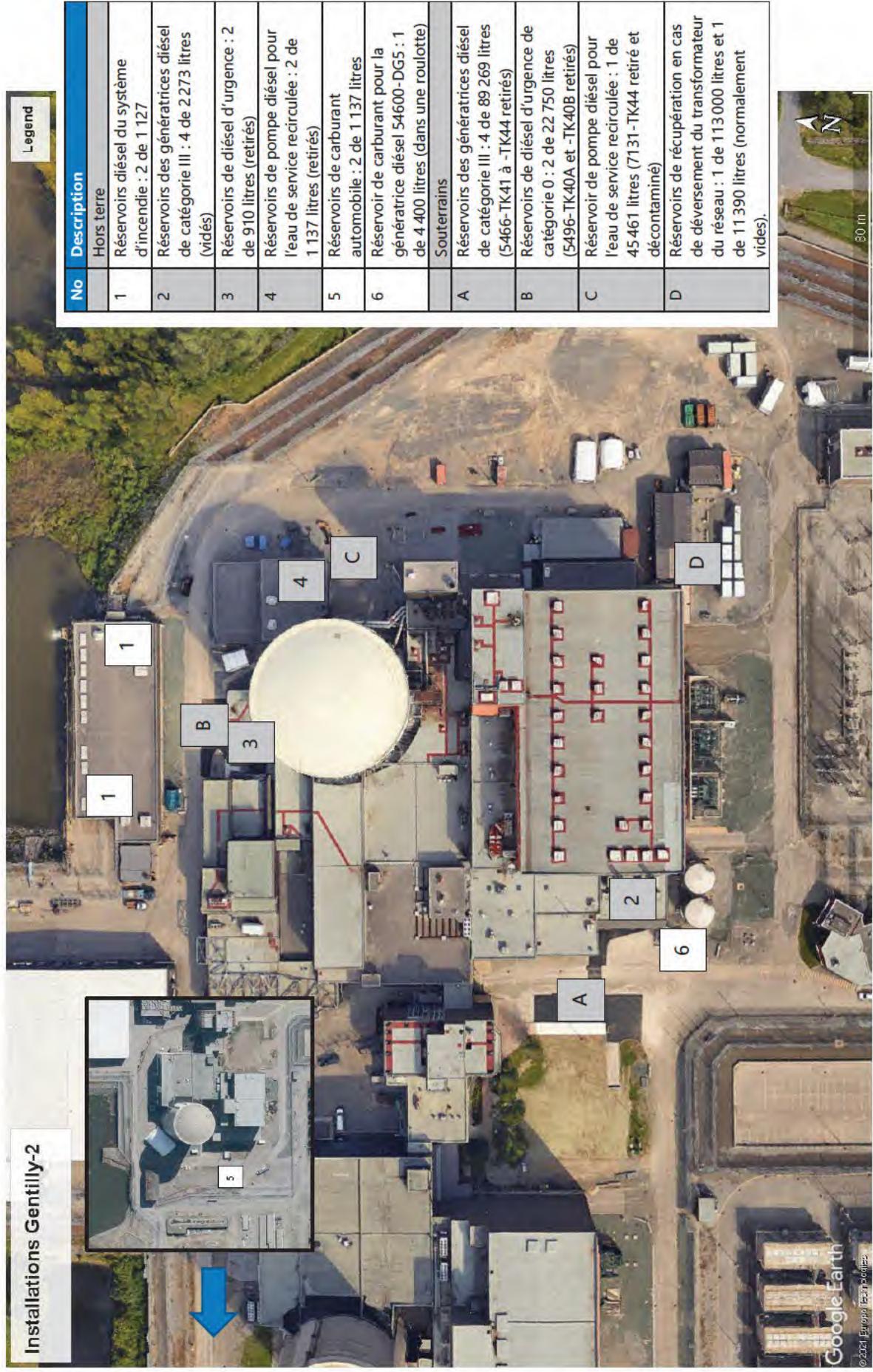


Figure 2-6 : Localisation des réservoirs de carburant extérieurs

2.1.1.15 Huiles usées

Les huiles usées ont été disposées comme suit [4] :

- L'huile usée contaminée radiologiquement a d'abord été entreposée en barils dans des conteneurs prévus à cet effet. Elle a ensuite été expédiée hors site pour être solidifiée selon une entente avec une partie tierce puis ramenée pour stockage à l'IGDRS. L'opération s'est terminée à la fin 2023.
- L'huile usée non contaminée radiologiquement est disposée, au fur et à mesure, dans un des centres de récupération des matières dangereuses d'Hydro-Québec.
- Toute l'huile de transformateur potentiellement contaminée aux BPC a été évacuée du site de Gentilly-2.

2.1.2 Installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS)

L'IGDRS comprend plusieurs structures destinées au stockage des déchets radioactifs solides [10] :

- Enceintes de déchets de faible et de moyenne activité (EDFMA) ;
- Enceintes de stockage des filtres usagés (ESFU) ;
- Enceintes de stockage des résines usées (ESRU) ;
- Silos à déchets de retubage ou autres déchets de haute activité.

L'IGDRS comprend également deux modules CANSTOR pour le stockage à sec du combustible irradié, tel que décrit à la section 2.1.3.

Ces structures sont disposées comme montré à la Figure 2-7 décrites ci-dessous [11].

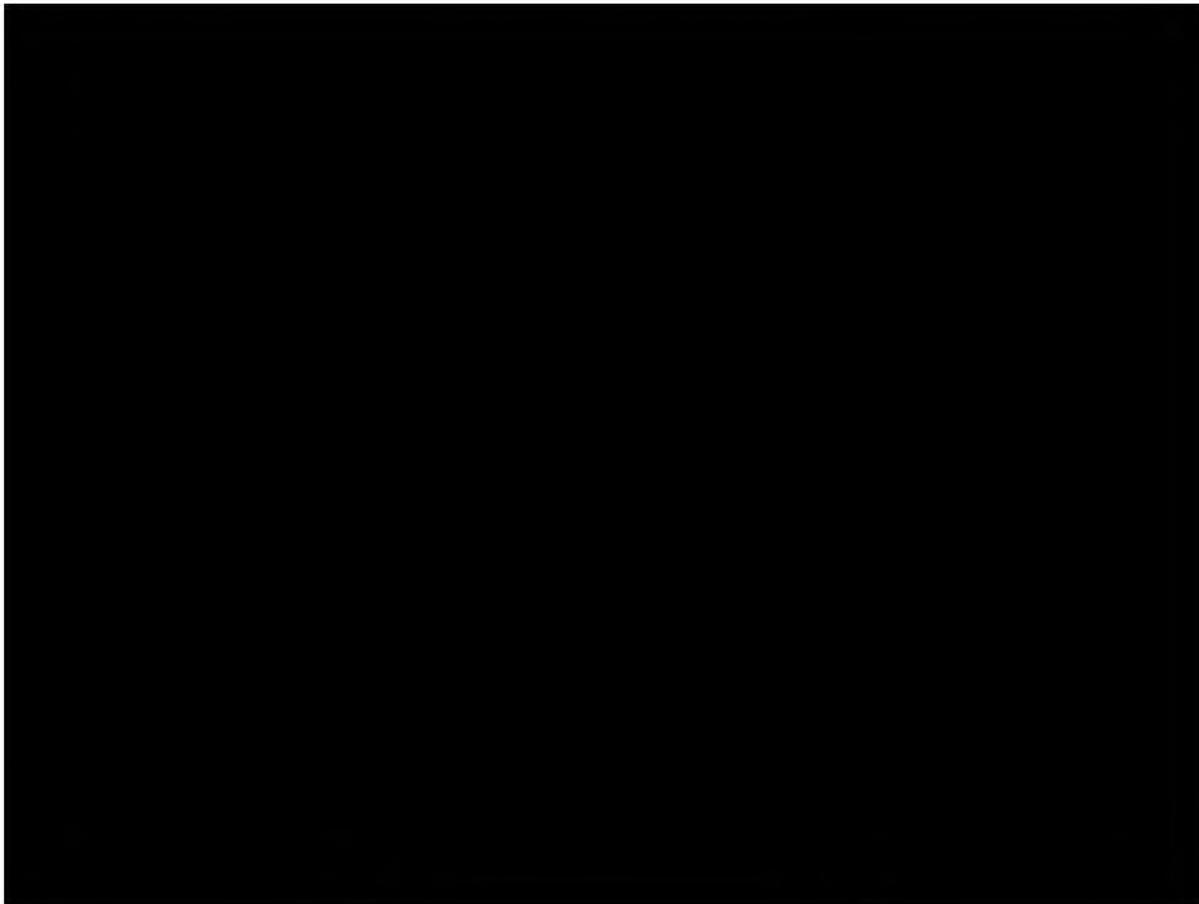
En raison de leur conception, l'ASDR et l'EDFMA dans une moindre mesure peuvent être source d'émission fugitive d'effluents radioactifs. Le transfert de filtres primaires D₂O de l'ASDR à l'ESFU pourrait transférer une partie des émissions fugitives, mais les amoindrir aussi en raison de la conception de l'ESFU. Les contenants et/ou les cylindres de stockage des autres structures sont scellés.



Figure 2-7 : Disposition des structures de l'IGDRS et de l'ASSCI

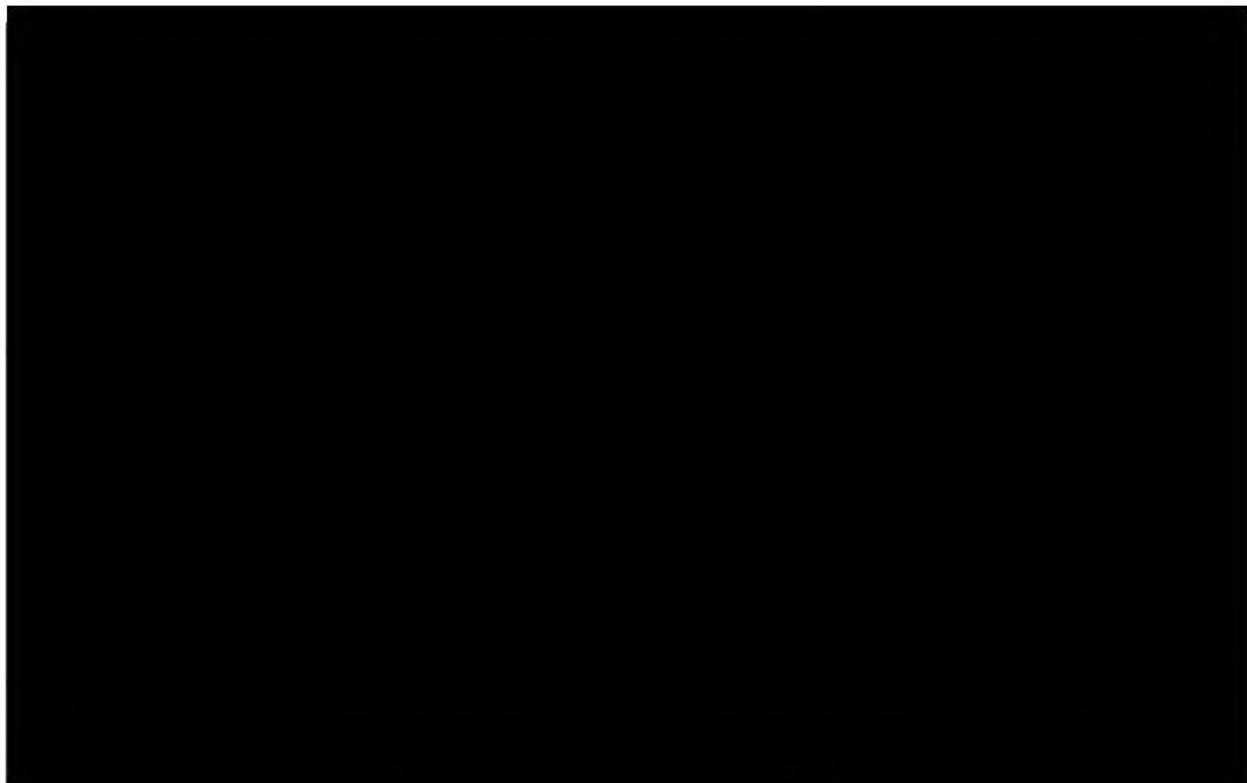
2.1.2.1 Enceintes de déchets de faible et moyenne activité (EDFMA)

L'enceinte de déchets de faible et de moyenne activité (EDFMA) est formée d'une structure rectangulaire en béton armé d'une largeur de 4,45 m, d'une longueur de 14,48 m et d'une hauteur de 4,45 m. La même enceinte peut être utilisée pour des déchets d'exploitation ou pour des déchets de mêmes types issus du démantèlement d'une installation. Ce type d'enceinte correspond à une enceinte de type B dont on a optimisé l'espace de stockage. La Figure 2-8 illustre l'EDFMA.



2.1.2.2 *Enceintes de stockage des filtres usagés (ESFU)*

L'enceinte de stockage des filtres usagés (ESFU) est une structure rectangulaire bétonnée conçue pour entreposer les filtres radioactifs usagés de moyenne activité. Les filtres sont stockés dans des cylindres coulés dans le béton. La Figure 2-9 montre une ESFU.



2.1.2.3 *Enceintes de stockage des résines usées (ESRU)*

L'enceinte de stockage des résines usées (ESRU) est une structure en béton comportant 12 cavités cylindriques. Chaque cavité cylindrique peut recevoir deux contenants de résines de 3 m³ chacun. La Figure 2-10 illustre une ESRU.



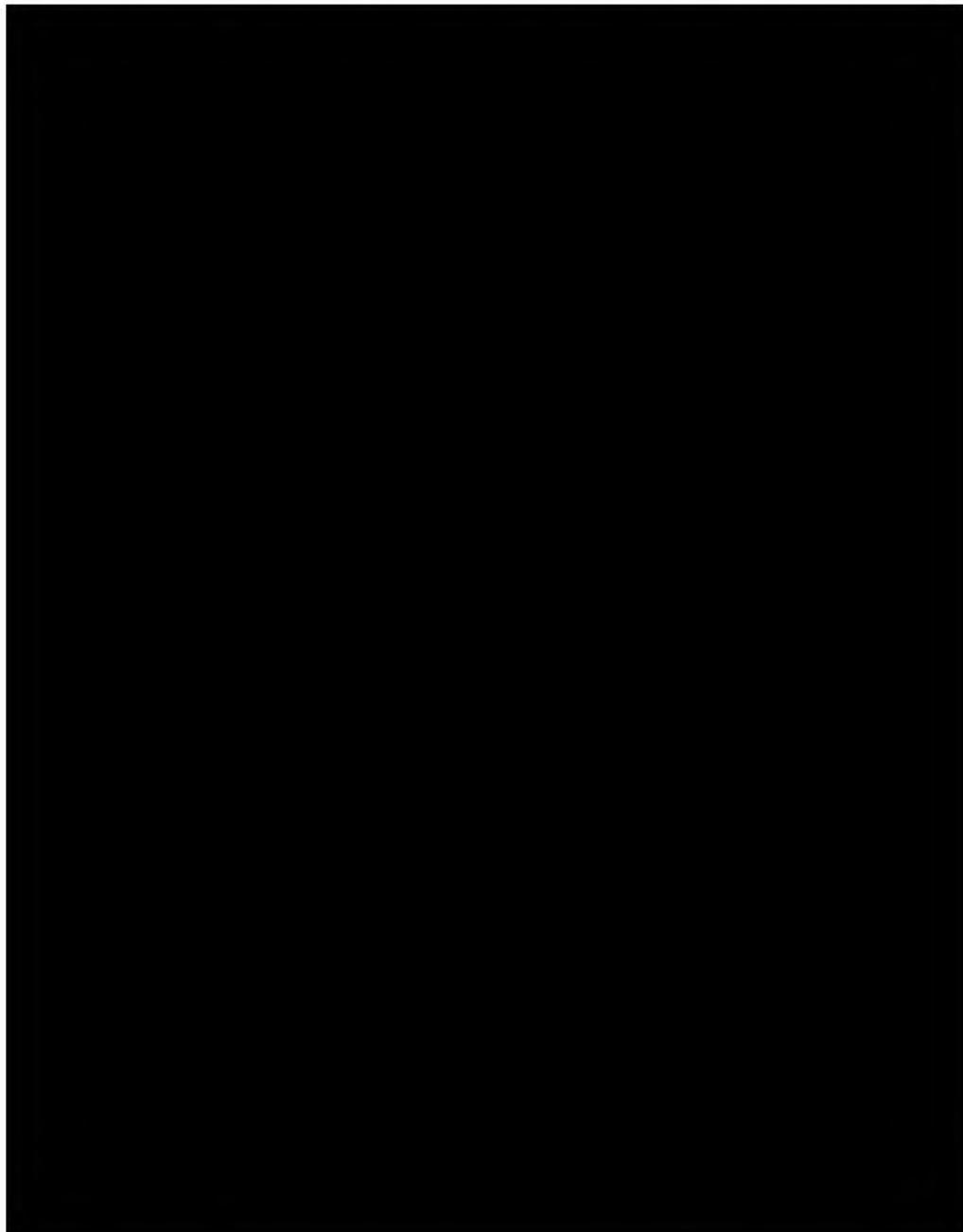
2.1.2.4 *Silos à déchets de retubage*

Les silos à déchets de retubage ont été spécialement conçus pour le stockage des déchets métalliques de haute activité résultant des travaux de retubage d'une centrale nucléaire CANDU®. Les silos sont constitués d'une structure cylindrique hors terre en béton armé, d'une hauteur de 6,8 m et d'un diamètre moyen de 10 m. Leurs parois de 1,2 m en béton armé assurent leur intégrité et leur blindage. Chaque silo contient sept cylindres en acier de 1,42 m de diamètre disposés à la verticale. Ces cylindres étaient destinés à recevoir des contenants métalliques de déchets de haute activité, tels que des tubes de force et des tubes de cuve, des pièces insérées des tubes de cuve et les parties les plus actives des raccords d'extrémité et des bouchons-écrans. La Figure 2-11 illustre un silo à déchets de retubage.

Comme le projet de réfection du réacteur ne s'est pas matérialisé, les cylindres d'un seul silo ont été modifiés et utilisés pour stocker des composants métalliques activés, tels que la quincaillerie des barres de cobalt, bouchons-écrans, tiges en zircaloy, câbles d'acier, barres d'acier incluant les tiges centrales et câbles, tiges de support, résidus des détecteurs de flux et adaptateurs de ringards. Les trois tubes de chaque cylindre ont été retirés de façon à pouvoir entreposer un

panier de stockage de combustible usé (voir Figure 2-14) dont l'intérieur a été modifié pour contenir les composants métalliques activés qui auront été découpés en morceaux si nécessaire.

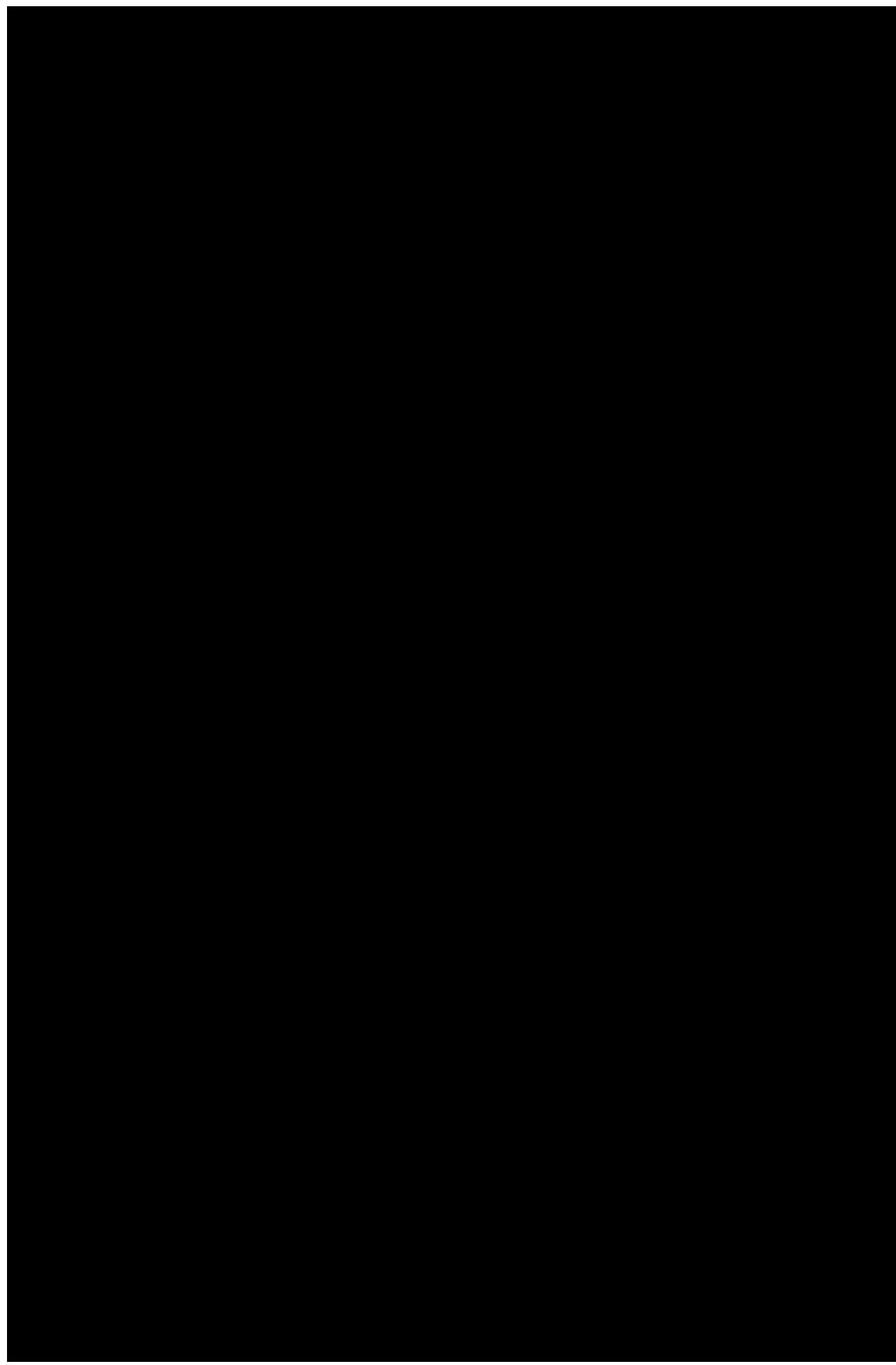
Un système de détection de fuites permet de vérifier l'étanchéité des enceintes.



2.1.3 Aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI)

L'ASSCI regroupe des modules CANSTOR (CANDU STORage) utilisés pour le stockage à sec du combustible irradié (voir Figure 2-12). Le module CANSTOR est une enceinte en béton armé dans laquelle 20 cylindres étanches en acier au carbone sont positionnés verticalement. Chaque cylindre étanche permet d'empiler 10 paniers de stockage (voir Figure 2-13). Chaque cylindre (acier au carbone) est fermé avec un bouchon de blindage soudé. Les paniers (acier inox) contiennent chacun 60 grappes de combustible intactes (voir Figure 2-14). Trois paniers modifiés contiennent quant à eux quelques grappes défectueuses qui ont été préalablement placées dans un contenant étanche de la dimension d'une grappe.

L'étanchéité des paniers et des cylindres de stockage est vérifiée périodiquement grâce à des analyses d'air interstitiel en laboratoire, suite à un échantillonnage de chaque cylindre.





2.1.4 Aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR)

L'ASDR est située au nord-ouest du site et consiste en un remblai compacté et imperméable recouvert d'une couche d'asphalte. L'ASDR sert au stockage des déchets radioactifs compactables et non-compactables de faible activité et des filtres usés du circuit primaire de moyenne activité. L'ASDR est la première installation de déchets de Gentilly-2 et depuis la mise en service de l'IGDRS, seuls des filtres usés y ont été transférés.

Les déchets compactables (papiers, chiffons, tissus), ont été pressés en ballots d'environ 0,45 m³ de volume avant d'y être transférés.

Les déchets non-compactables sont souvent des équipements et des pièces métalliques ne pouvant être décontaminés ou compactés en ballots. Ils ont été placés dans des barils métalliques fermés avec un couvercle. Les déchets qui ne peuvent être aisément placés dans un baril ont été emballés dans des sacs en plastique.

En 2020, environ 500 ballots ont été extraits des fosses de l'ASDR et expédiés hors-site en vue d'une incinération aux installations d'une firme spécialisée. En 2021, environ 600 ballots supplémentaires avaient été transférés. Les cendres sont ensuite compactées, entreposées dans des coffres de métal puis retournées à Gentilly-2 et entreposées à l'IGDRS. Il est également prévu de retirer les filtres usés entreposés à l'ASDR pour un transfert dans les enceintes ESFU de l'IGDRS ou une expédition hors-site. À l'horizon 2026, l'ASDR ne devrait plus contenir de déchets radioactifs et sera mis en retrait.

2.1.5 Étang aéré

L'étang aéré sert au traitement des eaux sanitaires de l'installation. Son émissaire est situé dans la partie incurvée du canal de rejet. Hydro-Québec optera pour une réfection afin de le conserver dans le temps ou pour une autre alternative plausible, comme un branchement à un réseau d'égouts adjacent.

2.2 Description de l'environnement naturel et physique

2.2.1 Distribution de la population

Le Tableau 2-2 présente l'évolution de la population dans les municipalités régionales de comté (MRC), les municipalités et villes avoisinantes des installations de Gentilly-2. La zone d'influence considérée des installations de Gentilly-2 s'étend de part et d'autre du fleuve Saint-Laurent et comprend :

- Au sud du fleuve, dans la région administrative du Centre-du-Québec :
 - La MRC de Bécancour

- La MRC de Nicolet-Yamaska
- Au nord du fleuve, dans la région administrative de la Mauricie :
 - La MRC les Chenaux
 - La ville de Trois-Rivières

Les municipalités, villages, paroisses et réserve identifiés sous chaque MRC sont limités à celles les plus proches des installations de Gentilly-2.

Tableau 2-2 : Évolution de la population dans la zone d'influence des installations de Gentilly-2

	Population totale (nombre)								
	[Variation (%) par rapport au recensement précédent]								
Année	2001 [12] [13]	2006 [12] [13]		2011 [12] [13]		2016 [14]		2020 [15]	
Région	Nombre	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Total Centre-du-Québec (sud du fleuve)	222 759	224 200	0,6 %	234 163	4,4 %	242 399	3,5 %	248 542	2,5 %
MRC de Bécancour	19 088	18 806	-1,5 %	20 081	6,8 %	20 404	1,6 %	20 555	0,7 %
• Bécancour V	11 051	11 134	0,8 %	12 438	11,7 %	13 031	4,8 %	13 543	3,9 %
• Wôlinak R	146	168	15,1 %	180	7,1 %	202	12,2 %	212	5,0 %
• Sainte-Marie-de-Blandford M	489	517	5,7 %	466	-9,9 %	468	0,4 %	456	-2,6 %
• Sainte-Cécile-de-Levrard P	415	417	0,5 %	362	-13,2 %	372	2,8 %	381	2,4 %
• Sainte-Sophie-de-Levrard P	798	775	-2,9 %	733	-5,4 %	729	-0,5 %	698	-4,3 %
• Saint-Pierre-les-Becquets M	1 273	1 183	-7,1 %	1 223	3,4 %	1 137	-7,0 %	1 090	-4,1 %
MRC de Nicolet-Yamaska	23 496	23 007	-2,1 %	22 798	-0,9 %	23 159	1,6 %	23 290	0,6 %
• Saint-Célestin M	647	624	-3,6 %	611	-2,1 %	575	-5,9 %	598	4,0 %
• Saint-Célestin VL	737	762	3,4 %	781	2,5 %	831	6,4 %	862	3,7 %
• Nicolet V	7 928	7 827	-1,3 %	7 828	0,0 %	8 169	4,4 %	8 454	3,5 %
Total Mauricie (nord du fleuve)	260 177	258 928	-0,5 %	263 603	1,8 %	266 112	1,0 %	267 642	0,6 %
MRC des Chenaux	17 182	16 944	-1,4 %	17 998	6,2 %	n.d.	n.d.	19 056	n.d.
• Champlain M	1 623	1 566	-3,5 %	1 664	6,3 %	1 735	4,3 %	1 909	10,0 %
• Batiscan M	905	949	4,9 %	940	-0,9 %	903	-3,9 %	899	-0,4 %
• Sainte-Anne-de-la-Pérade M	2 151	1 991	-7,4 %	2 072	4,1 %	2 019	-2,6 %	1 953	-3,3 %
• Sainte-Geneviève-de-Batiscan P	1 082	1 036	-4,3 %	1 060	2,3 %	1 006	-5,1 %	996	-1,0 %
• Saint-Luc de Vincennes M	609	553	-9,2 %	591	6,9 %	545	-7,8 %	558	2,4 %
• Saint-Maurice P	2 292	2 338	2,0 %	2 775	18,7 %	3 286	18,4 %	3 410	3,8 %
Ville de Trois-Rivières	69 551	126 323	81,6 %	131 338	4,0 %	134 413	2,3 %	138 134	2,8 %
Total ensemble du Québec	7 237 479	7 546 131	4,3 %	7 903 001	4,7 %	8 164 361	3,3 %	8 461 094	3,6 %

Note : a) M=Municipalité, P=Paroisse, R=Réserve V=Ville, VL=Village [15]

2.2.2 Utilisation des terrains et eaux environnantes

Le site des installations de Gentilly-2 est bordé à l'ouest par le *Parc industriel et portuaire de Bécancour* (PIPБ), à l'est par la rivière Gentilly, au sud par l'autoroute 30 et au nord par le fleuve Saint-Laurent.

À l'ouest du site des installations de Gentilly-2 et de part et d'autre de l'autoroute 30, la majorité des terrains appartiennent au PIPБ et aux diverses entreprises industrielles établies dans ce parc.

Les principales industries présentes et leurs produits fabriqués dans le PIPБ sont [16] :

- Aluminerie de Bécancour : billettes, plaques et lingots d'aluminium
- Arkema Canada inc. : peroxyde d'hydrogène, hydrogène gazeux
- Air Liquide Canada : hydrogène liquide et gazeux
- Canadoil Forge Ltée : raccords en acier pour pipeline
- Cepsa : alkybenzène linéaire
- Les Industries McAsphalt Limitée (MCA) : réservoirs de bitume
- Olin Canada ULC : chlore et soude caustique, acide chlorhydrique
- Silicium Québec sec : silicium métallique
- TransCanada Energy Ltée : production électrique à partir de 2 turbines à gaz et d'une turbine à vapeur avec extraction de vapeur pour clients industriels
- Viterra inc : huile et tourteau de soya et canola

À l'est de la propriété d'Hydro-Québec, se trouvent des terres appartenant à *Énergie atomique du Canada limitée* (EACL). Enfin, à l'est de ces terres et sur la rive nord du fleuve, la plupart des terrains appartiennent à des propriétaires privés.

Quelques résidences sont dispersées de façon linéaire en bordure de la route 132, jusqu'à l'agglomération de Gentilly. Les résidences les plus rapprochées sont situées à plus de 1,6 km de l'installation nucléaire de Gentilly-2.

Malgré la présence d'industries dans la ville de Trois-Rivières et dans la ville de Bécancour, la région continue d'être principalement agricole. La principale activité agricole dans la partie sud des comtés de Champlain, de Saint-Maurice et de Portneuf, sur la rive nord, où la forêt a été défrichée, est la production laitière.

La pêche sportive et commerciale est pratiquée à proximité du site des installations de Gentilly-2. Ces deux types de pêche se pratiquent surtout dans les secteurs des îles Carignan et Val dor, situées en face du port de Bécancour. La chasse à la sauvagine se pratique pour sa part sur les battures de Gentilly et les hauts-fonds des environs.

2.2.3 Habitats écologiques

Divers habitats écologiques sont présents dans la zone d'étude (c.-à-d. le site et la zone d'exclusion), notamment des zones humides, des peuplements forestiers aquatiques et des peuplements forestiers terrestres.

Dans la zone d'étude, les zones humides sont généralement situées au nord, au nord-ouest et au nord-est des installations de Gentilly-2, comme le montre la Figure 2-15 ci-dessous [17]. Un inventaire des milieux humides réalisé en 2011 a indiqué que la majorité de ces milieux sont des bas marais, mais que des eaux peu profondes et un haut marais ont également été identifiés directement au nord du site et un marécage arbustif est présent à l'ouest du site [17]. Les eaux peu profondes sont colonisées par des herbiers aquatiques submergés [18].

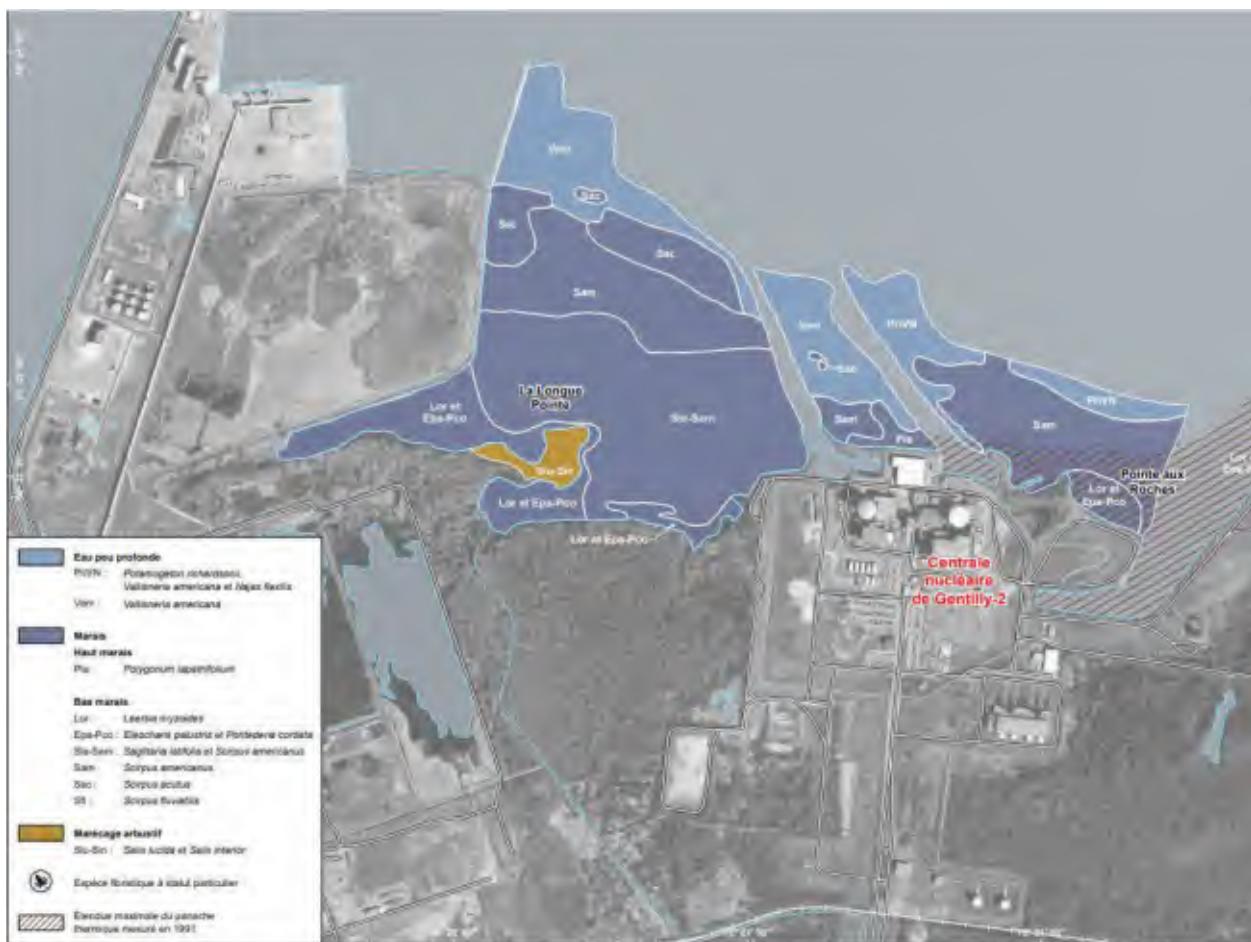


Figure 2-15 : Carte des types de zones humides entourant le site

La zone d'étude est dominée par une végétation terrestre, suivie par des marécages arborés et des bas marais à l'ouest du site. À noter qu'à l'intérieur des peuplements terrestres, il y a

quelques zones où la végétation est caractéristique des milieux humides, incluant principalement des marécages et des prairies humides. Certains peuplements forestiers d'intérêt sont situés dans ces marécages, notamment le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*) et l'érable argenté (*Acer saccharinum*), qui peuvent également comprendre le noyer cendré (*Juglans cinerea*), qui est une espèce en péril, mais la présence du noyer cendré dans la zone d'exclusion n'a pas été confirmée. Un deuxième peuplement est composé d'érable argenté (*Acer saccharinum*), de frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*) et de chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*) et un troisième peuplement est composé d'érable argenté (*Acer saccharinum*), de frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*) et de tilleul d'Amérique (*Tilia americana*) [18].

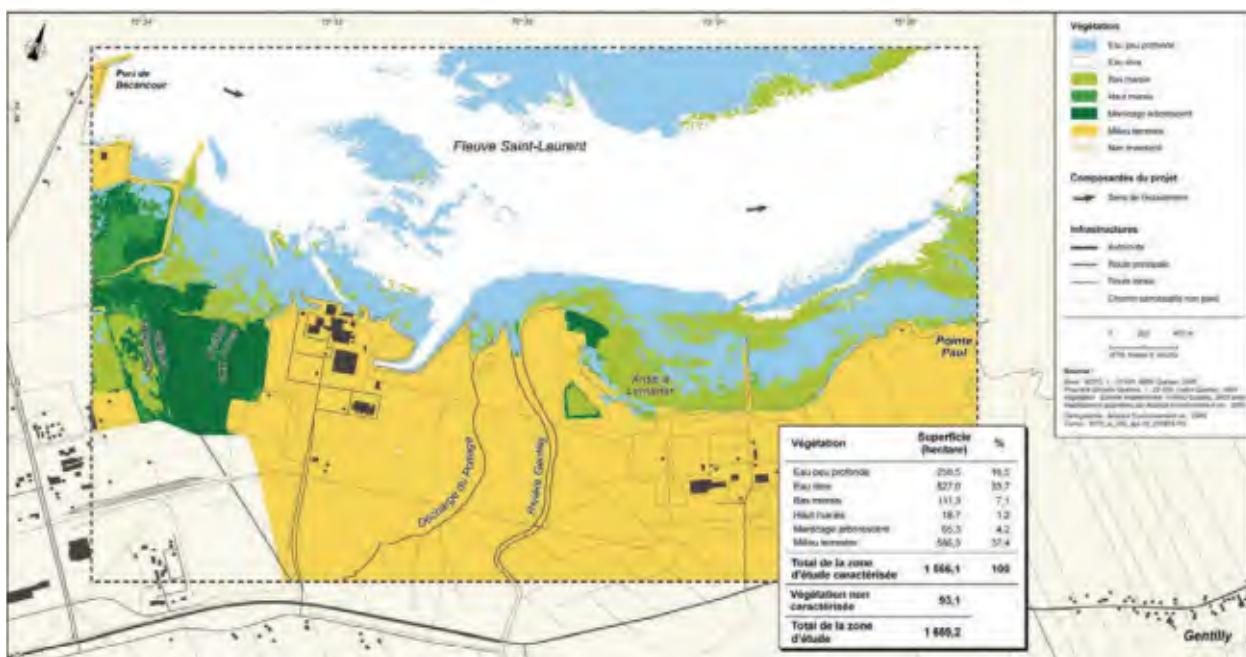


Figure 2-16 : Carte des types de végétation entourant le site

La rive sud du fleuve Saint-Laurent est bien végétalisée et offre un habitat pour les poissons et la sauvagine, et les parties boisées le long du fleuve ont également fourni un habitat épars pour la faune terrestre. Le long du fleuve, on trouve de vastes zones de battures, de marais et d'herbiers aquatiques, ainsi que la présence d'une plaine d'inondation ; ces éléments constituent un habitat pour l'alimentation et le repos de la sauvagine. Cependant, on s'attend à ce que le potentiel de nidification et de couvaison soit limité en raison du manque de couverture.

2.2.4 La faune et la flore

2.2.4.1 Plantes/arbres²

Comme nous l'avons vu précédemment, d'après un inventaire des zones humides réalisé en 2011, les zones humides identifiées dans la zone d'étude comprennent des bas marais, des eaux peu profondes, un haut marais et un marécage arbustif [17]. Le bas marais est caractérisé en grande partie par la présence des groupements suivants : la léersie faux-riz (*Leersia oryzoides*), l'éléocharide des marais (*Eleocharis palustris*) et la pontédérie cordée (*Pontederia cordata*), la sagittaire à larges feuilles (*Sagittaria latifolia*) et le scirpe d'Amérique (*Scirpus americanus*), le scirpe aigu (*Scirpus acutus*) [17]. Le haut marais est constitué d'un seul groupe, la renouée à feuille de patience (*Polygonum lapathifolium*), et le marais arbustif est constitué des groupes du saule brillant (*Salix lucida*) et du saule de l'intérieur (*Salix interior*) [17].

L'inventaire des zones humides a comparé les données de son étude de 2010 avec une étude de référence réalisée en 1990, et a déterminé qu'en ce qui concerne les autres groupements floristiques, les espèces dominantes associées aux groupements communs de 1990 et 2010 sont similaires. Cependant, quelques espèces n'ont été enregistrées qu'en 2010, notamment les espèces suivantes identifiées dans la zone influencée par le panache thermique de l'ancienne centrale : *Calamagrostis canadensis*, *Echinocystis lobata*, *Eupatorium perfoliatum*, *Impatiens capensis*, *Leersia oryzoides*, *Lycopus americanus*, *Lythrum salicaria*, menthe du Canada (*Mentha canadensis*), saule de l'intérieur (*Salix interior*), sagittaire à larges feuilles (*Sagittaria latifolia*), saule brillant (*Salix lucida*), scirpe fluviatile (*Scirpus fluviatilis*), quenouille à feuilles étroites (*Typha angustifolia*), élatine d'Amérique (*Elatine americana*), lindernia dubia var. *dubia*, le jonc noueux (*Juncus nodusus*), le ludwigie palustre (*Ludwigia palustris*), l'eupatoire maculé (*Eupatorium maculatum*), le minule à fleur entrouverte (*Mimulus ringens*), la pontederia cordata, le peuplier deltoïde (*Populus deltoides*), le scirpe d'Amérique (*Scirpus americanus*), l'éléocharide des marais (*Eleocharis palustris*), l'élodée du Canada (*Elodea canadensis*), la sagittaire à larges feuilles (*Sagittaria latifolia*), la sagittaire dressée (*Sagittaria rigida*) et le scirpe fluviatile (*Scirpus fluviatilis*) [17]. Dans la zone témoin, les espèces suivantes ont été identifiées : *Alisma triviale*, *Bidens cernua*, *Butomus umbellatus*, *Cyperus fuscus*, *Elatine tiandra* var. *americana*, l'éléocharis aciculaire (*Eleocharis acicularis*), l'éléocharide des marais (*Eleocharis palustris* E. *smallii*), l'éléocharide des marais (*Eleocharis palustris* E. *uniglumis*), l'élodée du Canada (*Elodea canadensis*), l'hétéranthèse litigieuse (*Heteranthera dubia*), léersie faux-riz (*Leersia oryzoides*), la lindernia dubia var. *dubia*, la ludwigie palustre (*Ludwigia palustris*), la salicaire commune (*Lythrum salicaria*), le myriophylle de Sibérie (*Myriophyllum sibiricum*), la naïade flexible (*Najas flexilis*), la pontédérie cordée (*Pontederia cordata*), le potamot de Richardson (*Potamogeton richardsonii*), le rorippe des marais (*Rorippa palustris*), la sagittaire à larges feuilles (*Sagittaria latifolia*), la sagittaire dressée (*Sagittaria rigida*), Scirpe d'Amérique (*Scirpus americanus*), le scirpe

² La traduction des noms vernaculaires de cette section est tirée de [Recherche de noms - Base de données des plantes vasculaires du Canada \(VASCAN\) \(canadensys.net\)](http://www.canadensys.net)

fluviatile (*Scirpus fluviatilis*), le rubanier à gros fruits (*Sparganium eurycarpum*), Quenouille à feuilles étroites (*Typha angustifolia*), Vallisnérie d'Amérique (*Vallisneria americana*), zizanie des marais (*Zizania palustris*), *Spirogyra sp.*), le petit nénuphar jaune (*Nuphar microphylla*) et le scirpe aigu (*Scirpus acutus*) [17]. Ces différences dans la distribution des groupes de plantes et la composition floristique sont probablement attribuables aux changements survenus dans les habitats riverains au cours des 20 dernières années en raison de phénomènes locaux, des conditions hydrologiques et/ou de la dynamique des marées et des courants du fleuve Saint-Laurent [17].

La végétation aquatique qui borde le site de Gentilly est dominée par la vallisnérie d'Amérique (*Vallisneria americana*). Les autres plantes aquatiques de la région comprennent le scirpe d'Amérique (*Scirpus americanus*), la sagittaire à feuilles larges (*Sagittaria latifolia*), le scirpe des lacs (*Scirpus lacustris*), le scirpe fluviatile (*Scirpus fluviatilis*) et le potamot de Richardson (*Potamogeton richardsonii*).

En 2006, une revue des habitats, des espèces fauniques et floristiques présents à proximité du site a été réalisée par Hydro-Québec Production [18]. Dans la région immédiate du site, des groupements végétaux terrestres et aquatiques ont été identifiés, dont certains sont caractéristiques des milieux humides terrestres. Trois espèces végétales ont été considérées comme menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être désignées comme telles dans le cadre de la revue de 2006, et sont susceptibles de se retrouver dans la zone de milieux humides côtiers de la zone d'étude [18]. Il s'agit de la gratirole négligée (*Gratiola neglecta var. glaberrima*), de la platanthère petite-herbe (*Platanthera flava var. herbiola*) et le rubanier rameux (*Sparganium androcladum*), qui ont toutes des habitats potentiels dans la zone d'étude [19]. Cependant, lors d'un précédent relevé effectué à l'automne 2001 et au printemps 2002 dans la zone d'étude, trois autres espèces ont été identifiées, soit le bident discoïde (*Bidens discoideus*), l'éragrostide hypnoïde (*Eragrostis hypnoides*) et la lindernie douteuse (*Lindernia dubia var. inundata*) [20]. À noter que ces espèces végétales ne sont pas considérées comme des espèces en péril (EEP) pour le site (voir la section 2.2.5).

Les groupes forestiers à l'intérieur du site et le long du rivage sont dominés par l'érable à sucre (*Acer saccharum*) et le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), et contiennent également du frêne blanc (*Fraxinus americana*), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*) et ont le potentiel d'inclure du noyer cendré (*Juglans cinerea*) [21]. Dans la zone riveraine, les forêts sont dominées par des érables argentés (*Acer saccharinum*) matures avec des frênes rouges (*Fraxinus pennsylvanica*), des ormes d'Amérique (*Ulmus americana*), des cornouillers (*Cornus sericea*), des sapins baumiers (*Abies balsamea*) ou des saules (*Salix sp.*). En outre, les espèces herbacées comprennent la laportéa du Canada (*Laportea canadensis*), l'onoclée sensible (*Onoclea sensibilis*) et l'impatiente du Cap (*Impatiens capensis*) [22] [20].

2.2.4.2 Mammifères et oiseaux³

Un relevé de référence des mammifères effectué en 2006 a permis de dresser un inventaire des mammifères qui utilisent le site. D'autres études sur les mammifères ont été réalisées en 2008 et 2010, durant l'hiver, afin de documenter l'impact potentiel de la construction de l'IGDRS. L'étude réalisée en 2010 a permis d'identifier neuf espèces de mammifères grâce à leurs traces de neige, notamment le coyote (*Canis latrans*), le raton laveur (*Procyon lotor*), la loutre de rivière nord-américaine (*Lontra canadensis*), la belette (*Mustela sp.*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), l'écureuil roux nord-américain (*Tamiasciurus hudsonicus*), l'écureuil gris de l'Est (*Sciurus carolinensis*), le vison d'Amérique (*Vison vison*) et les micromammifères. De 2006 à 2010, on a constaté que la population de coyotes a augmenté progressivement, tandis que la présence du lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) et du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) semble avoir diminué pendant cette période. La diminution drastique des populations de lièvres d'Amérique peut être attribuée à l'augmentation du coyote, qui est un prédateur. La même tendance semble se produire parmi les populations de micromammifères et de rats laveurs. Il est également important de noter qu'aucune des espèces observées sur le site n'est une EEP (voir la section 2.2.5) [23].

L'étude d'impact sur l'environnement de 2006 indique que les inventaires de la faune mammalienne réalisés en 2001 ont permis d'identifier plusieurs des mêmes espèces qu'en 2010, notamment le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) et le renard roux (*Vulpes vulpes*) sur le site. Les campagnes ultérieures ont également identifié la grande musaraigne (*Blarina brevicauda*), la musaraigne cendrée (*Sorex cinereus*), condylure à nez étoilé (*Condylura cristata*), l'écureuil gris (*Sciurus carolinensis*), l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), la marmotte commune (*Marmota monax*), le tamia rayé (*Tamias striatus*), le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicus*), le campagnol à dos roux de Gapper (*Clethrionomys gapperi*), la souris sauteuse des champs (*Zapus hudsonius*), le raton laveur (*Procyon lotor*), la mouffette rayée (*Mephitis mephitis*) et la belette à longue queue (*Mustela frenata*) par observation directe ou par des indices de présence [20] [19]. Aucune de ces espèces n'a été considérée comme une EEP pour la zone d'étude.

Il n'y a pas d'aires fauniques protégées à l'intérieur de l'installation de Gentilly-2, bien qu'il existe une aire protégée pour le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) sur la rive sud du Saint-Laurent, dans une zone boisée à quelques kilomètres au sud de l'installation de Gentilly-2 [24].

La rive sud du fleuve Saint-Laurent est bien végétalisée et offre un habitat pour les poissons et la sauvagine, et les parties boisées le long du fleuve ont également fourni un habitat épars pour la faune terrestre. Le long du fleuve, on trouve de vastes zones de battures, de marais et d'herbiers aquatiques, ainsi que la présence d'une plaine d'inondation ; ces éléments constituent un habitat pour l'alimentation et le repos de la sauvagine. Cependant, on s'attend à ce que le potentiel de nidification et de couvaison soit limité en raison du manque de couverture.

³ Noms français tirés du fichier LFVQ_03_08_2021.xls de [Liste de la faune vertébrée du Québec \(LFVQ\) - Jeu de données - Données Québec \(donneesquebec.ca\)](http://Liste de la faune vertébrée du Québec (LFVQ) - Jeu de données - Données Québec (donneesquebec.ca))

Une grande partie du corridor fluvial situé à proximité des installations de Gentilly-2 est une aire protégée pour la sauvagine en vertu de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* [25]. Les espèces observées dans cette zone comprennent le canard noir (*Anas rubripes*), la sarcelle à ailes vertes (*Anas carolinensis*), le garrot à œil d'or (*Bucephala clangula*), certaines espèces de canards plongeurs, la bernache du Canada (*Branta canadensis*) et, par intermittence, l'oie des neiges (*Anser caerulescens*).

Les résultats d'un inventaire d'oiseaux réalisé en 2001 ainsi que les données de l'Association québécoise des groupes d'ornithologues (AQGO) dans la base de données de l'*Étude des populations d'oiseaux du Québec* (EPOQ) et la base de données des oiseaux nicheurs du Québec et d'Environnement Canada ont permis d'identifier plusieurs espèces dans la zone d'étude dont le cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*), la grande aigrette (*Ardea alba*), le grand héron (*Ardea Herodias*), la sarcelle d'hiver (*Anas crecca*), le canard colvert (*Anas platyrhynchos*), le pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*), le busard des marais (*Circus cyaneus*), la buse pattue (*Buteo lagopus*), la crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*), le merle d'Amérique (*Turdus migratorius*), le moqueur chat (*Dumetella carolinensis*), l'étourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*), la paruline flamboyante (*Setophaga ruticilla*), la paruline à croupion jaune (*Dendroica coronata*), la paruline masquée (*Geothlypis trichas*), le junco ardoisé (*Junco hyemalis*), le bruant chanteur (*Melospiza melodia*), le bruant à gorge blanche (*Zonotrichia albicollis*) et le carouge à épaulettes (*Agelaius phoeniceus*) [19]. Le pygargue à tête blanche et la grande aigrette ont été occasionnellement observés dans les marais du site, le long de la rivière Gentilly et dans la baie à l'est du canal de décharge [20]. Aucune de ces espèces n'a été considérée comme étant une EEP pour la zone d'étude (voir section 2.2.5).

2.2.4.3 Poisson

Lors des inventaires effectués par Nove Environnement à l'automne 2001 et au printemps 2002, parmi toutes les espèces capturées dans les cours d'eau traversant la zone d'étude et dans le canal de décharge, les espèces suivantes ont été jugées d'intérêt par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) : le baret (*Morone americana*) et le fondule barré (*Fundulus diaphanus*) ont été capturés respectivement dans le canal de décharge et dans les décharges du Portage et de Lavigne. La perchaude (*Perca flavescens*), une espèce vulnérable, a également été trouvée dans les cours d'eau traversant le complexe nucléaire et utilise ces cours d'eau pour se reproduire [20].

Jusqu'à 46 espèces de poissons ont été signalées sur la rive sud du fleuve, près de l'installation de Gentilly [26]. Les quatre espèces de poissons les plus communes sont le grand brochet (*Esox lucius*), la perchaude (*Perca flavescens*), la barbotte brune (*Ameiurus nebulosus*) et le meunier noir (*Catostomus commersoni*). Les espèces particulièrement préoccupantes à des fins économiques ou récréatives sont le grand brochet, la perchaude, mais aussi le doré jaune et l'esturgeon. La perchaude et la carpe avaient été retenues comme composantes valorisées de l'écosystème (CVE) dans l'étude d'impact de 2002 [18] : la perchaude parce que sa population

fait l'objet d'un suivi par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF), et la carpe en raison de plusieurs mortalités massives lors des opérations de la centrale et d'une usine de l'autre côté du fleuve Saint-Laurent à l'été 2001. D'autres études ont identifié des prises de poissons composées de méné jaune (*Notemigonus crysoleucas*), de carpe commune (*Cyprinus carpio*), d'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*), de doré jaune (*Stizostedion vitreum*) et de doré noir (*Stizostedion canadense*) [18]. Le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) a été identifié comme une espèce désignée menacée ou vulnérable ou susceptible de l'être dans le cadre du CDPNQ du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec [18] et est considéré comme une EEP pour le secteur d'étude.

2.2.4.4 *Herpétofaune*

Une étude de référence réalisée en 2010 par Genivar [27] a permis l'influence du panache thermique de la centrale nucléaire sur l'utilisation du fleuve par l'herpétofaune (amphibiens et reptiles). Six espèces d'amphibiens ont été détectées à l'aide de stations d'écoute nocturne dont le crapaud d'Amérique (*Anaxyrus americanus*), la rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*), la rainette versicolore (*Hyla versicolor*), la grenouille des bois (*Lithobates sylvaticus*), la grenouille léopard du Nord (*Lithobates pipiens*) et la grenouille verte (*Lithobates clamitans*). À noter que lors d'une étude précédente réalisée en 2001, plusieurs de ces espèces d'amphibiens ont également été identifiées dans la zone d'étude, en plus de la salamandre à points bleus (*Ambystoma laterale*) et du ouaouaron (*Rana catesbeiana*) [20] [18]. Une recherche de la présence de reptiles a également été effectuée et une seule espèce de reptile a été trouvée, la couleuvre rayée commune (*Thamnophis sirtalis sirtalis*) [20] [27]. Aucune de ces espèces n'est considérée comme une EEP, en voie de disparition ou menacée au Québec ou dans la région.

2.2.4.5 *Organismes aquatiques*

Le fleuve Saint-Laurent est principalement dominé par des espèces de cladocères et de copépodes (crustacés) et l'estuaire du fleuve est principalement constitué d'organismes benthiques incluant des chironomes, des gastéropodes, des oligochètes, des sphéridés, des trichoptères et des sangsues [19]. Un inventaire réalisé en 2002 a permis d'identifier des organismes benthiques appartenant aux six phylums d'invertébrés suivants : Platyhelminthes, Nemertes, Nématodes, Mollusques, Annélides et Arthropodes [20]. Un autre inventaire réalisé en 2010 a comparé les résultats à ceux des études précédentes, et a indiqué que la plus grande différence était la densité du mollusque Corbicula dans le canal de rejet et la zone exposée au panache thermique du site [28], lorsque la centrale était en exploitation. Cet invertébré était le taxon le plus abondant récolté lors de l'inventaire en 2010 par rapport à 2002 où la communauté était plus diversifiée [28].

Les espèces zooplanctoniques du fleuve Saint-Laurent comprennent des cladocères comme *Bosmina longirostris*, *Sida crystallina* et *Camptocercus rectirostris*, les copépodes (crustacés) *Eurytemora affinis* et *Eucyclops agilis*, et l'amphipode *Gammarus fasciatus* [29]. Les invertébrés

benthiques sont essentiellement constitués de mollusques, d'annélides et de larves d'insectes, dominés par le gastéropode *Bithynia tetaculata* [29].

2.2.5 Espèces en péril

Suite à la demande d'information faite au CDPNQ, sept occurrences d'espèces à statut particulier ont été identifiées dans la zone d'étude (à l'intérieur du site). De ce nombre, une seule était une espèce en voie de disparition, soit le dard de sable (*Ammocrypta pellucida*). Les six autres occurrences étaient des espèces sensibles ou vulnérables. Il s'agit du hibou des marais (*Asio flammeus*), du faucon pèlerin (*Falco peregrinus*), du petit blongios (*Ixobrychus exilis*), du méné d'herbe (*Notropis bifrenatus*), du chat-fou des rapides (*Noturus flavus*) et du fouille-roche gris (*Percina copelandi*), tous présents à moins de 2 km des installations.

La présence du noyer cendré, une espèce en voie de disparition au Canada, a été confirmée près des installations de Gentilly-2 ou dans le PIPB à l'ouest [30]. Selon le Registre public des espèces en péril [31], en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) [32], une seule autre espèce de fleur en péril aurait un faible potentiel de présence près de l'installation de Gentilly-2, soit la carmantine d'Amérique [33]. Elle aurait été observée le long de la rivière Godefroy à Bécancour. Toutefois, la présence de ces espèces n'a pas été confirmée dans le cadre de la présente évaluation des EEP, résumée ci-dessous (voir **Annexe A**).

Une étude documentaire des EEP a été effectuée pour déterminer la possibilité que les EEP énumérées dans la LEP soient présentes sur le site. Cette étude est présentée à l'**Annexe A**. Les EEP ont été identifiées comme étant les espèces évaluées par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) et/ou désignées en vertu de la LEP comme étant préoccupantes, menacées ou en voie de disparition. Le potentiel de présence de l'espèce a été déterminé par la probabilité d'occurrence, où un classement de probabilité modérée à élevée indique un plus grand potentiel de présence de l'espèce sur le site.

D'après les informations tirées de l'évaluation de l'habitat et de l'examen des dossiers du site et des environs, treize (13) EEP ont une probabilité modérée à élevée d'être présentes sur le site. Il s'agit de la petite chauve-souris brune (*Myotis lucifugus*), la chauve-souris nordique (*Myotis septentrionalis*), de la pipistrelle de l'Est (*Perimyotis subflavus*), de l'hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), de la paruline du Canada (*Cardellina canadensis*), de l'engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*), l'engoulevent bois-pourri (*Astrostomus vociferus*), le gros-bec errant (*Coccothraustes vespertinus*), le petit blongios (*Ixobrychus exilis*), la tortue serpentine (*Chelydra serpentina*), le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), le chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*) et le monarque (*Danaus plexippus*).

Le secteur d'étude offre au fouille-roche gris (*Percina copelandi*) un habitat adéquat dans les herbiers aquatiques le long du fleuve Saint-Laurent ou à l'embouchure de la rivière Gentilly et d'autres petits cours d'eau [19]. Un rapport réalisé par QSAR Inc. en 2002 a également confirmé que le secteur d'étude offrait un habitat de reproduction adéquat pour le monarque (*Danaus*

plexippus) associé aux fleurs sauvages dans les espaces ouverts et le long des sentiers, ainsi que pour le petit blongios (*Ixobrychus exilis*), qui niche habituellement dans les marais d'eau douce à végétation dense présents le long du fleuve Saint-Laurent [19] [34]. Ces deux espèces ont été observées dans la zone d'étude lors de relevés antérieurs [34].

2.2.6 Météorologie

Les conditions météorologiques aux installations de Gentilly-2 ont été mesurées jusqu'en 2017 de la tour météo d'Hydro-Québec située au sud-ouest du site. La tour météo a par la suite été mise en retrait, démantelée et remplacée par la tour météorologique de Bécancour appartenant au ministère de l'Environnement de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec. En 2017, les données météorologiques ont été obtenues des deux tours et comparées.

Le Tableau 2-3 compare les températures minimales et maximales, la vitesse de vent maximale, le taux de précipitation maximal et les précipitations totales annuelles de 2016-2020 [35] [36] [37]. Les conditions varient raisonnablement et sont cohérentes d'une année à l'autre.

Tableau 2-3 : Comparaison des conditions météorologiques 2016-2020

	Gentilly-2 2016	Gentilly-2 2017	Bécancour 2017	Bécancour 2018	Bécancour 2019	Bécancour 2020
Température minimale (°C)	-26,3	-27,8	-29,8	-31,1	-27,3	-29,4
Température maximale (°C)	31,6	32,2	31,9	34,4	32,7	35,0
Vitesse maximale (km/h)	39	41	37,9	33,7	37,5	31,9
Taux de précipitation maximal (mm/h)	17	32	14,2	16,5	22,6	19,4
Précipitation totale (mm)	1229,7	1198,4	1259,0	1039,3	1134,1	1105,5

Les Figure 2-17 à Figure 2-21 comparent la distribution en fréquence de la direction, vitesse et stabilité des vents ainsi que des précipitations mesurées aux tours météorologiques de Gentilly-2 et de Bécancour de 2015 à 2020 :

- Fréquence des vents par secteur (Figure 2-17) : la fréquence des vents en fonction de leur direction est cohérente d'année en année à Gentilly-2 et à Bécancour. Pour les deux sites, les fréquences dominantes sont dans l'axe sud-ouest/nord-est, mais les vents mesurés à Gentilly-2 exhibent cependant une plus forte prédominance du sud-ouest qu'à Bécancour. La vallée du Saint-Laurent exerce une influence considérable sur le climat local. La direction des vents est d'ailleurs orientée selon l'axe principal du fleuve.

- Fréquence des vents par classe de stabilité atmosphérique (Figure 2-18) : la classe de stabilité D est prédominante dans les données de Bécancour et Gentilly-2, avec des fréquences aux alentours de 50 %. Cependant, en raison des approches différentes utilisées pour établir la stabilité atmosphérique en fonction des mesures disponibles sur chaque site, les données de Bécancour résultent en des fréquences inférieures dans les classes B et C, mais supérieures dans la classe F.
- Fréquence des vents par classe de vitesse Figure 2-19) : la fréquence des vents par classe de vitesse est similaire à Gentilly-2 et à Bécancour.
- Fréquence des précipitations par secteur (Figure 2-20) : les précipitations mesurées à Gentilly-2 et Bécancour surviennent principalement lors de vents du nord-est.
- Précipitations annuelles (Figure 2-21) : Les précipitations annuelles mesurées à Bécancour et Gentilly-2 sont cohérentes d'année en année et d'un site à l'autre.

La vallée du Saint-Laurent exerce une influence considérable sur le climat local. La direction des vents est d'ailleurs orientée selon l'axe principal du fleuve.

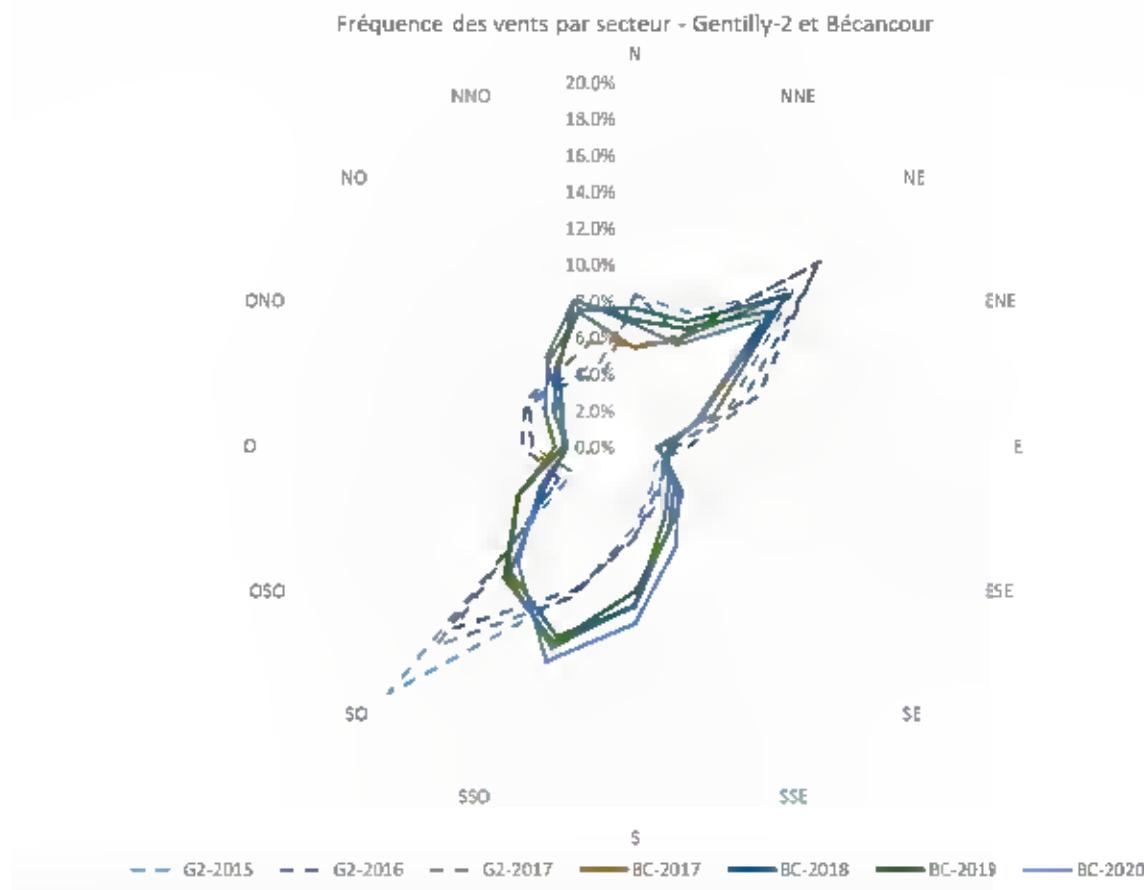


Figure 2-17 : Fréquence des vents par secteur

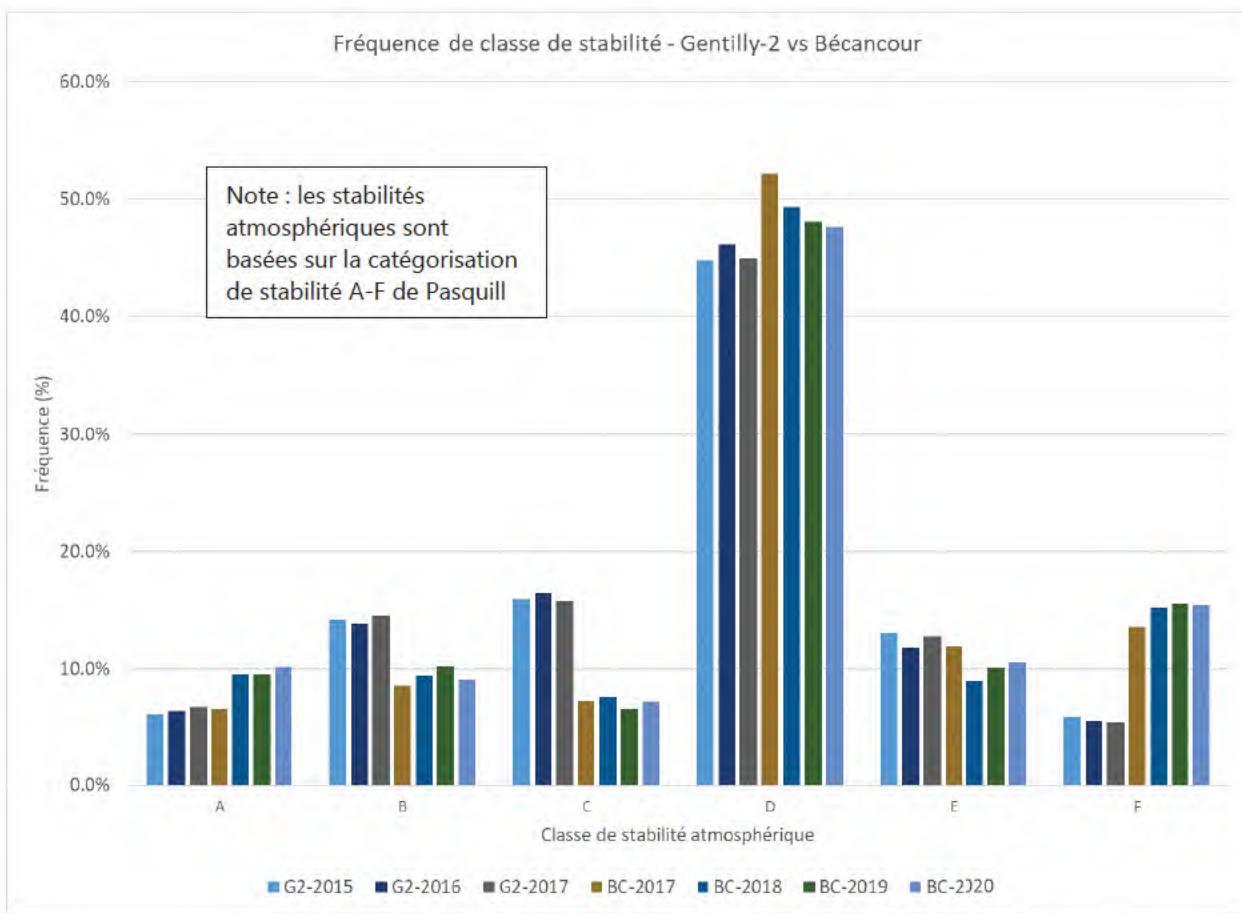


Figure 2-18 : Fréquence des vents par classe de stabilité atmosphérique

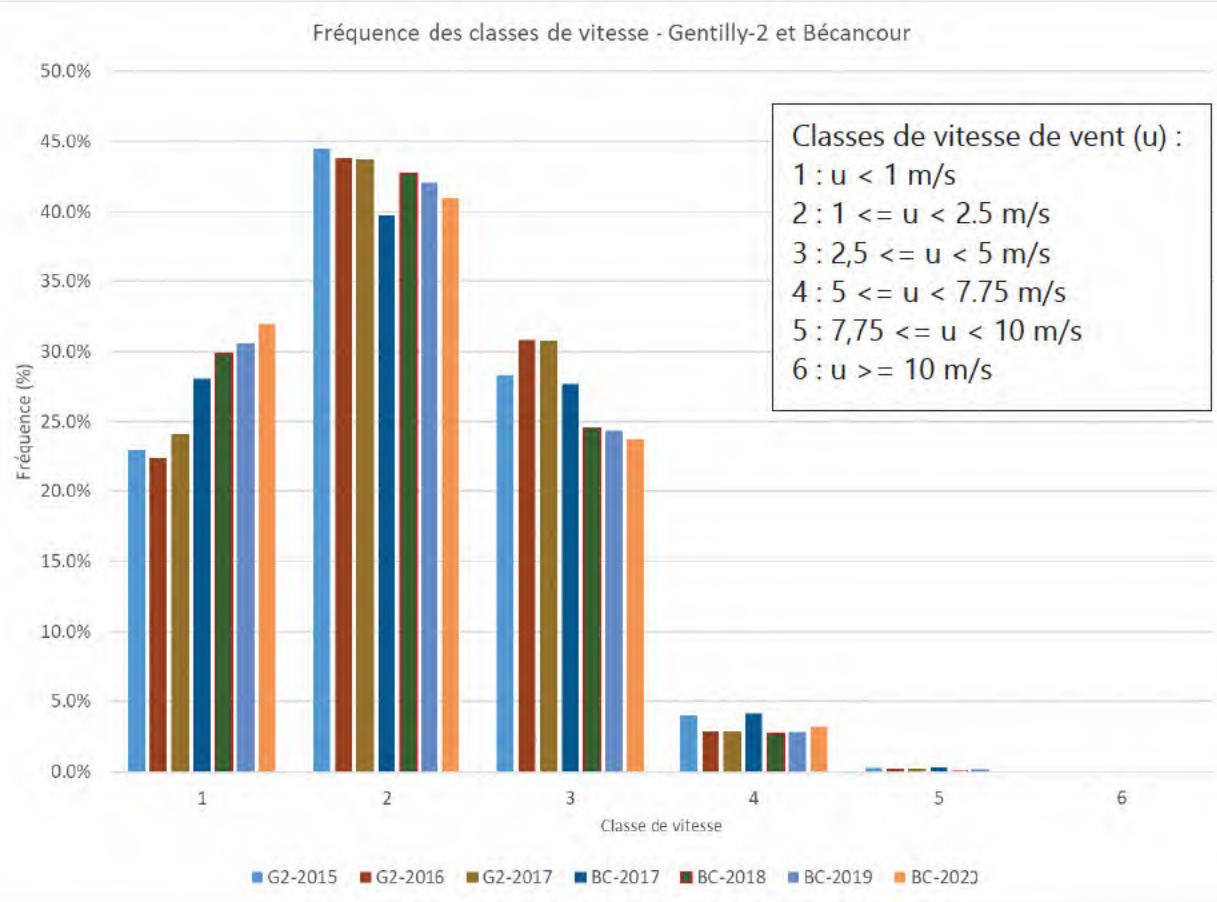


Figure 2-19 : Fréquence des vents par classe de vitesse

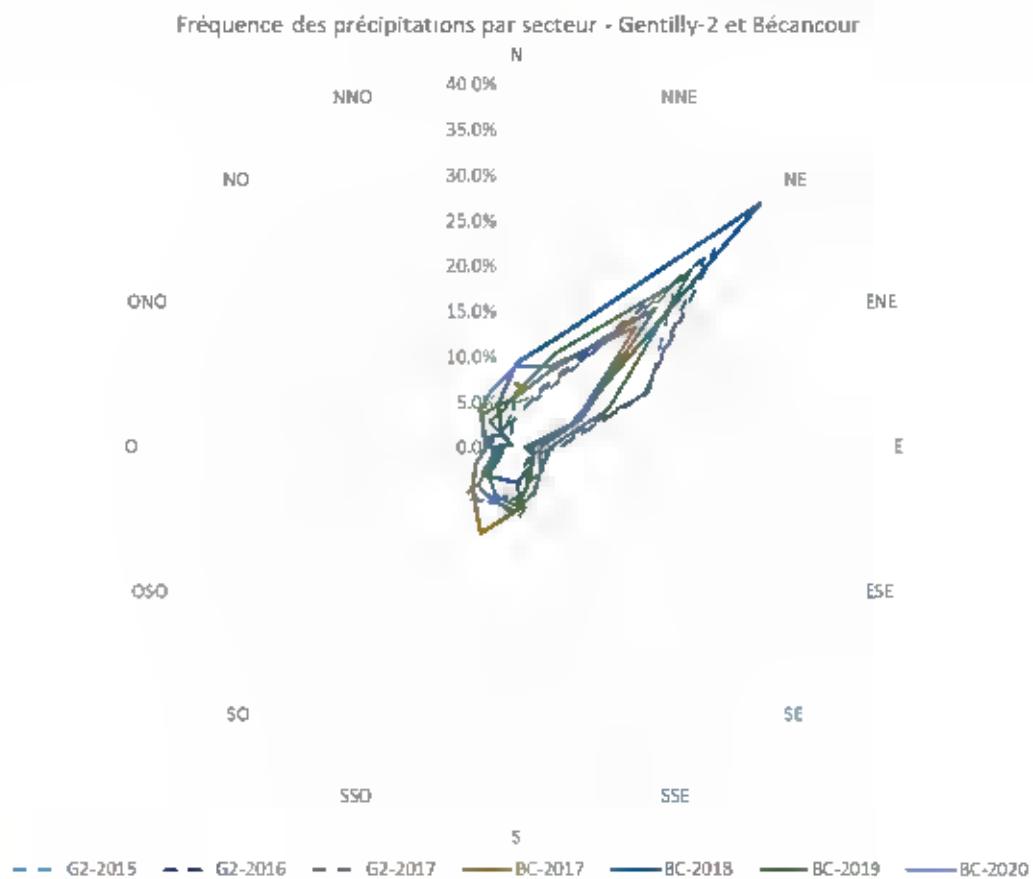


Figure 2-20 : Fréquence de précipitation par secteur



Figure 2-21 : Taux de précipitation annuel

2.2.7 Hydrologie

Le système hydrologique de la zone des installations de Gentilly-2 se caractérise par une association étroite entre les écoulements de surface et les écoulements souterrains. La description et l'interprétation de ce système reposent sur les résultats des investigations réalisées au début des années 1980 [38]. Mentionnons cependant que, depuis cette période, le dynamisme du système n'a subi aucune modification de nature à produire des changements significatifs dans le comportement et la circulation des eaux de surface et souterraines du site.

Au niveau du canal de rejet, l'arrêt des systèmes de la station de pompage, sauf pour l'EBA ($6900 \text{ m}^3/\text{j}$ [39]) et l'ajout d'une nouvelle ligne d'effluents liquides radioactifs au chenal sud du fleuve Saint-Laurent, constitue un changement significatif. Lorsque la centrale était en exploitation, le débit au canal de rejet était d'environ $25 \text{ m}^3/\text{s}$ [40].

Le fleuve Saint-Laurent constitue un environnement local important.

2.2.7.1 *Eaux de surface*

Le système d'écoulement des eaux de surface à proximité des installations de Gentilly-2 se compose de la rivière Bécancour à l'ouest et de la rivière Gentilly à l'est. Ces deux affluents du fleuve Saint-Laurent présentent de fortes variations saisonnières et des débits relativement faibles. Les crues surviennent en avril et les étiages en août et en septembre.

Le système hydrologique de surface est complété par un réseau de ruisseaux et de fossés de drainage qui s'écoulent vers le fleuve (voir la Figure 2-22). Ce réseau a été mis en place à des fins agricoles et pour assurer le drainage du site des installations de Gentilly-2, également doté d'un système de drainage souterrain. À l'est, la décharge du Portage draine en grande partie des terres situées à l'extérieur de la propriété d'Hydro-Québec, puis elle déverse ses eaux entre la rivière Gentilly et le canal de rejet. Le ruisseau de la Pointe aux Roches longe la route d'accès aux installations de Gentilly-2 et contourne vers l'est le site de la centrale de Bécancour pour se diriger ensuite vers la décharge du Portage, le long du chemin de desserte menant aux installations de l'ancienne usine d'eau lourde La Prade. Immédiatement à l'ouest, la rivière aux Joncs draine une faible partie du territoire compris entre l'ASDR et le fleuve. Ce cours d'eau se prolongeait autrefois jusqu'à la voie ferrée, mais son cours normal a été coupé par le remblai érigé au sud-ouest de l'ASDR. La décharge Lavigne, située à la limite de la propriété d'Hydro-Québec, favorise quant à elle l'écoulement des eaux provenant en grande partie de terres situées à l'extérieur de cette propriété.

Le site est équipé d'un système de drainage pluvial comportant 9 réseaux. Le système est illustré à la Figure 2-23.

À la hauteur de Trois-Rivières, le régime hydrodynamique du Saint-Laurent est essentiellement dominé par son débit. L'influence de la marée est très faible puisque son amplitude moyenne n'atteint que 0,3 m. Le débit moyen annuel du fleuve à la hauteur de Bécancour est de 11 500 m³/s [19]. La crue printanière se concentre en avril et en mai. Quant à l'étiage, il s'étend de juillet à octobre.



Figure 2-22 : Écoulement des eaux de surface des installations de Gentilly-2

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2



Figure 2-23 : Système de drainage pluvial et de surface des installations de Gentilly-2

Digitale Innovationen fördern die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen.

2.2.7.2 Eaux souterraines

Géomines ltée a effectué une étude hydrogéologique dans un rayon de 8 km autour de l'ASDR [41]. Trois aquifères y ont été identifiés, à savoir les sables des hautes terrasses, les sédiments glaciaires sous l'argile de la mer de Champlain et les sédiments glaciaires sur la partie superficielle de l'assise rocheuse. Seul ce dernier aquifère touche le site des installations de Gentilly-2. Il est constitué de la partie fissurée de l'assise rocheuse, associée localement au sable plus ou moins silteux qui le recouvre.

Le roc sain est pratiquement imperméable. De fait, sa perméabilité varie entre 10^{-9} et 10^{-8} m/s. Cependant, la transmissivité des cinq mètres supérieurs de cette assise se situe entre 10^{-5} et 10^{-4} m²/s, en raison essentiellement de la présence de fractures subhorizontales de décompression à la surface. Dans ces conditions, la perméabilité horizontale de la zone aquifère se situe autour de 10^{-5} m/s et sa porosité effective à 10^{-4} . La perméabilité verticale est quant à elle estimée de 10 à 100 fois plus faible (10^{-6} m/s), du fait que les fissures sont essentiellement horizontales. Des essais de traçage par coloration ont montré que l'eau à l'est de l'ASDR circule à travers les fractures à une vitesse relativement grande, soit 1 m/h pour les gradients mesurés à cet endroit. Selon le recouvrement du roc, les eaux de cet aquifère sont partiellement captives au droit de l'ASDR sous une couche de silt argileux. La nappe est libre sous l'emplacement de la centrale en raison de l'absence de dépôt argileux.

La couche de silt argileux est considérée comme relativement imperméable : perméabilité horizontale de 10^{-8} m/s, perméabilité verticale de 10^{-7} m/s et porosité de 0,5. La couche de till sous-jacente au silt argileux, dont la perméabilité horizontale et verticale estimée est de 10^{-6} m/s et la porosité de 0,2, est caractéristique des formations semi-perméables. La couche de sable et de gravier qui recouvre le socle rocheux au droit de l'ASDR présente une perméabilité horizontale et verticale évaluée à 10^{-4} m/s et une porosité de 0,3.

Les deux vallées fossiles comblées de sédiments perméables, qui encadrent le site des installations de Gentilly-2, jouent le rôle de drains pour l'aquifère. Régionalement, les eaux du roc s'écoulent vers le fleuve avec des gradients qui varient de $1,3 \times 10^{-3}$ à 2×10^{-2} , les plus faibles se retrouvant dans les basses terrasses et les plus forts, en bordure des hautes terrasses. Localement, la piézométrie indique que le secteur situé entre l'ASSCI et l'ASDR constitue une zone de recharge (voir la Figure 2-24). Les études tendent à démontrer que l'écoulement se répartit de part et d'autre de la ligne de partage des eaux des deux bassins versants souterrains. De façon générale, les niveaux piézométriques mesurés dans le roc sont semblables au niveau d'eau en surface. Les niveaux piézométriques maximaux sont enregistrés entre la fin d'avril et la mi-mai et correspondent à la fonte des neiges. Les niveaux minimaux surviennent quant à eux à la mi-août. La position des lignes d'écoulement demeure stable malgré les variations saisonnières des conditions piézométriques.

Les marées observées au niveau du fleuve ont un effet limité sur les eaux souterraines du site. Durant la période d'observation, les marées observées sur le fleuve ont atteint une amplitude maximale de 0,76 m. Les variations piézométriques enregistrées aux stations situées à moins de 50 m du fleuve présentaient alors des variations de niveau d'amplitude inférieures à 10 cm. Aucun effet de marée n'a cependant été observé aux stations piézométriques situées près de l'ASDR.

L'aquifère du roc fissuré est confiné par des sols imperméables. Il est de plus situé en dessous du niveau minimal du fleuve, dans la zone comprise entre l'ASDR et le fleuve. Dans ces conditions et en accord avec les conclusions de Géomines Itée [41], on peut conclure que l'effet des marées sur l'aquifère du roc est négligeable. L'influence des marées ne peut donc engendrer un renversement des conditions d'écoulement dans le roc.

Dans la zone immédiate du bâtiment réacteur de Gentilly-2, le niveau et l'écoulement des eaux souterraines est contrôlé par les drains de fondation du bâtiment des turbines. Trois puisards de fondation se drainent dans la conduite d'évacuation de l'EDC (sans possibilité de surveillance radiologique).

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

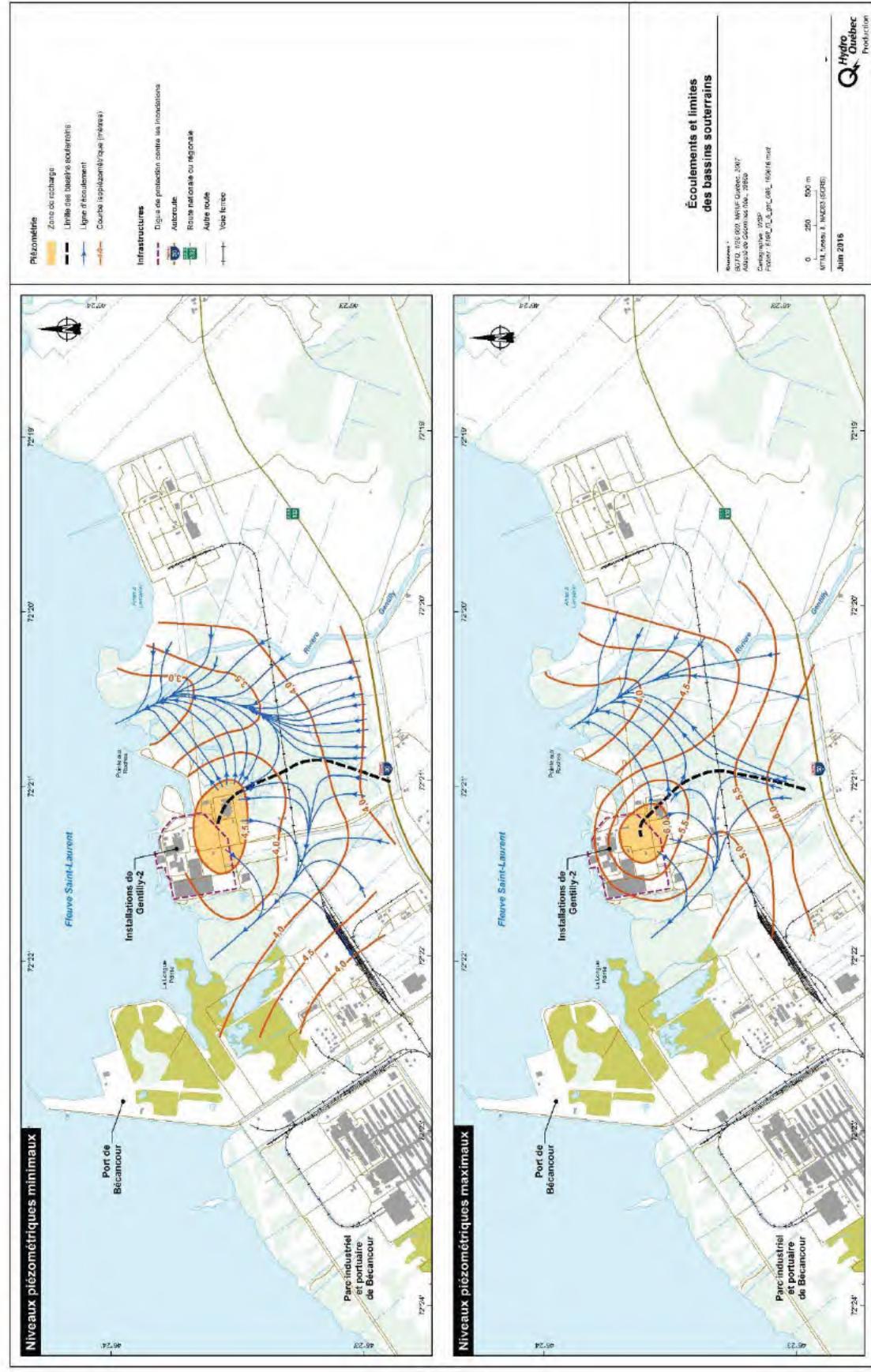


Figure 2-24 : Écoulements et limites des bassins souterrains

2.2.7.3 *Fleuve Saint-Laurent*

Le fleuve Saint-Laurent était important pour le refroidissement de la centrale nucléaire de Gentilly-2 lorsqu'elle était en exploitation. L'eau de refroidissement de la centrale était tirée du fleuve Saint-Laurent par un canal d'amenée, et était retournée au fleuve en aval par un canal de rejet. Avec l'arrêt définitif de la centrale en 2012 et la dernière campagne de transfert du combustible irradié de la piscine de stockage vers les modules CANSTOR en 2020, l'installation nucléaire de Gentilly-2 n'a plus besoin d'eau pour le refroidissement des systèmes nucléaires.

2.2.7.3.1 Profondeur

À l'embouchure de la rivière Bécancour, le fleuve atteint une largeur de 3 km pour ensuite s'élargir à environ 5 km à la hauteur des battures de Gentilly. Les battures occupent environ 35 % de la largeur du fleuve et divisent ce dernier en deux chenaux. Le chenal nord, où se trouve la voie maritime du Saint-Laurent, couvre une largeur de 470 m alors que la portion au sud atteint 500 m de largeur [18].

Le chenal de navigation du Saint-Laurent est peu profond (10 m à 12 m) et est entretenu par dragage. Les profondeurs naturelles sont minimales sur les battures, où l'épaisseur d'eau moyenne annuelle varie approximativement de 0,8 m à 1,1 m. Le chenal sud présente une profondeur moyenne de 4 m. Aux abords des installations de Gentilly-2, la profondeur aux battures est de 0,5 m à 1,9 m.

2.2.7.3.2 Débit

Le débit total du fleuve Saint-Laurent varie selon les saisons et est fortement affecté par la crue printanière. Les données de débit du fleuve à hauteur de la ville de Québec sont utilisées pour estimer le débit aux installations de Gentilly-2. Les données de débit à Québec surestiment le débit aux installations de Gentilly-2, car elles intègrent l'apport d'affluents additionnels entre Gentilly-2 et Québec. Les valeurs extrêmes des données historiques varient d'un minimum de 7 822 m³/s (enregistré en septembre 1964) à un maximum de 25 752 m³/s (enregistré en mai 1974). Le débit total à Québec pour les décennies subséquentes se trouve dans la plage des extrêmes historiques (voir le Tableau 2-4).

Tableau 2-4 : Débit total du fleuve Saint-Laurent à Québec

Période	Débit bas (m ³ /s)	Date	Débit haut (m ³ /s)	Date
1955-1959	8740	Janvier 1959	21 530	Avril 1955
1960-1969	7822	Septembre 1964	20 200	Avril 1960
1970-1979	8950	Décembre 1978	25 752	Mai 1974
1980-1989	8917	Juillet 1988	21 674	Mai 1985
1990-1999	8867	Janvier 1999	21 519	Avril 1998
2000-2009	8651	Février 2003	19 429	Mai 2005
2010-2019	9315	Mars 2015	24 574	Mai 2017
2020	10 419	Septembre 2020	19 394	Avril 2020

Source d'information : Observatoire global du Saint-Laurent [42] [43]. Les valeurs en gras représentent les minimum et maximum historiques.

2.2.7.3.3 Niveau

Le niveau d'eau du fleuve aux installations de Gentilly varie quotidiennement en raison des marées, des fluctuations saisonnières et des ouvrages de régulation du débit des deux principaux bassins hydrographiques du fleuve, soit les Grands Lacs (station de Cornwall) et la rivière des Outaouais (station de Carillon).

Le niveau d'eau du fleuve est activement suivi depuis plusieurs années à plusieurs endroits à proximité des installations de Gentilly-2, fournissant un historique complet :

- La station de mesure #03360 de Pêches et Océans Canada à Trois-Rivières enregistre les données depuis 1912 ;
- La station de mesure #03353 de Pêches et Océans Canada à Bécancour a enregistré les données en 1985 et depuis 1992 ;
- La station de mesure GENT0027 d'Hydro-Québec à Gentilly a fourni des données de 1972 à 1982 ;
- La station de pompage de Gentilly-2 mesure le niveau en continu ; les données de 2006 à 2011 et de 2015 à 2020 sont rapportées ci-dessous.

Pêches et Océans Canada maintient un réseau de stations de mesure de niveaux d'eau dont les plus proches des installations de Gentilly-2 sont à Trois-Rivières (# 3360) et Bécancour (# 3353). Les données de niveau de Pêches et Océans Canada sont réduites au zéro des cartes (la marée normale la plus basse), lequel à Trois-Rivières est de 3,0 mètres au-dessus du niveau de référence géodésique [44]. Le zéro des cartes à Bécancour est établi à 2,6 mètres au-dessus du niveau de référence géodésique à la référence [45]. Ce niveau de référence géodésique est conforme au système de référence international des Grands Lacs de 1985 (SRIGL 1985), dont le niveau zéro est établi en fonction de la marée moyenne à Pointe-au-Père et Rimouski. Le

Tableau 2-5 présente le minimum, la moyenne et le maximum des niveaux moyens horaires du fleuve Saint-Laurent mesurés à Trois-Rivières de 1912 à 2020, ainsi que des niveaux moyens horaires mesurés à Bécancour en 1985 et de 1992 à 2020. Les niveaux moyens horaires à Bécancour englobent les niveaux instantanés minimums et maximums mesurés de 2002 à 2005 rapportés à la référence [45] en fonction du SRIGL 1985.

Le niveau du fleuve est aussi mesuré à la station de pompage de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Ce niveau est basé sur le référentiel des élévations des installations de Gentilly-2 utilisé à l'époque de la conception. Le système en vigueur était le système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD28). Le CGVD28 est l'ancien datum vertical pour le Canada. Il a été adopté officiellement par un décret en conseil en 1935 et abrogé le 5 février 2015. CGVD28 est un datum marégraphique défini par le niveau moyen de l'eau à cinq marégraphes : Yarmouth et Halifax sur l'océan Atlantique, Pointe-au-Père sur le fleuve Saint-Laurent, et Vancouver et Prince Rupert sur l'océan Pacifique. En outre, sa définition comprend une altitude à un repère altimétrique situé à Rouses Point, NY (près du lac Champlain), dont l'altitude a été convenue par les États-Unis et le Canada en 1925. Le datum est propagé à l'intérieur des terres par des mesures de nivellation géodésiques [46].

Tableau 2-5 : Niveau du fleuve Saint-Laurent

Lieu, numéro de station, type de mesure et référentiel vertical	Minimum (m)	Moyenne (m)	Maximum (m)
Bécancour (# 3353)			
Niveau horaire moyen 1985, 1992-2020 – réf. zéro des cartes (ZC) [47] - niveau de référence géodésique (RG = ZC + 2,6 [45])	-0,45 2,15	1,12 3,72	3,97 6,57
Niveau instantané 2002-2005 (SRIGL1985) [45]	2,22		6,47
Trois-Rivières (# 3360)			
- Observé Trois-Rivières 1912-1990 (SRIGL1985) [45] - Observé Trois-Rivières 1961-1990 (SRIGL1985) [45]	2,190 2,520		7,475 7,475
Niveau horaire moyen 1912-2020 – réf. zéro des cartes (ZC) [47] - niveau de référence géodésique (RG = ZC + 3,0 [44])	-0,51 2,31	1,17 4,17	4,55 7,61
Gentilly, selon référence S.G.C. (CGVD28)			
Observé (GENT0027) 1973-1982 [45]	2,54		6,349
Observé station de pompage G2 2006-2011 (RS-2014)	1,0		6,0
Observé station de pompage G2 2015-2020 ¹	n.d.		6,35
Calculé selon la relation 0,5144+0,839 6 * S03360 [45] ²	2,353		6,790

Notes :

1. Données de niveau haut fournies par Hydro-Québec par courriel A. Désilets à R. Moffett le 19 février 2021.
2. La relation entre le niveau mesuré à la station 3360 de Trois-Rivières et le niveau à Gentilly-2 a été établi à partir des valeurs maximales et n'est donc pas nécessairement adéquate pour les valeurs minimales.

2.2.7.3.4 Température

La température de l'eau du fleuve a été mesurée à la prise d'eau de la station de pompage de Gentilly-2. La température de l'eau a atteint une moyenne maximale de 23,3 °C (Tableau 2-6 et référence [48]). Cependant, en raison des marées combinées à des journées d'été très chaudes, l'eau chaude chauffée à marée basse (estran) arrive pendant la marée montante et se mélange à l'eau dans le canal d'aménée. Cela a pour effet d'augmenter temporairement la température de l'eau de prise d'eau au-dessus de 28 °C. Il a été observé (voir les références [49] et [48]) des valeurs proches de 31 °C pendant les étés 1991 et 1995.

Tableau 2-6 : Température du fleuve Saint-Laurent

Température	2006 - 2011 Exploitation
Moyenne (°C)	23,3
Haute (°C)	30,1
Basse (°C)	0,1

Source d'information : Données à la station de pompage de Gentilly-2

2.2.7.3.5 Qualité

La qualité de l'eau du fleuve varie considérablement d'une saison à l'autre, principalement en raison de la présence de matière organique provenant de la végétation naturelle en automne et également lors du ruissellement printanier. Une certaine contamination a été constatée, apparemment à la suite des opérations de l'industrie de pâte et papier et de l'industrie chimique en amont, et aussi sous la forme d'eaux usées. Les risques biologiques comprenaient les débris, les moules zébrées, l'abondance d'algues et d'algues filamentueuses qui sont présentes autour de la station de pompage de Gentilly-2 [50]. Depuis que la centrale est définitivement arrêtée et que le combustible a été retiré des piscines de stockage, ces risques ne sont plus à considérer.

2.2.8 Géologie

La région fait partie de la province tectonique des basses terres du Saint-Laurent [51]. Sur la rive sud du fleuve, on note la présence du groupe de Lorraine, représenté par la formation de Nicolet, du groupe de Richmond, adjacent au premier et représenté par la formation de Pontgrave, et, plus au sud, de la formation de Bécancour.

Les roches de la région sont des formations sédimentaires d'âge ordovicien. À l'exception de la formation de Bécancour, elles sont d'origine marine et se composent de shales, de grès à grains fins et de calcaire cristallin. La formation de Bécancour, quant à elle, comporte des shales silteux et des grès rouges et verts recouvrant des shales gris à la base. La lithologie se caractérise donc par des roches tendres où les shales, généralement argileux, se désagrègent rapidement sous l'action des agents atmosphériques. Ces roches sont en général imperméables : leur

perméabilité est rarement supérieure à 10^{-9} m/s. Toutefois, lorsque ces formations affleurent, il arrive souvent qu'elles soient fracturées en surface, ce qui augmente leur perméabilité.

2.2.9 Géomorphologie et sédimentologie

La région des basses terres du Saint-Laurent présente une topographie relativement plane, les reliefs atteignant à peine 20 m. Elle comporte deux unités morphologiques, soit les basses terrasses en bordure du fleuve et les hautes terrasses couvrant la partie au sud des installations de Gentilly-2 (voir Figure 2-25). Un escarpement pouvant atteindre 15 m par endroits définit la limite inférieure des basses terres.

Au total, cinq unités sédimentologiques sont définies dans le secteur des installations nucléaires de Gentilly-2 [52]. Par ordre chronologique de formation, on distingue le till de Bécancour, le till de Gentilly, l'argile de la mer de Champlain, les sables des hautes terrasses et les sables des basses terrasses (voir Figure 2-25).

Le till de Bécancour affleure dans le sud-ouest de la région. Il s'agit d'un till sableux, de couleur rouge brique. Le till de Gentilly recouvre l'assise rocheuse dans la majeure partie de la région. Ce till sableux et calcaire affleure uniquement là où les argiles de la mer de Champlain et les sables des hautes terrasses ont été érodés ou n'ont pas été déposés. Les argiles de la mer de Champlain sont des sédiments composés d'argiles et de silts de compacité inégale, déposés de façon plus ou moins uniforme sur la région. Leur épaisseur atteint près de 30 m sur les hautes terrasses, près de la rivière Gentilly.

Les sables des hautes terrasses sont des sables bien triés ; leur granulométrie varie de moyenne à fine et l'épaisseur des dépôts, de 1 à 10 m. Ils reposent généralement sur les argiles de la mer de Champlain. L'unité des sables des basses terrasses qui couvre le site des installations de Gentilly-2 se compose, quant à elle, de sables, de till, de silts et de dépôts organiques. La Figure 2-26 et la Figure 2-27 présentent la localisation et les résultats des coupes stratigraphiques. Il s'agit d'une plateforme d'érosion fluviale où l'assise rocheuse est peu profonde. La délimitation du socle rocheux, réalisée par Géos [53], met en évidence une vallée profonde située sous la rivière Gentilly et qui s'enfonce jusqu'à 25 m sous le niveau de la mer. Immédiatement à l'ouest de l'ASDR, une petite vallée s'enfonce à environ 5 m sous le niveau de la mer. Entre ces vallées, le substratum rocheux est situé à environ 4 m de profondeur. Le roc est constitué de schiste argileux gris avec interlits de calcaire et de grès. Il est fissuré dans les cinq premiers mètres et les fissures les plus nombreuses sont subhorizontales.

Au droit de l'ASDR, le socle rocheux, situé à environ 1,5 m sous le niveau de la mer, est recouvert d'une couche de sable et de gravier dont l'épaisseur moyenne est de 1,5 m selon les 12 forages réalisés dans cette zone [53]. Cette couche est très localisée puisqu'aucun échantillon de ce matériau n'a été relevé dans les forages situés hors d'un rayon de 200 m. L'épaisseur des dépôts de till qui couvre la couche de sable et gravier est inférieure à 2 m au voisinage de l'ASDR. Le silt argileux, avec un peu de matière organique en surface, atteint quant à lui une épaisseur

moyenne de 1,5 m. Cette couche relativement imperméable se termine à environ 100 m à l'est de l'ASDR.

Le socle rocheux, à l'emplacement de l'ASSCI, s'enfonce à environ 2,5 m sous le niveau de la mer. Des dépôts de till glaciaire d'environ 1,5 m d'épaisseur recouvrent le roc.

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

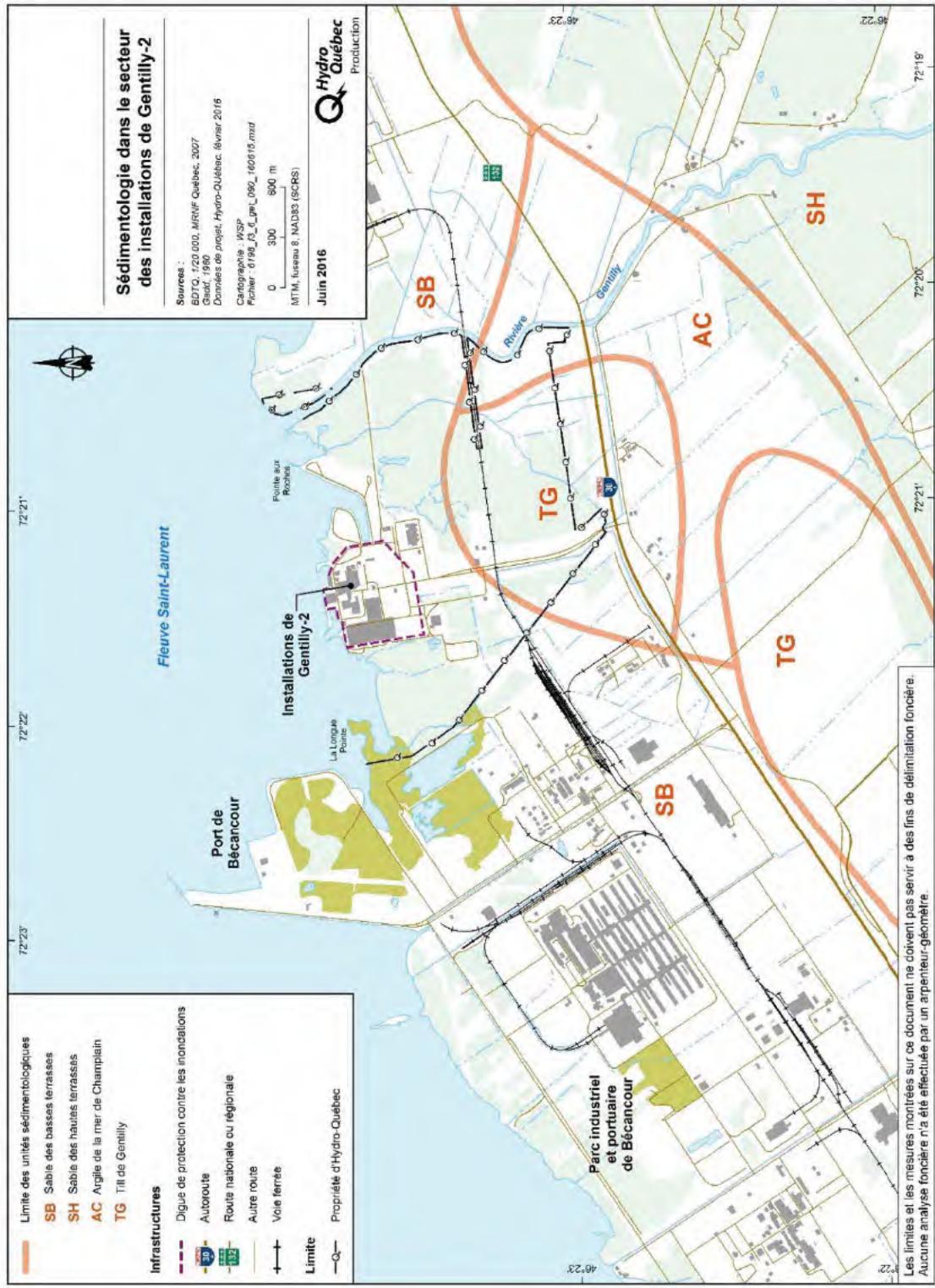


Figure 2-25 : Sédimentologie dans le secteur des installations de Gentilly-2

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

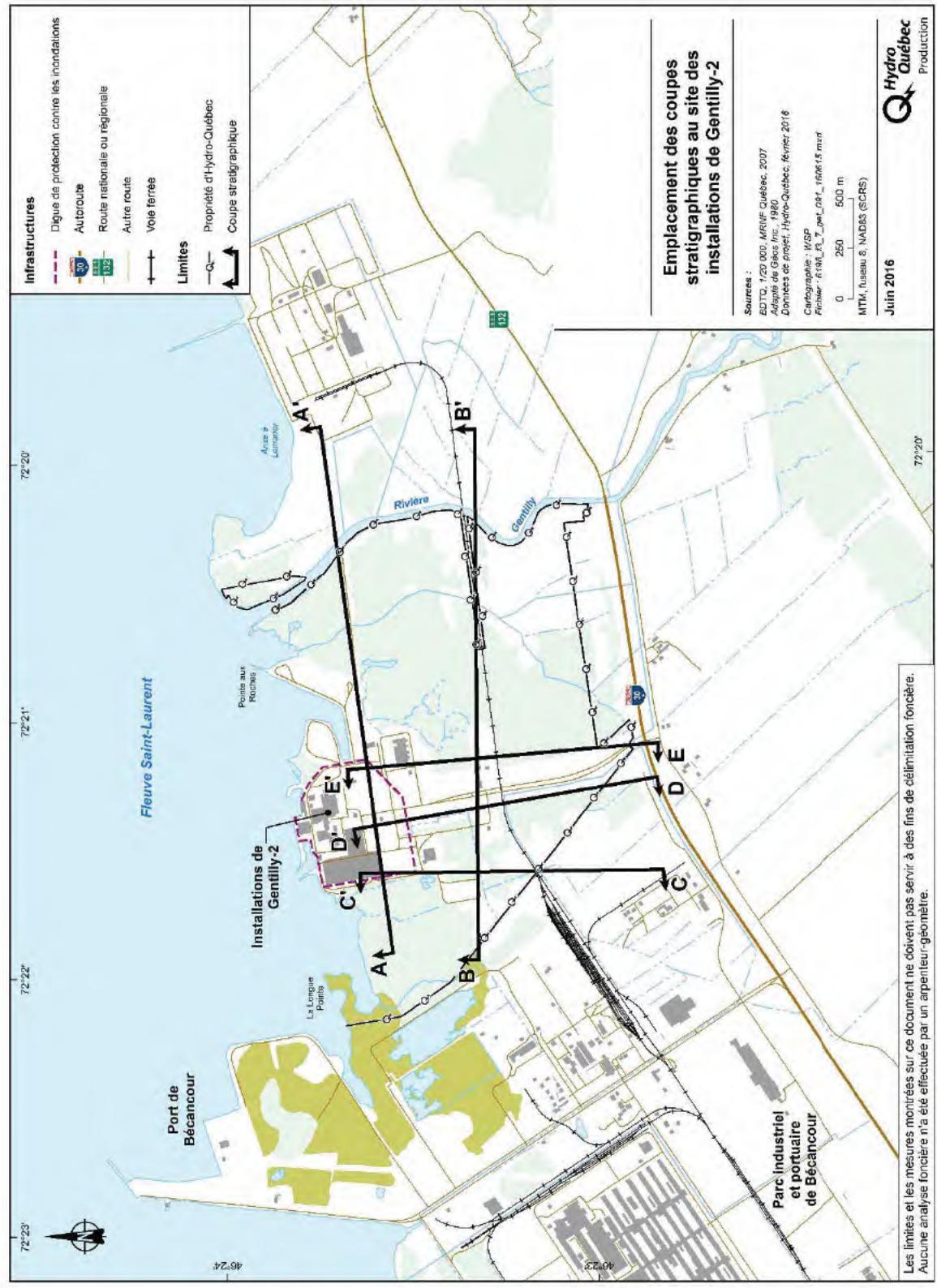


Figure 2-26 : Emplacement des coupes stratigraphiques au site des installations de Gentilly-2

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

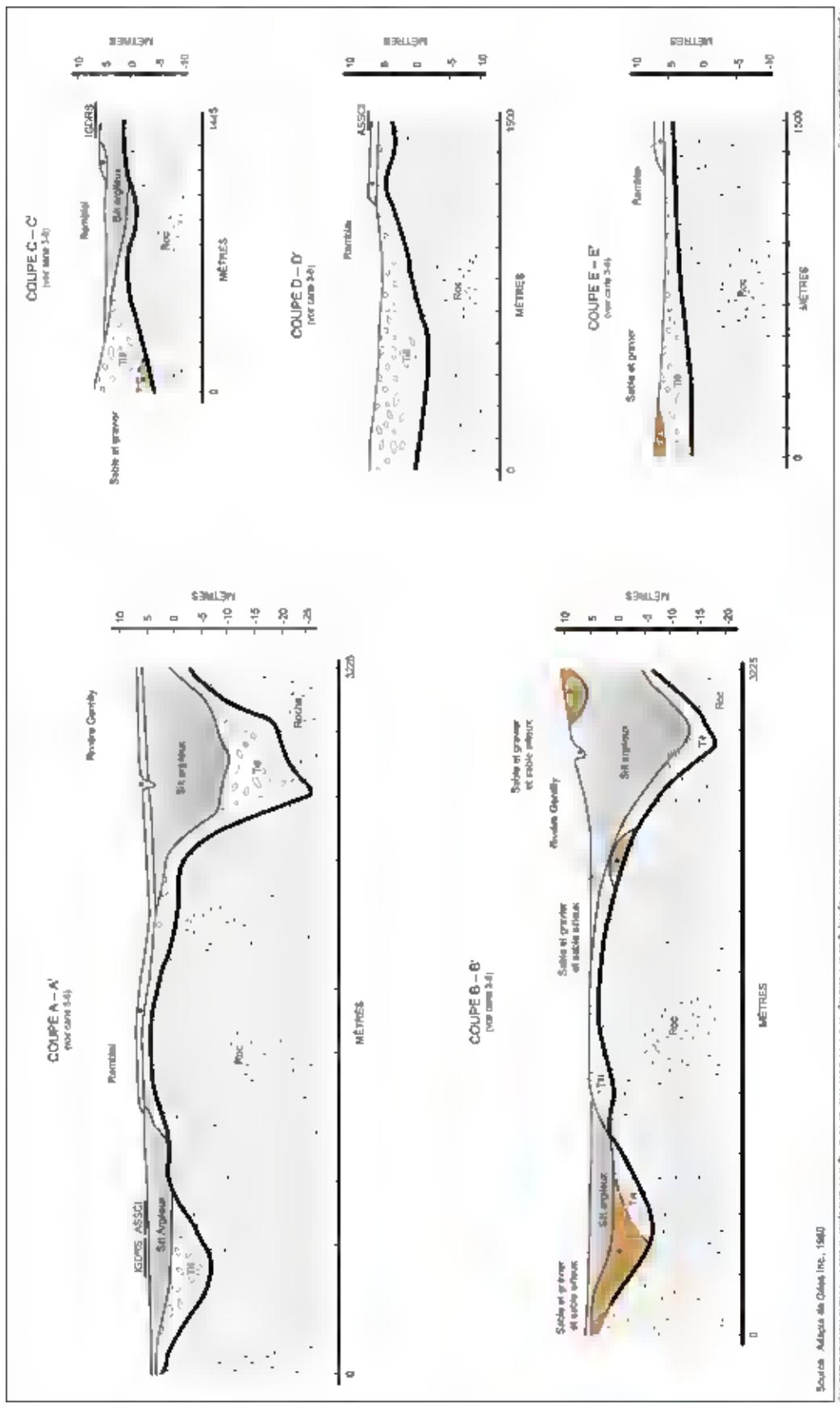


Figure 2-27 : Coupes stratigraphiques au site des installations de Gentilly-2

2.2.10 Rejets atmosphériques de contaminants radioactifs

La ventilation du bâtiment du réacteur et d'une partie du bâtiment des services est évacuée par la cheminée principale située au nord-est du bâtiment des services. Il s'agit de la source principale de rejets atmosphériques à Gentilly-2.

D'autres sources de rejets atmosphériques existent à Gentilly-2, mais elles sont négligeables en comparaison des rejets de la cheminée [54] [55]. L'air provenant des zones de transfert du combustible irradié et de l'atelier de réparation de la machine à chargement est également surveillée à l'aide de barboteurs avant d'être rejeté à l'atmosphère. De même, l'air provenant du centre de récupération des matières contaminées (CRMC) est aussi surveillée à l'aide de barboteurs avant d'être rejeté à l'atmosphère. La comptabilisation de la radioactivité aux effluents atmosphérique recense donc tous les points possibles de diffusion. Les installations de l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR) et l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS) pourraient également être source de rejets fugitifs de tritium et de carbone 14 dans l'atmosphère. Cependant :

- Les concentrations mesurées autour de l'IGDRS sont uniformes, ce qui sous-tend que la source est éloignée, c.-à-d. que l'activité mesurée proviendrait de la cheminée de l'installation nucléaire. La source principale locale de tritium et de carbone 14, s'il en était, proviendrait des résines usées, mais celles-ci sont stockées dans des enceintes étanches et elles n'en émettent donc pas à l'environnement.
- Les concentrations mesurées autour de l'ASDR ne sont pas uniformes, ce qui sous-tend une source locale. En effet, les concentrations mesurées aux stations ASDR-1 (pour le carbone 14) et ASDR-3 (pour le tritium) sont historiquement supérieures à celles des autres stations de surveillance autour de l'ASDR. On peut raisonnablement postuler que les stations où les mesures sont moins élevées sont influencées que par une source éloignée (la cheminée principale) tandis que celles dont les concentrations sont plus élevées sont influencées par une source locale et éloignée. Le ratio de la concentration moyenne locale 2016-2020 la plus élevée sur la concentration moyenne des autres stations avoisinantes est inférieur à 3 pour le tritium (ASDR-3 vs moyenne ASDR-1, -2, et -5, voir **Tableau 6-11**) et 8 pour le carbone 14 (ASDR-1 vs ASDR-4, voir **Tableau 6-14**). La source locale peut être estimée en considérant que la concentration mesurée est égale à une composante éloignée (1) et une composante locale (2) :

$$C = C_1 + C_2$$

Où

C_1 est la concentration attribuable à la source éloignée

C_2 est la concentration attribuable à la source locale.

La concentration en un point donné est proportionnelle à la source Q et à un facteur de dispersion atmosphérique FD qui est fonction de la distance :

$$C_1 = Q_1 * FD_1(x_1) \text{ et } C_2 = Q_2 * FD_2(x_2)$$

Où Q_1 et Q_2 sont les sources éloignées et locales, et FD_1 et FD_2 sont les facteurs de dilution atmosphériques pour les sources éloignées et locales. On peut donc écrire :

$$C/C_1 = 1 + C_2/C_1 = 1 + (Q_2 * FD_2)/(Q_1 * FD_1)$$

Par conséquent :

$$Q_2/Q_1 = (C/C_1 - 1) * (FD_1/FD_2)$$

En considérant que la source locale est à environ $x_1=30$ m de la station de mesure (~taille de l'ASDR) et que la source éloignée est à environ $x_2=600$ m (~distance cheminée principale-ASDR), un vent de 2 m/s de stabilité F, et une rugosité de sol $z_0 = 40$ cm, on obtient $FD_1 = 4,51^E-4$ m³/s et $FD_2 = 7,26^E-2$ m³/s. Le ratio de rejet d'origine locale / éloignée (cheminée principale) est donc :

Tritium : $Q_2/Q_1 = (3-1)*6,21^E-3 = 0,0124$

Carbone 14 : $Q_2/Q_1 = (8-1)*6,21^E-3 = 0,0435$

Les rejets des aires de stockage de déchets radioactifs représentent donc moins de 5 % des rejets de la cheminée principale.

On suppose que tous les rejets atmosphériques sont issus de la cheminée de l'installation nucléaire de Gentilly-2 puisqu'il s'agit de la source principale de rejets gazeux [56]. La ventilation du bâtiment du réacteur et d'une partie du bâtiment des services est évacuée par cette cheminée, située dans la tour de reconcentration d'eau lourde au nord-est du bâtiment des services.

La Figure 2-28 montre l'évolution historique des rejets atmosphériques annuels depuis 2015. Les rejets de tritium sont stables tandis que les rejets d'activité sous forme d'aérosols se maintiennent proches de 10^6 Bq/a, et les rejets de carbone-14 sont en baisse à environ 10^{10} Bq/a depuis 2018, comparés à 10^{11} Bq/a entre 2015 et 2017 [57].

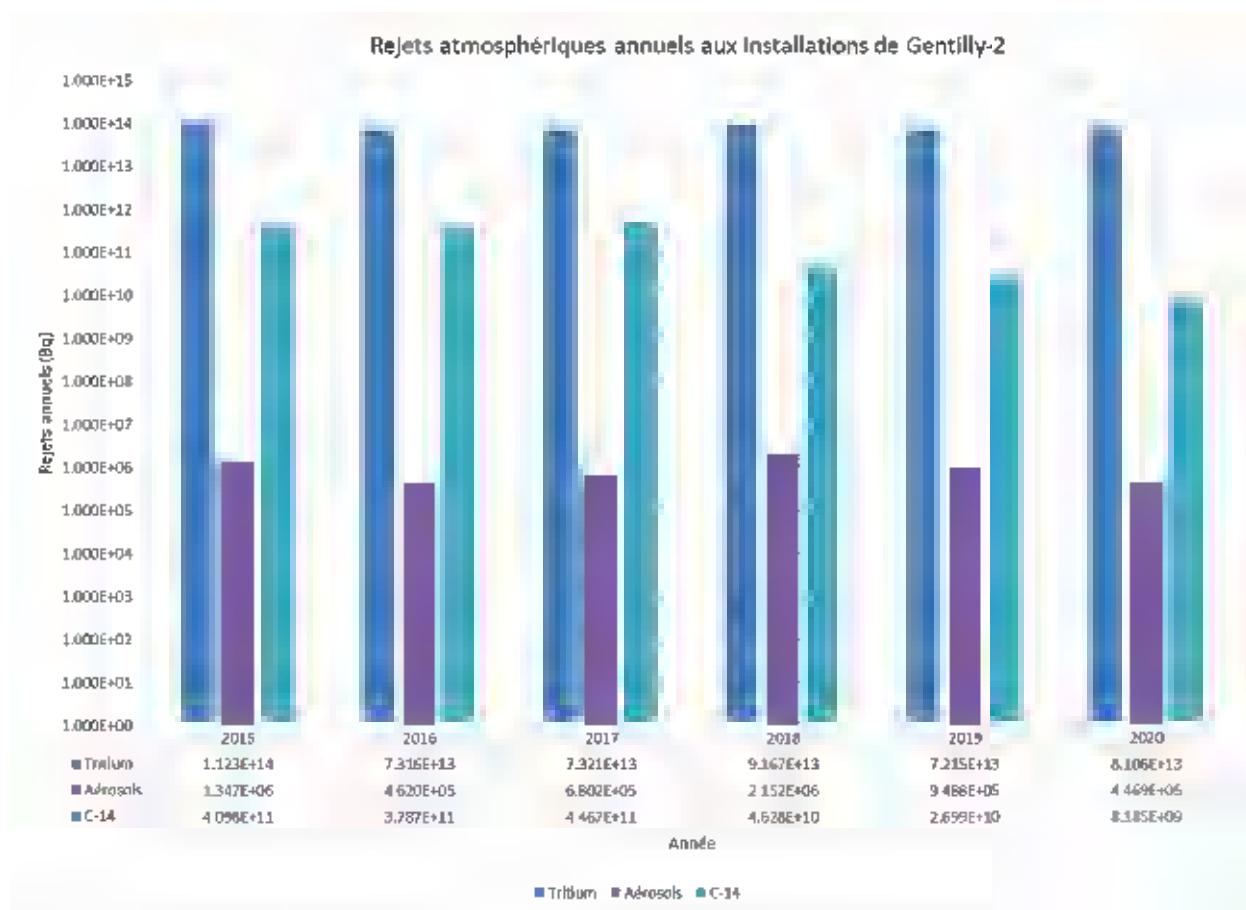


Figure 2-28 : Évolution historique des rejets atmosphériques

2.2.11 Rejets liquides de contaminants radioactifs

Les effluents liquides de Gentilly-2, ainsi que les eaux de ruissellement de surface de l'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) et de l'IGDRS sont conduits au canal de rejet et aboutissent dans le fleuve Saint-Laurent.

Historiquement, les eaux potentiellement radioactives étaient collectées par le système d'effluents liquides radioactifs (7921) et déchargées avec l'eau des pompes d'eau de circulation (7121), l'eau brute de refroidissement (7115) et celle du système d'eau brute d'alimentation (7116) dans le canal de rejet (Figure 2-29). Le débit d'eau pompée au canal de rejet était d'environ 25 m³/s lorsque la centrale était en marche et d'environ 2,1 m³/s lorsque la centrale était à l'arrêt.

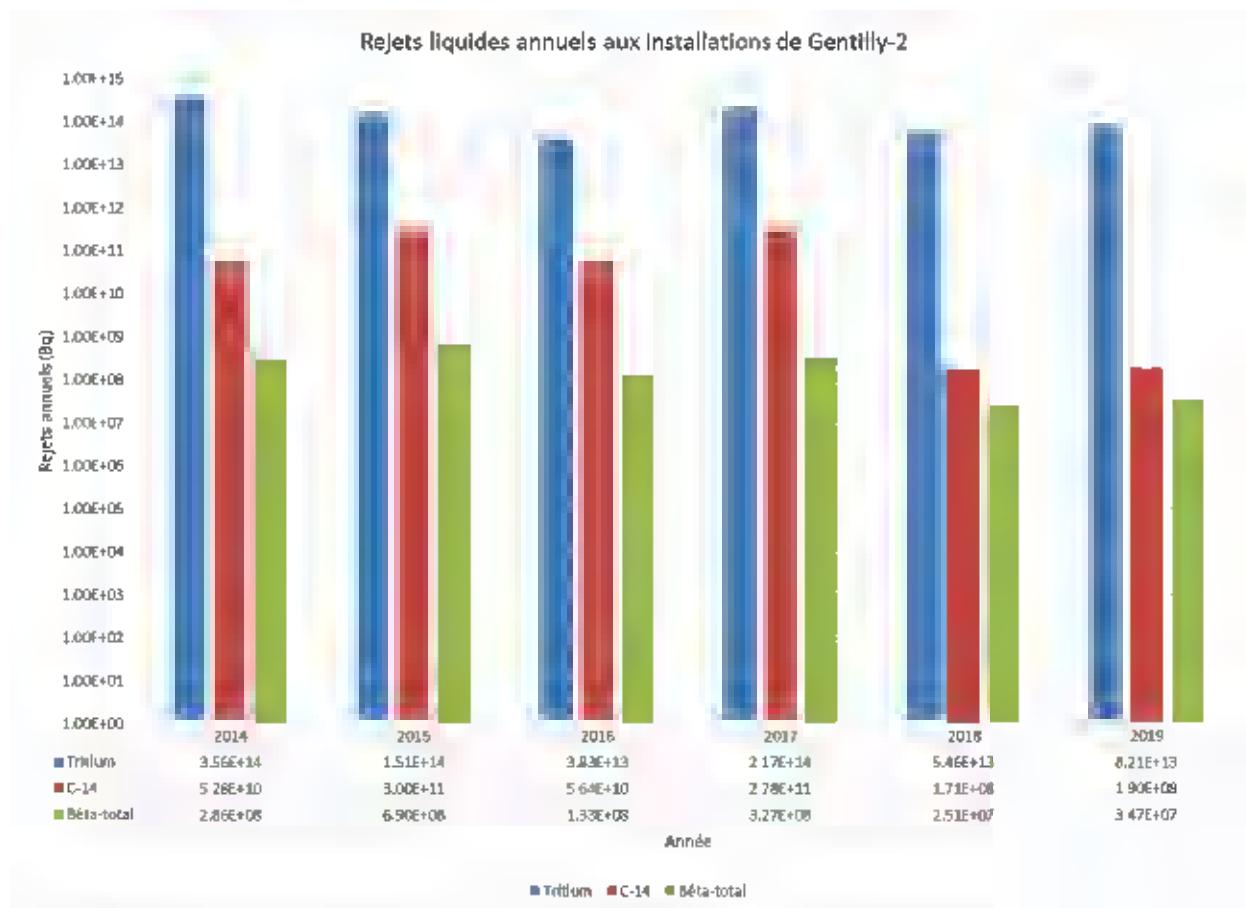
La préparation à la phase de SSS, ou l'état de stockage sûr sec (ESS_{sec}), implique la mise en retrait des pompes d'eau de circulation (7121), de l'eau brute de refroidissement (7115) et du système d'eau brute d'alimentation (7116). Hydro-Québec anticipait que l'émission d'effluents liquides

radioactifs dans le canal de rejet sans l'apport additionnel des divers circuits d'eau aurait pu entraîner une accumulation d'activité dans le canal de rejet, étant donné que ce dernier forme une zone stagnante à l'abri du courant du fleuve. Cette situation aurait pu avoir une incidence sur le biote aquatique local. De plus, l'absence de circulation dans le canal de rejet pourrait entraîner une accumulation de sédiments radioactifs. Une nouvelle conduite a donc été installée dans le fond du canal de rejet afin de disperser les rejets liquides radioactifs directement dans le chenal sud du fleuve (Figure 2-29). Les raisons ayant mené à la sélection de ce site et les limites opérationnelles dérivées applicables sont documentées dans l'étude de la référence [58].



Figure 2-29 : Sites de rejet des effluents liquides radioactifs

La Figure 2-30 montre l'évolution historique de la sommation annuelle de radioactivité aux rejets liquides depuis 2015 [57]. Les rejets de tritium sont stables autour de 10^{14} Bq/a, l'activité bêta totale des rejets se maintient proche de 10^8 Bq/a, et les rejets de carbone 14 sont en baisse à environ 10^8 Bq/a depuis 2018, comparé à environ 10^{11} Bq/a entre 2015 et 2017.

**Figure 2-30 : Évolution historique des rejets liquides**

2.2.12 Rejets de contaminants non radioactifs

Les rejets de contaminants non radioactifs sont surveillés dans le cadre du *Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2* [39].

Les rejets de nature physico-chimique aux installations de Gentilly-2 sont limités à des émissions ponctuelles ou déversements accidentels.

Les émissions de produits de combustion (NO_x , CO_2 , CO, SO_x , COV et particules totales) proviennent des essais réalisés périodiquement au niveau des génératrices d'urgence de l'alimentation électrique et des pompes d'urgence du système d'eau d'incendie [39]. Le Tableau 2-7 identifie les sources d'émission de produits de combustion. Le bilan annuel des émissions de la consommation annuelle de combustible pétrolier n'est plus requis puisque la consommation de combustible est sous le seuil annuel du *Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère* [59].

Tableau 2-7 : Liste des sources d'émissions de produits de combustion

Source	Localisation	Temps de fonctionnement moyen (heures/année)	Consommation annuelle diésel moyenne (L)
Un moteur diésel du groupe électrogène (DG-5)	Bâtiment de la turbine (extérieur)	~ 15	~ 100
Deux pompes d'incendie diésel (0,27 MW chacune)	Station de pompage	~ 24	~ 1000
Groupe électrogène diésel d'urgence	Nord-ouest du BR (extérieur)	~ 5	~ 100

Des gaz réfrigérants sont utilisés dans les différents appareils de réfrigération ou de climatisation des installations de Gentilly-2. Des émissions sont susceptibles de se produire advenant une fuite d'équipement.

Par suite de la fermeture de la centrale le 28 décembre 2012, les ateliers de peinture, de décapage, de soudure et de menuiserie demeurent fonctionnels. Ils peuvent être utilisés ponctuellement, mais très rarement, voire jamais. Ils ne sont donc plus source d'émissions.

Tout au long de l'année 2020, les effluents liquides des installations de Gentilly-2 n'étaient plus que ceux de l'eau brute d'alimentation (EBA), qui était rejetée via les conduites d'évacuation de l'eau de circulation (EDC), de l'eau transitant aux étangs aérés d'épuration des eaux usées sanitaires ainsi que de l'eau des différents réseaux de drainage pluvial du site [3], et ponctuellement l'eau d'incendie et les effluents radioactifs. Le Tableau 2-8 résume le bilan de rejets des eaux des installations de Gentilly-2. Voir l'annexe E du PSE [39] pour les détails.

Tableau 2-8 : Bilan résumé de rejet des eaux des installations de Gentilly-2

Source	Débit rejeté m³/j	Point de rejet
Drainage pluvial	~ 2000	MCH2 en amont de la station de pompage MCH1 et MCH3 au canal de rejet
Eau de refroidissement des échangeurs EBA via EDC	6900	Canal de rejet
Eau d'incendie	454 lors de l'essai	Amont de la station de pompage (Note : chaque borne peut contenir 4L glycol)
Eaux usées sanitaires	58	Étang aéré
Effluents radioactifs	~ 40 000 L/rejet	Chenal sud du fleuve depuis novembre 2018 ; canal de décharge auparavant

2.2.13 Protection et surveillance de l'environnement

Conformément à son *Programme de protection de l'environnement* [60], Hydro-Québec fait un suivi environnemental sur le site des installations de Gentilly-2 et autour des installations :

- *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* (PSRE) [61] pour les contaminants radioactifs, et
- *Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2* (PSE) [39] pour les contaminants physico-chimiques.

2.2.13.1 Contaminants radioactifs

En sus des mesures à la source de la cheminée pour les rejets atmosphériques et du canal de rejet (avant novembre 2018) et à même les réservoirs de liquides radioactifs (depuis novembre 2018) pour les rejets liquides, des mesures de concentration de contaminants radioactifs dans l'environnement sont prises conformément au *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* (PSRE) [61].

Le PSRE couvre deux zones :

- Zone éloignée (hors site)
 - Terrestre
 - Aquatique (baie Lemarier)
- Zone d'exclusion (sur le site des installations de Gentilly-2)
 - Terrestre, incluant :
 - ASDR
 - IGDRS
 - ASSCI
 - Aquatique (canal de rejet)

La Figure 2-31, Figure 2-32, Figure 2-33 et Figure 2-34 montrent l'emplacement des points de mesure et d'échantillonnage à l'intérieur de chacune de ces zones.

Le PSRE comporte des mesures et échantillonnages suivants (voir Tableau 1 et Annexe 1 du PSRE pour les détails) :

- Ambiance gamma
- Surveillance atmosphérique
 - Tritium
 - Carbone-14
 - Activité bêta totale des aérosols
- Biotique et édaphique

- Poissons
- Plantes aquatiques
- Plantes fourragères
- Sédiments dynamiques
- Sols arables
- Mollusques chair/coque
- Sols et dépôts de surface
- Surveillance de l'eau
 - Eau potable
 - Eau du fleuve Saint-Laurent
 - Eaux souterraines
 - Eaux de surface
 - Drainage pluvial
 - Étang aéré
- Surveillance des produits de consommation
 - Eau potable
 - Lait frais
 - Eau d'étable
 - Sirop d'étable
 - Fruits et légumes
- Eau
 - Eaux souterraines
 - Eaux de surface
 - Fleuve Saint-Laurent
 - Drainage pluvial
 - Étangs aérés
- Précipitations

Les résultats de ces mesures sont consignés dans les rapports annuels de surveillance radiologique de l'environnement [62] [63] [64] [65] [3].

Le **chapitre 4** de cette ERE présente et discute de l'impact des résultats du suivi environnemental des contaminants radioactifs hors site, sur l'évaluation des risques à la santé humaine.

Le **chapitre 6** de cette ERE présente et discute de l'impact des résultats du suivi environnemental des contaminants radioactifs sur le site, sur l'évaluation des risques écologiques.



Figure 2-31 : Localisation des points de mesure et d'échantillonnage radiologique en zone éloignée des installations de Gentilly-2



Figure 2-32 : Localisation des points de mesure et d'échantillonnage en zone d'exclusion des installations de Gentilly-2

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2



Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

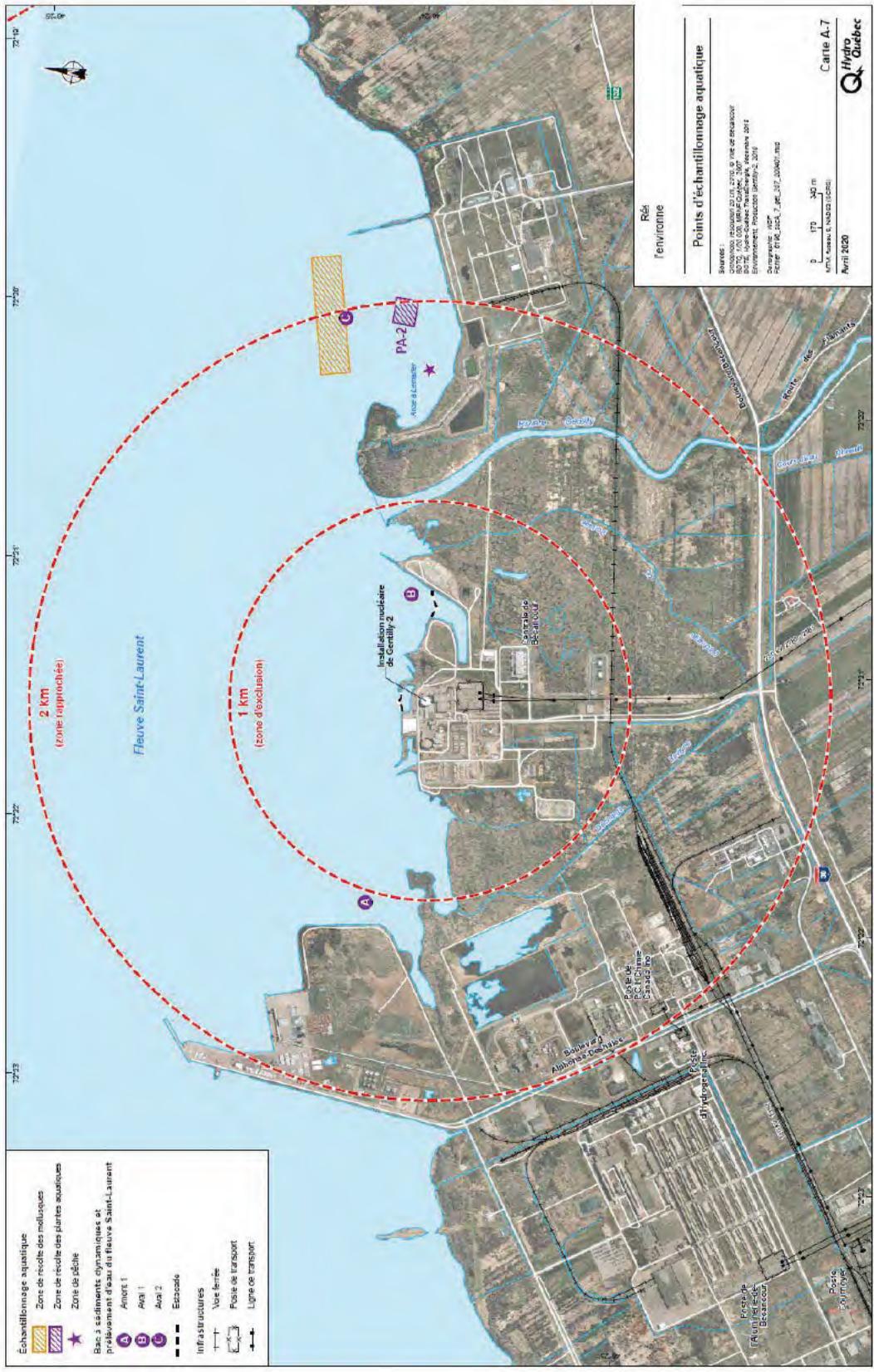


Figure 2-34 : Localisation des points de mesure et d'échantillonnage en zone aquatique autour des installations de Gentilly-2

2.2.13.2 Contaminants non radioactifs

Des mesures de concentration de contaminants non radioactifs sont prises aux points de rejets dans l'environnement dans le cadre du *Plan de surveillance de l'environnement* (PSE) [39]. Les valeurs sont rapportées dans le cadre des rapports semestriels et annuels sur l'environnement. Les rejets récurrents des eaux des installations de Gentilly-2 sont résumés à l'annexe E du PSE. Les rejets de contaminants physico-chimiques non récurrents sont estimés et rapportés au cas par cas.

Le PSE vise la zone d'exclusion du site des installations de Gentilly-2.

La Figure 2-35 et Figure 2-36 montrent l'emplacement des points de mesure et d'échantillonnage.

Les paramètres mesurés sont (voir les tableaux B-1 et B-3 du PSE pour les détails) :

- Effluent de procédé dont les échantillons sont prélevés des réservoirs 7921-TK1 à -TK5 avant les rejets intermittents au chenal sud du fleuve via la conduite submergée dans le canal de rejet :
 - C₁₀-C₅₀
 - Métaux extractibles totaux (Al, Cr, Cu, Pb, Zn)
 - pH
 - Toxicité aiguë
- Affluent final de traitement des eaux usées sanitaires à l'étang aéré :
 - Coliformes fécaux
 - DBO₅ (demande biologique en oxygène)
 - DCO (demande chimique en oxygène)
- Effluent final de traitement des eaux usées sanitaires de l'étang aéré au fleuve Saint-Laurent :
 - Coliformes fécaux
 - DBO₅
 - DCO
 - Phosphore total
 - Huiles & graisses totales
 - Oxygène dissous
- Eaux de surface (Figure 2-23)
 - Réseau pluvial MCH-1 et MCH-3 du côté est, et MCH-2 du côté nord
 - C₁₀-C₅₀
 - MES (matières en suspension)
 - Métaux : Cr, Pb, Fe
 - Anions : chlorures
 - IGDRS

- pH
- Conductivité
- COT (carbone organique total)
- Eaux souterraines à l'IGDRS et l'ASDR (Figure 2-35 et Figure 2-36)
 - Conductivité
 - C₁₀-C₅₀
 - Métaux : Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Fe
 - Anions : chlorure, sulfate
 - pH
 - Niveau d'eau

Les résultats de ces mesures sont consignés dans les rapports annuels de surveillance radiologique de l'environnement [62] [63] [64] [65] [3].

Le **chapitre 3** de cette ERE présente et discute de l'impact des résultats du suivi environnemental des contaminants chimiques et stresseurs physiques sur l'évaluation des risques à la santé humaine.

Le **chapitre 5** de cette ERE présente et discute de l'impact des résultats du suivi environnemental des contaminants chimiques et stresseurs physiques sur l'évaluation des risques écologiques.

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2



Figure 2-35 : Points d'échantillonage des eaux souterraines de l'IGRS et de l'ASDR des installations de Gentilly-2



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec : Géomatique, Hydro-Québec Innovation, équipement et services partagés.

Figure 2-36 : Points d'échantillonage autour de l'ASDR des installations de Gentilly-2

2.3 Sigles et acronymes

Sigle ou acronyme	Définition
AQGO	Association québécoise des groupes d'ornithologues
ASDR	Aire de stockage des déchets radioactifs
ASSCI	Aire de stockage à sec du combustible irradié
BA	Bâtiment administratif
BAST	Bâtiment d'administration des services techniques
BIP	Bâtiment d'inspection périodique
BR	Bâtiment réacteur
BS	Bâtiment des services
BT	Bâtiment turbine
CANDU®	Canada Deutérium Uranium
CANSTOR®	CANDU STORage
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CDPNQ	Centre de données du patrimoine du Québec
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CRMC	Centre de récupération des matières contaminées
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
COT	Carbone organique total
CVE	Composante valorisée de l'écosystème
DBO ₅	Demande en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
EACL	Énergie atomique du Canada limitée
EBA	Eau brute d'alimentation
EBR	Eau brute de refroidissement
EDC	Eau de circulation
EDFMA	Enceintes de déchets de faible et moyenne activité
EEP	Espèces en péril
EPOQ	Étude des populations d'oiseaux du Québec
ERE	Évaluation des risques environnementaux
EREco	Évaluation des risques écologiques
ERET	Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques
ERSH	Évaluation des risques sur la santé humaine
ESFU	Enceintes de stockage des filtres usagés
ESRU	Enceintes de stockage des résines usées
ESS	État de stockage sûr
IGDRS	Installation de gestion des déchets radioactifs solides
LEP	Loi sur les espèces en péril
MELCC	Ministère de l'Environnement de la Lutte contre les changements climatiques

Sigle ou acronyme	Définition
MES	Matières en suspension
MRC	Municipalité régionale de comté
MRN	Ministère des Ressources naturelles
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
PIPB	Parc industriel et portuaire de Bécancour
PSE	Plan de surveillance de l'environnement
PSRE	Plan de surveillance radiologique de l'environnement
SSS	Stockage sous surveillance
TA	Transformateur de l'alternateur
TAG	Turbines à gaz
TSA	Transformateur de service alternateur
TSR	Transformateur de service réseau
USI	« Unified System Index »

2.4 Références

- [1] N. Allison, K. Cormier, C. Morin et G. Schwarz, «Overview of the Historical and Regulatory Basis for Exclusion-Zone Sizing in Canada,» chez *38th Annual Conference of the Canadian Nuclear Society and 42nd Annual CNS/CNA Student Conference*, June 3-6, 2018.
- [2] Hydro-Québec, «Rapport de sûreté - Installations nucléaires de Gentilly-2,» 66-SR-2014, décembre 2014.
- [3] Hydro-Québec, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2019,» Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, avril 2020.
- [4] Hydro-Québec Production, «Plan de déclassement préliminaire des installations de Gentilly-2,» Rapport technique G2-RT-2020-00020-002, Révision 0, mars 2020.
- [5] [REDACTED], «Rapport-lettre des travaux de caractérisation environnementale suite au déversement accidentel du réservoir du bâtiment ESR de la Centrale Gentilly 2,» Dossier MHQE021A, 18 septembre 2014.
- [6] Gouvernement du Québec, «Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés,» mars 2019. [En ligne]. Available: <https://www.environnement.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-intervention/guide-intervention-protection-rehab.pdf>. [Accès le 12 04 2021].
- [7] [REDACTED] «Surveillance environnementale des travaux de démantèlement du réservoir 7131-TK44 de la Centrale Gentilly-2, Bécancour, Québec,» janvier 2017.
- [8] Gouvernement du Québec, «Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés - Plan d'action 2017-2021,» Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés du ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2017.

- [9] [REDACTED] +, «Surveillance environnementale des travaux de démantèlement des groupes de réservoirs 54900 et 54600,» Dossier [REDACTED] MHQE033, février 2016.
- [10] Hydro-Québec, «Rapport de sûreté: Gestion des installations de déchets radioactifs solides et du combustible irradié de Gentilly-2,» révision 10, juin 2016.
- [11] Hydro-Québec, «Rapport de sûreté: Gestion des installations de déchets radioactifs solides et du combustible irradié de Gentilly-2,» Révision 10, juin 2016.
- [12] Hydro-Québec Production, «Rapport de sûreté : Gestion des installations de déchets radioactifs solides et du combustible irradié de Gentilly-2,» révision 10, juin 2016.
- [13] Statistique Canada, «Profil du recensement – Fichiers de téléchargement complets pour un niveau géographique sélectionné : fichier CSV ou fichier TAB,» [En ligne]. Available: <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/prof/details/download-telecharger/comprehensive/comp-csv-tab-dwnld-tlchrgr.cfm?Lang=F#tabs2001>. [Accès le 08 12 2020].
- [14] Statistique Canada, «Profil de recensement, Recensement de 2016,» 2016. [En ligne]. Available: <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F&TABID=1>. [Accès le 07 12 2020].
- [15] Gouvernement du Québec, Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation, «Cartothèque - Cartes régionales et réseau municipal,» [En ligne]. Available: <https://www.mamh.gouv.qc.ca/organisation-municipale/cartothèque/cartes-regionales/>. [Accès le 07 12 2020].
- [16] «Répertoire des entreprises,» [En ligne]. Available: <http://www.spipb.com/parc-industriel/repertoire-des-entreprises>. [Accès le 19 01 2021].
- [17] [REDACTED], «Modification des installations de gestion des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2 – Suivi environnemental – Inventaire des milieux humides,» Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 32 p. et annexes., 2011.
- [18] Hydro-Québec Production, «Étude d'impact sur l'environnement : Modification des installations de stockage des déchets radioactifs de la centrale nucléaire de Gentilly-2,» Hydro-Québec Production, Volume 2, Révision 2, février 2006.
- [19] Hydro-Québec Production, «Modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly 2. Étude d'impact sur l'environnement.,» Révision 2. Pagination multiple et annexes, 2006.
- [20] [REDACTED] «Inventaires des espèces fauniques et floristiques du complexe nucléaire de Gentilly,» Etude sectorielle réalisée pour Hydro-Québec Production dans le cadre de l'avant-projet de la modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2, 2003.
- [21] Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN), «Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec,» Gouvernement du Québec. 2 p., 2001.
- [22] [REDACTED] «Étude de la végétation riveraine près de la centrale nucléaire Gentilly-2 et importance des habitats pour la faune ichtyenne.,» Hydro-Québec, 1990.

- [23] [REDACTED] «Présence de mammifères terrestres à la centrale nucléaire de Gentilly-2 à l'hiver 2010,» Projet de modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2. Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 21 pages., juin 2010.
- [24] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP), «Les habitats fauniques protégés en vertu du Règlement sur les habitats faunique. Données numériques.,» 2015.
- [25] Gouvernement du Québec, «Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (chapitre C 61.1).,» Québec. Éditeur officiel du Québec. 2002, à jour au 10 décembre 2020.
- [26] Hydro-Québec Production et Alliance Environnement, «Rapport annuel 2006. Activités de suivi environnemental. Projet de modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly 2.,» juin 2007.
- [27] [REDACTED], «Modification des installations de gestion des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2 – Suivi environnemental – Utilisation du milieu par l'herpétofaune,» Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 13 p. et annexe., 2010.
- [28] Hydro-Québec Production, «Modification des installations de gestion des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2 – Suivi environnemental – Inventaire des invertébrés benthiques,» juin 2011.
- [29] A. Armellin et P. Mousseau, «Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du secteur d'étude Trois-Rivières-Bécancour. Zones d'intervention prioritaire 12 et 13,» Rapport technique. Environnement Canada, Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. 256 p., 1998.
- [30] [REDACTED], «Rapport de caractérisation biologique du territoire du parc industriel et portuaire de Bécancour,» Rapport présenté à la Société du parc industriel et portuaire de Bécancour, 2015.
- [31] Gouvernement du Canada, «Registre public des espèces en péril. 2015,» 21 04 2016. [En ligne]. Available: http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/species/schedules_f.cfm?id=1. [Accès le 28 04 2021].
- [32] Gouvernement du Canada, «Loi sur les espèces en péril,» L.C. 2002, ch. 29, 2002.
- [33] [REDACTED] «Plantes rares du Québec méridional. Guide d'identification préparé par le comité Flore québécoise de FloraQuebeca en collaboration avec le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ).,» Québec, Publications du Québec., 2009.
- [34] [REDACTED] «Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour,» Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 158 pages et annexes., 2002.
- [35] R. Moffett, «Évaluation de la qualité et de l'intégration des données météorologiques de Bécancour sur l'estimation des doses à la population autour des installations nucléaires de Gentilly,» Rapport ISR 8035-01, Révision 3.0, janvier 2018.
- [36] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population, année 2018,» Rapport Calian HYDROQ-0004-01, Révision 2.0, avril 2019.

- [37] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2019,» Rapport Calian HYDROQ-0012-01, Révision 2.0, 7 avril 2020.
- [38] [REDACTED] «Analyse de la propagation des contaminants dans le réseau d'écoulement souterrain au voisinage de l'Aire de stockage des déchets radioactifs à Gentilly, Québec.» Géomines Itée, Volume III : profils des forages géotechniques effectués par Géomines Ltd pour Hydro-Québec en 1980 près de l'ASDR, 1980.
- [39] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2,» Hydro-Québec Production, rapport technique G2-RT-2014-00518-01, Révision 4, juillet 2018.
- [40] R. Moffett et C. Barbeau, «Estimation des limites opérationnelles dérivées préalable au prolongement de la ligne de rejet d'effluents liquides radioactifs,» Rapport ISR 8033-01-01, Version 2, mars 2017.
- [41] [REDACTED] «Étude hydrogéologique de l'emplacement et des environs de l'aménagement thermo nucléaire de Gentilly,» 1980.
- [42] Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL), «Débit d'eau douce ville de Québec,» [En ligne]. Available: <https://ogsl.ca/fr/debit-deau-douce-ville-de-quebec-application/>. [Accès le 08 02 2021].
- [43] «Débit d'eau douce du Saint-Laurent à la hauteur de la ville de Québec,» [En ligne]. Available: <https://catalogue.ogsl.ca/fr/dataset/84a17ffc-4898-4261-94de-4a5ea2a9258d>. [Accès le 08 02 2021].
- [44] Pêches et Océans Canada, *Carte marine 1313 - Batiscan au Lac Saint-Pierre*, Service hydrographique du Canada, 2019-03-08.
- [45] G. Parent, «Données de référence pour le niveau et le débit du fleuve St-Laurent utilisées dans le Rapport de sûreté version 2005,» Hydro-Québec Gentilly 2, rapport technique G2-RT-2005-01560-28, décembre 2005.
- [46] Ressources naturelles Canada, «Modernisation du système de référence altimétrique,» 20 06 2019. [En ligne]. Available: [https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-publications/outils/outil-de-système-de-reférence-ge/modernisation-système-reférence-altimétrique/9055?_ga=2.6004528.2073969093.1614043492-286673748.1612275095#_sys_2](https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-publications/outils/outil-de-systeme-de-reference-ge/modernisation-systeme-reférence-altimetrique/9055?_ga=2.6004528.2073969093.1614043492-286673748.1612275095#_sys_2). [Accès le 23 02 2021].
- [47] Pêches et Océans Canada, «Données d'inventaire de la station - Station 3353,» Pêches et Océans Canada, 26 09 2019. [En ligne]. Available: <http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/twl-mne/inventory-inventaire/interval-intervalle-fra.asp?user=isdm-gdsi®ion=LAU&tst=1&no=3353>. [Accès le 09 02 2021].
- [48] G. Pelletier, «Excursion de température à l'eau de service recirculée pour la période estivale de 1995,» Hydro-Québec Gentilly-2, rapport technique G2-RT-96-28, juillet 1996.
- [49] G. Pelletier, «Excursion de température à l'eau de service recirculée,» Hydro-Québec Gentilly-2, rapport technique G2-RT-92-22, juin 1992.

- [50] R. Vaillancourt, «Identification des événements externes probables à l'ÉCD et l'ÉSS pour le combustible irradié dans la piscine de stockage,» Hydro-Québec Gentilly-2 Report G2-RT-2014-34410-002, Revision 0, avril 2014.
- [51] T. Clark et Y. Globensky, «Région de Bécancour et partie nord-est de la région d'Aston,» Rapport géologique 165. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Direction générale des mines. Service de l'exploration géologique, 1976.
- [52] N. Gadd, «Surficial Geology of the Becancour Map Area, Québec,» Geological Survey of Canada, paper 59 8. , 1960.
- [53] [REDACTED] «Analyse de la propagation des contaminants dans le réseau d'écoulement souterrain au voisinage de l'aire de stockage des déchets radioactifs à Gentilly, Québec,» Vol. I, II et III., 1980.
- [54] [REDACTED] «Étude sectorielle – Effets environnementaux liés à la poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2 – Modification des installations de stockage de déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2,» Rapport ISR-1280-1, Version 1.1, octobre 2005.
- [55] F. Lemay, «Limites opérationnelles dérivées conformes à la norme ACNOR N288.1-14,» Projet ISR No. 8030-01, Rapport Hydro-Québec G2-RT-2015-16000-011, révision 3, février 2017.
- [56] Hydro-Québec, «Limites opérationnelles dérivées conformes à la norme ACNOR N288.1-14,» Rapport G2-RT-2015-16000-011, Révision 3, février 2017.
- [57] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2020,» Rapport Calian HYDROQ-0014-01, révision 2, 2021.
- [58] R. Moffett, «Estimation des limites opérationnelles dérivées préalable au prolongement de la ligne de rejet d'effluents liquides radioactifs,» Rapport ISR 8033-0101, Version 2.0, décembre 2020.
- [59] Québec, «Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère,» Loi sur la qualité de l'environnement, chapitre Q-2, r. 15.
- [60] Hydro-Québec Production, «Programme de protection de l'environnement,» PROG-140, révision 3, 2019.
- [61] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr,» juin 2017.
- [62] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2015,» Rapport technique G2-RT-2016-00518-004, Version finale, avril 2016.
- [63] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2016,» Rapport technique G2-RT-2017-00518-002, avril 2017.

- [64] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2017,» Rapport technique G2-2018-00518-002, avril 2018.
- [65] Hydro-Québec Production, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2018,» Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, avril 2019.
- [66] «Accord pour la protection des espèces en péril: fiche d'information,» Gouvernement du Canada, 23 10 2014. [En ligne]. Available: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/especes-peril-loi-accord-financement/accord-fiche-information.html>. [Accès le 25 10 2021].
- [67] «Programme d'intendance de l'habitat pour les espèces en péril,» Gouvernement du Canada, 02 03 2021. [En ligne]. Available: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/financement-environnement/programmes/intendance-habitat-especies-en-peril.html>. [Accès le 25 10 2021].
- [68] Gouvernement du Canada, «Registre public des espèces en péril,» 02 02 2021. [En ligne]. Available: <https://registre-especes.canada.ca/index-fr.html>. [Accès le 25 10 2021].
- [69] «eBird: An online database of bird distribution and abundance,» Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, 2012. [En ligne]. Available: <http://www.ebird.org>. [Accès le 21 09 2021].
- [70] Bat Conservation International (BCI), «Cartes des aires de répartition,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.batcon.org/about-bats/bat-profiles/>. [Accès le 25 10 2021].
- [71] «Atlas des oiseaux nicheurs du Québec,» Regroupement Québec Oiseaux, Environment Canada, et Bird Studies Canada, 8 04 2019. [En ligne]. Available: https://www.atlas-oiseaux.qc.ca/index_fr.jsp. [Accès le 21 09 2021].
- [72] «Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec,» Gouvernement du Québec, 2005-2020. [En ligne]. Available: <https://cdpnq.gouv.qc.ca/>. [Accès le 21 09 2021].
- [73] «Carte des espèces aquatiques en péril,» Gouvernement du Canada, 23 08 2019. [En ligne]. Available: <https://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/sara-lep/map-carte/index-fra.html>. [Accès le 21 09 2021].
- [74] «Atlas des amphibiens et reptiles du Québec,» Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent, [En ligne]. Available: <https://www.atlasamphibiensreptiles.qc.ca/wp/>.

3. ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE LIÉS AUX CONTAMINANTS NON RADIOACTIFS

Le volet de l'évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH) liés aux contaminants non radioactifs a permis d'évaluer les risques pour la santé des récepteurs humains qui pourraient être exposés aux milieux environnementaux (c.-à-d. le sol, les eaux souterraines ou les effluents) et les sources alimentaires locales susceptibles d'être affectées par les substances chimiques non radiologiques rejetées à la suite des activités antérieures et actuelles du site. Cette section se concentre sur les risques pour la santé humaine liés aux substances chimiques non radiologiques et aux facteurs de stress physique.

Une discussion sur les risques pour la santé humaine résultant des activités futures sur le site (évaluation prédictive des effets) est fournie à la fin de l'ERSH, à la section 3.6.

3.1 Cadre réglementaire

Cette section donne un aperçu des caractéristiques spécifiques du site et du cadre réglementaire qui ont été utilisés dans l'identification des contaminants potentiellement préoccupants (CPP) dans le sol, les eaux souterraines et les effluents liquides pour l'ERSH. Il est à noter que, bien qu'il existe des sources d'émissions atmosphériques sur le site provenant de la combustion des moteurs et de la possible perte de gaz réfrigérants (halocarbures), l'exposition aux émissions atmosphériques est considérée comme négligeable et n'est pas prise en compte dans cette évaluation. Ce point est abordé plus en détail à la section 3.1.1.5.5.

3.1.1 Caractéristiques du site

Cette section décrit certaines caractéristiques de base du site qui ont été prises en compte lors de la sélection des critères d'examen préalable appropriés pour le site.

3.1.1.1 Utilisation du site

La centrale nucléaire Gentilly-2 d'Hydro-Québec est localisée sur le site des installations de Gentilly-2. L'installation a été en exploitation d'octobre 1983 à décembre 2012 ; toutefois, depuis le 28 décembre 2012, elle n'est plus en exploitation et demeure en état de stockage sûr en piscines. Le site demeurera en état de stockage sûr à sec pour une période d'environ 50 ans (phase de stockage sous surveillance), et il n'est pas prévu de modifier l'utilisation du terrain durant cette période.

3.1.1.2 Approvisionnement en eau

L'eau potable du site et des propriétés avoisinantes est fournie par le système municipal d'approvisionnement en eau et ne dépend pas des eaux souterraines. Le site est considéré comme un environnement d'eaux souterraines non potables actuellement et devrait le rester dans le futur.

3.1.1.3 Conditions topographiques, géologiques et hydrogéologiques

Voir la section 2.2.7 pour plus de détails sur la topographie, la géologie et les conditions hydrogéologiques du site.

3.1.1.4 Texture du sol

Les observations faites sur le terrain lors de l'étude du sol de surface de 2021 ont confirmé que la texture du sol sur le site est à gros grains [1].

3.1.1.5 Évaluation des récepteurs aquatiques

3.1.1.5.1 Puits d'approvisionnement en eau et aquifères de classe I et II

Afin d'identifier les utilisations possibles des eaux souterraines sur le site, plusieurs éléments hydrogéologiques doivent être considérés. En se basant sur le guide de classification des eaux souterraines au Québec du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec [2], les classes d'aquifères suivantes sont évaluées :

- Classe I - Formation aquifère hydrogéologique qui constitue une source d'approvisionnement en eau irremplaçable ;
- Classe II - Formation aquifère hydrogéologique qui constitue une source d'approvisionnement en eau actuelle ou potentielle de qualité acceptable et d'une quantité suffisante ;
- Classe III - Formation aquifère hydrogéologique qui, bien que saturée en eau, ne peut constituer une source d'approvisionnement en eau (qualité médiocre, quantité insuffisante ou extraction non rentable).

L'unité stratigraphique qui se trouve sous le site est considérée comme étant de classe III, conformément à la classification du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Aucun aquifère de classe I ou II n'est considéré comme un récepteur des eaux souterraines s'écoulant sous le site.

Il n'y a pas de puits d'approvisionnement en eau dans un rayon de 1 km du site utilisé à des fins de consommation. Comme indiqué à la section 3.2.1.2, il est possible que des agriculteurs irriguent leurs cultures à l'aide de puits de surface ; toutefois, ces fermes sont situées à environ

5,8 kilomètres (km) à l'est du site. Sur la base des informations disponibles, aucun puits d'approvisionnement en eau n'a été identifié comme source potentielle d'eau souterraine.

3.1.1.5.2 Eaux de surface

Comme discuté à la section 2.2, le site est bordé au nord par le fleuve Saint-Laurent et diverses rivières et petits ruisseaux (décharges) sont situés sur ou autour du site. Ceux-ci comprennent la rivière Gentilly à l'est du site et la rivière Bécancour à l'ouest du site. La décharge du Portage sur le site draine une grande partie des terres du côté est du site et des terres adjacentes, dont les eaux du ruisseau Pointes-aux-Roches qui draine la partie centrale du site aux alentours de la Centrale de Bécancour. La décharge Lavigne suit la limite ouest du site. La rivière aux Joncs draine la petite partie ouest du site entre l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR) et le fleuve Saint-Laurent. Étant donné que les petits ruisseaux et rivières à l'intérieur ou autour du site se déversent dans le fleuve Saint-Laurent, ce dernier est considéré comme un récepteur potentiel d'eau de surface.

3.1.1.5.3 Effluent liquide

Les flux d'effluents sont (voir section 1.1.1 de [3] et le tableau 2-8, **chapitre 2**) :

- Les effluents radioactifs étaient rejetés dans le canal de rejet avant novembre 2018. Depuis novembre 2018, les effluents radioactifs sont rejetés dans le canal Sud du fleuve Saint-Laurent par une ligne immergée (voir Figure 2-29, **chapitre 2**). Les effluents radioactifs sont accumulés dans les réservoirs 7921-TK1 à -TK5. Leur contenu est analysé et traité au besoin pour respecter les critères de rejet avant le rejet final. Étant donné que les paramètres non radiologiques surveillés présentés dans les rapports trimestriels et annuels ont à quelques occasions dépassé leurs critères de rejet applicables (voir la section 5.2.3.3 pour les détails concernant les contaminants non radioactifs dans les effluents liquides), les effluents radioactifs sont considérés comme une source potentielle d'impact sur les eaux de surface.
- Les effluents sanitaires sont d'abord rejetés dans un étang aéré avant leur rejet final dans le canal de rejet qui est ouvert sur le fleuve Saint-Laurent.
- Les effluents d'eaux pluviales sont déversés dans le canal de rejet (par MCH-1 et MCH-3) ou en amont de la station de pompage (par MCH-2). Les MCH sont d'immenses massifs de béton qui recueillent chacun un réseau complexe de conduites souterraines d'évacuation des eaux pluviales. Ils sont vidés à des endroits précis par de puissantes pompes directement dans le fleuve Saint-Laurent.
- L'eau brute de refroidissement (EBR) est toujours rejetée dans le canal de rejet. L'analyse de l'eau brute de refroidissement n'est pas nécessaire puisqu'il s'agit d'un système à passage unique.

Les effluents sanitaires et pluviaux et l'eau brute de refroidissement sont analysés à une fréquence déterminée, mais ne sont pas retenus ou traités avant d'être rejetés dans le canal de

rejet. Les eaux de surface autour des zones d'élimination de la neige ont également été mesurées certaines années (c'est-à-dire jusqu'en 2016). Les critères de rejet de ces effluents sont réglementés par le MELCC [3].

3.1.1.5.4 Bâtiments

Les installations du site considérées dans l'évaluation des risques (c.-à-d. la centrale nucléaire de Gentilly-2, l'installation de gestion des déchets radioactifs solides [IGDRS], l'ASDR, l'aire de stockage à sec du combustible irradié [ASSCI]) sont constituées de plusieurs bâtiments et caractéristiques tels que décrits à la section 2.1, **chapitre 2**. Bien que les récepteurs humains puissent être exposés aux eaux souterraines par l'inhalation de l'air intérieur lorsqu'ils travaillent dans certains de ces bâtiments, aucune CPP n'est associée à la voie de l'inhalation de l'air intérieur (voir la section 3.2.2). Par conséquent, les eaux souterraines sous les bâtiments du site ne sont pas considérées comme une source potentielle.

3.1.1.5.5 Émissions atmosphériques

Les sources d'émissions atmosphériques du site comprennent la combustion de produits pétroliers et les possibles rejets de gaz réfrigérants (halocarbures).

L'utilisation de produits pétroliers (c.-à-d. le propane, l'essence et le diesel) sur le site est associée aux véhicules d'Hydro-Québec ainsi qu'aux génératrices et pompes stationnaires destinées à l'alimentation électrique d'urgence ou au système d'eau d'incendie. Les émissions atmosphériques proviennent principalement des tests opérationnels périodiques des génératrices d'urgence. Les normes d'émission pour les essais périodiques sont régies par l'article 52 du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA)* [4] pour les moteurs fixes et ont été respectées chaque année [3].

Des gaz réfrigérants sont utilisés dans les unités de climatisation ou de réfrigération du site, mais les émissions ne sont susceptibles de se produire qu'en cas de fuite de l'équipement. Toute fuite accidentelle est strictement réglementée par le MELCC, car elle doit être signalée et traitée conformément aux conditions de l'article 33 du *Règlement sur les halocarbures* [3] [5], et par le *Règlement fédéral sur les halocarbures (2003)* [6].

Étant donné que les émissions atmosphériques associées aux génératrices de secours respectent continuellement les normes d'émission, et que toute fuite accidentelle associée aux gaz réfrigérants est immédiatement notifiée aux organismes de réglementation en matière environnementale, l'exposition aux émissions atmosphériques est considérée comme une voie négligeable et n'est pas davantage prise en compte dans cette évaluation.

3.1.2 Critères de dépistage

Les critères de dépistage sont choisis en fonction des valeurs de dépistage des eaux souterraines non potables et des sols à gros grains selon les caractéristiques du site décrites à la section 3.1.1.

Bien que le site appartienne à Hydro-Québec, son exploitation est supervisée par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) et, à ce titre, l'évaluation des risques a été réalisée en conformité générale avec les directives fédérales en matière d'évaluation des risques de Santé Canada, du Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCF) et du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). Cependant, étant donné que le site est situé au Québec, l'identification des CPP a nécessité un dépistage par rapport aux directives fédérales et québécoises stipulées par le MELCC. Les critères de qualité des sols et des eaux souterraines sont définis dans le document d'orientation intitulé *Guide d'intervention - Protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* [7], ci-après appelé le Guide d'intervention du MELCC.

3.1.2.1 Sol

Directives fédérales

Le CCME définit des directives génériques pour évaluer les impacts chimiques dans les sols. Les *Recommandations pour la qualité des sols (RQS) du CCME pour la protection de l'environnement et de la santé humaine* sont des recommandations numériques fondées sur les risques et divisées en catégories selon l'utilisation des terres [8]. Comme le site est considéré comme ayant une utilisation industrielle des terres, on a utilisé les directives pour le dépistage industriel. Les RQS du CCME sont disponibles pour des voies d'exposition humaines et/ou écologiques spécifiques (p. ex. ingestion de sol par les humains, contact avec le sol par les récepteurs écologiques). Le CCME fournit des RQS pour les métaux et les matières inorganiques, le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes (BTEX), et les hydrocarbures pétroliers (HP). Les concentrations de HP F1 à F4 ont été comparées au *standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers dans le sol* du CCME (SP-HP ; CCME, 2008 [9]), pour les sols de surface à grain grossier.

Directives du Québec

Le Guide d'intervention du MELCC [7] décrit les trois niveaux suivants de critères génériques pour évaluer la qualité des sols sur les sites contaminés :

- Niveau A : Concentrations de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques ;
- Niveau B : Concentrations maximales acceptables pour les sites résidentiels, récréatifs ou institutionnels et les sites commerciaux situés dans des secteurs résidentiels ; et

- Niveau C : Concentrations maximales acceptables pour les sites industriels et commerciaux situés dans des secteurs non résidentiels.

Étant donné que le site est considéré comme un terrain industriel, les critères du niveau C du MELCC sont utilisés comme critères de dépistage pour la qualité du sol. Les résultats des sols ont également été comparés aux valeurs limites énumérées à l'annexe I du *Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés* (RESC), qui définit les concentrations maximales de contaminants au-dessus desquelles les sols ne peuvent être éliminés dans un site d'enfouissement de sols contaminés [10]. Les valeurs limites de l'annexe I du RESC sont communément appelées critères de niveau D dans l'industrie.

3.1.2.2 Eaux souterraines

Directives fédérales

L'utilisation des Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines (RFIQES) pour évaluer la qualité des eaux souterraines a été approuvée dans le cadre du PASCF et est présentée dans le document intitulé *Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines sur les sites contaminés fédéraux*, juin 2016 [11]. Les RFIQES sont des directives fondées sur les risques qui ont été élaborées pour protéger les récepteurs humains et écologiques contre les effets néfastes potentiels et sont divisées en catégories basées sur l'utilisation des terres et la granulométrie du sol. Les RFIQES suivent un cadre à plusieurs niveaux, conforme aux RQS du CCME. Les directives du niveau 1 des RFIQES appliquent la directive la plus basse de toutes les voies d'exposition évaluées. Les directives de niveau 2 des RFIQES tiennent compte de voies d'exposition spécifiques à la santé humaine, en particulier l'inhalation de contaminants dans l'air intérieur et la voie de l'eau potable. Étant donné que le site n'offre pas de possibilité d'utiliser l'eau souterraine comme eau potable, la voie d'exposition liés à l'eau potable n'a pas été prise en compte dans le processus d'examen préalable.

Directives du Québec

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines est basée sur la présence ou l'absence de récepteurs potentiels dans la zone d'étude. Si un ou plusieurs récepteurs sont identifiés, les critères de dépistage appropriés, qui sont choisis en fonction du ou des récepteurs pertinents, doivent être utilisés pour évaluer la qualité des eaux souterraines. Les récepteurs à prendre en compte sont discutés à la section 3.1.1.5 ci-haut.

Le MELCC fournit des directives spécifiques aux voies d'exposition pour la santé humaine et dans le cas des eaux souterraines la voie liée à la consommation d'eau potable [7]. Comme nous l'avons déjà dit, il n'y a pas de source souterraine d'eau potable sur le site et, par conséquent, la voie d'exposition à l'eau potable provenant du site n'a pas été prise en compte dans l'examen préalable.

Les critères du MELCC pour le sol et les eaux souterraines n'ont pas pris en compte la protection de la santé humaine par inhalation de vapeurs potentielles de contaminants volatils dans l'air intérieur. Par conséquent, comme le recommande le Guide d'intervention du MELCC [7] ainsi que par la Fiche technique 12 relative à la migration des contaminants organiques volatils (COV) chlorés des eaux souterraines vers l'air intérieur [12], si des COV chlorés sont détectés dans les eaux souterraines à proximité ou sous les bâtiments, les données doivent être comparées aux valeurs de la composante GW2 développées par le ministère de l'Environnement, de la Conservation et des Parcs de l'Ontario (MECP) pour évaluer la voie d'inhalation de l'air intérieur associée aux vapeurs provenant des eaux souterraines [13]. Comme cette recommandation se limite aux COV chlorés, pour les COV non chlorés présents dans les eaux souterraines, le GW2 de l'Ontario n'a pas été appliqué ; au lieu de cela, le potentiel d'inhalation dans l'air intérieur a été évalué par le biais d'un dépistage par rapport aux RFIQES du PASCF protégeant l'air intérieur discuté ci-dessus.

3.1.2.3 *Effluent liquide*

Les effluents liquides sont réglementés par le MELCC au moyen de critères de rejet présentés dans les rapports semestriels et annuels de suivi environnemental du site. Ces critères sont des limites imposées par le MELCC pour réguler tout effluent avant son rejet dans le fleuve Saint-Laurent. Cependant, le MELCC ne fournit pas de critères de rejet pour tous les contaminants mesurés dans les effluents.

Pour les paramètres mesurés sans critères de rejet des effluents du MELCC, la ville de Bécancour réglemente les rejets dans le réseau d'égouts municipal [14]. Bien que non directement applicables aux installations de Gentilly-2, ces limites municipales sont utilisées comme valeurs repères pour la comparaison avec les paramètres mesurés dans les effluents sanitaires et pluviaux.

3.2 Formulation du problème

La première étape du cadre de l'ERSH est la formulation du problème. Le but de la formulation du problème est d'identifier les récepteurs potentiels, les CPP et les voies d'exposition. Ces trois éléments forment la base du modèle conceptuel du site (MCS) qui illustre les voies d'exposition des contaminants depuis leur source jusqu'aux récepteurs d'intérêt pour les milieux environnementaux pertinents. La formulation du problème examine ces trois éléments (récepteurs, contaminants et voies d'exposition) en détail afin d'identifier les combinaisons现实的 où les trois éléments sont présents, ce qui correspond à des voies d'exposition complètes. Les voies incomplètes sont éliminées de toute considération ultérieure ou sont écartées . En outre, les voies d'exposition complètes sont également évaluées quant à leur importance par rapport à l'exposition globale. Dans certains cas, les voies d'exposition peuvent être complètes, mais sont considérées comme des contributeurs non significatifs à l'exposition globale et ne sont donc pas reportées pour évaluation par l'ERSH.

3.2.1 Récepteurs

Comme décrit à la section 2.1, le site de Gentilly-2 est une installation nucléaire dont l'accès est restreint au personnel du site, ainsi qu'une zone d'exclusion entourant l'installation nucléaire associée à un rayon de 914 m du bâtiment du réacteur. Les zones environnantes sont principalement rurales (c.-à-d. des champs de culture, des forêts) et comprennent une zone industrielle, ainsi que des municipalités, villes et villages le long du fleuve Saint-Laurent.

Étant donné l'accès restreint au site, les seuls récepteurs qui devraient être présents sur le site sont ceux qui travaillent à l'installation nucléaire de Gentilly-2 et à la centrale de Bécancour. Les récepteurs hors site peuvent également être exposés aux CPP provenant du site. Une brève description des activités et des caractéristiques de base de chaque récepteur humain considéré pour l'évaluation dans l'ERSH non radiologique est fournie dans les sections ci-dessous.

3.2.1.1 Récepteurs sur site

Travailleurs intérieurs et extérieurs

Les travailleurs intérieurs et extérieurs comprennent les adultes employés à l'installation nucléaire de Gentilly-2 et à la centrale de Bécancour (passage sur le site en extérieur).

- On a supposé que le travailleur intérieur est un adulte travaillant à temps plein sur le site, exclusivement à l'intérieur. Ce récepteur est potentiellement exposé aux CPP non radiologiques (volatiles) du sol et des eaux souterraines par l'inhalation de l'air intérieur.
- On a supposé que le travailleur extérieur est un adulte travaillant à temps plein sur le site et effectuant des travaux d'entretien de routine ou d'aménagement à l'extérieur. Étant donné que la profondeur des eaux souterraines est généralement supérieure à 3 m sous la surface du sol, le contact direct avec les eaux souterraines n'a pas été considéré comme probable. Ce récepteur est potentiellement exposé aux CPP non radiologiques par l'ingestion accidentelle de sol et l'inhalation de particules de sol. L'exposition aux CPP par l'inhalation de l'air extérieur n'est pas prise en compte, car les vapeurs présentes dans l'air extérieur seraient suffisamment mélangées à l'air ambiant pour que les risques associés à cette voie soient négligeables.

Travailleurs sous la surface du sol

Bien qu'il puisse y avoir occasionnellement des travailleurs engagés dans des travaux sous la surface du sol à l'extérieur, y compris le travail dans une tranchée, ce type de récepteur n'a pas été évalué.

- On a supposé que le travailleur sous la surface du sol est un adulte travaillant à temps plein sur le site, effectuant des travaux sous la surface du sol à l'extérieur, y compris des travaux

dans une tranchée. Ce travailleur est potentiellement exposé aux CPP non radiologiques par l'ingestion accidentelle de sol et d'eau souterraine, et par l'inhalation de particules de sol. Il est entendu que ce travailleur ne doit pas être considéré comme un récepteur, car ses protocoles de santé et de sécurité au travail spécifiques au site comprennent un équipement de protection individuelle (EPI) suffisant pour éliminer les voies d'exposition potentielles. Par conséquent, ce récepteur n'est pas évalué qualitativement dans l'ERSH.

3.2.1.2 *Récepteurs hors site*

Plusieurs récepteurs hors du site pourraient potentiellement être exposés à des CPP provenant du site ; cependant, il n'existe pas de voies d'exposition complètes pour ces récepteurs en raison de l'accès restreint au site et de l'absence de CPP identifiés, comme discuté à la section 3.2.2. Par conséquent, ils n'ont pas été pris en compte dans l'évaluation des risques. Une description de ces récepteurs est fournie ci-dessous à titre d'information seulement.

Résidents et travailleurs commerciaux

Ces récepteurs comprennent les résidents et les travailleurs commerciaux vivant dans les municipalités voisines, à l'exclusion des résidents des fermes. Les résidents comprennent les récepteurs de tout âge (c.-à-d. les nourrissons, les tout-petits, les enfants, les adolescents et les adultes). Les travailleurs commerciaux sont censés être des travailleurs adultes employés dans des propriétés commerciales dans les municipalités.

Résidents de la ferme

Ces récepteurs comprennent les résidents vivant sur des terres agricoles dans la région environnante, qui peuvent être de tout âge (c.-à-d. des nourrissons à adulte). On suppose qu'ils vivent de leurs terres en consommant des produits frais ou locaux tels des légumes, des plantes, du poulet (viande et œufs) et des vaches (viande et lait) [15].

Chasseurs et pêcheurs

Ces récepteurs comprennent les personnes qui chassent et pêchent, et consomment du gibier ou du poisson dans les environs, y compris dans le fleuve Saint-Laurent.

3.2.2 Identification des contaminants potentiellement préoccupants et des facteurs de stress physique

Depuis le début des années 1990, plus de 50 études environnementales ont été réalisées sur le site. La portée de ces études varie, certaines étant axées sur la caractérisation chimique du sol, des eaux souterraines et des eaux de surface dans le cadre de programmes de surveillance annuels ou à la suite d'un déversement de contaminants ou de l'enlèvement d'une infrastructure, tandis que d'autres étaient axées sur l'écologie et visaient à identifier l'habitat ou

les espèces sauvages. La majorité des données sur la qualité de l'environnement étaient axées sur les contaminants radiologiques ; toutefois, les sous-sections suivantes détaillent les données non radiologiques qui ont été jugées adéquates pour appuyer les objectifs et l'approche de l'évaluation des risques (ER). Il est à noter que les génératrices diesel sont testées périodiquement ; cependant, étant donné la rareté et la courte durée de ces tests, l'exposition aux particules en suspension dans l'air est considérée comme négligeable et n'est pas prise en compte dans cette évaluation.

3.2.2.1 Sol

Travaux de caractérisation environnementale suite au déversement accidentel du réservoir du bâtiment ESR de la Centrale Gentilly-2, [REDACTED]

Le 15 juillet 2014, un déversement incontrôlé d'environ 300 litres de diesel a été constaté au pourtour du réservoir 7131-TK44 situé au sud du bâtiment d'eau de service recirculée (ESR) adjacent à la centrale nucléaire de Gentilly-2. Le sol impacté a été retiré et placé dans des piles de stockage adjacentes à l'excavation. Des échantillons de sol ont été prélevés dans les piles de stockage, à la base et sur les parois de l'excavation et dans trois trous de forage (M, N, O) qui ont atteint une profondeur de trois mètres sous la surface du sol.

Les résultats d'analyse allaient d'un niveau inférieur au critère A à un niveau dépassant à la fois le critère C et le RESC pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les hydrocarbures pétroliers (HP) C₁₀-C₅₀. Voir la section 3.1.2.1 pour les définitions de ces critères.

Pour les échantillons dans lesquels des concentrations supérieures au critère C ont été rapportées, le sol a été expédié hors du site pour être éliminé, tandis que tous les sols qui ont rapporté des concentrations inférieures au critère A ont été considérés comme propres et utilisés pour remblayer l'excavation. Il est à noter que des taches et des odeurs d'hydrocarbures visibles ont été observées sous le bâtiment de l'ESR ; cependant, l'excavation de ce sol n'était pas possible en raison du risque de compromettre la stabilité des bâtiments environnants. La potentielle contamination sous le bâtiment de l'ESR a été laissée en place lors du mandat de surveillance environnementale de CIMA de 2017 [17], détaillée ci-dessous. Par conséquent, les données de sol de ces travaux n'ont pas été considérées comme pertinentes pour cette évaluation des risques.

Surveillance environnementale des travaux de démantèlement des groupes de réservoirs 54 900 et 54 600 de la Centrale Gentilly-2 de Bécancour, [REDACTED]

En 2015, deux réservoirs ont été retirés du site (54900-TK-40A et TK-40B). Dans le cadre du processus de retrait, le sol environnant a été excavé et placé dans des piles de stockage. Les piles de stockage, ainsi que le sol et les murs de l'excavation ont été testés pour les HP et les HAP. Tous les sols dépassant le critère C ont été expédiés hors du site pour être éliminés. Seuls les sols inférieurs aux critères C ont été laissés sur place. La zone a été remblayée et remise dans

l'état où elle était avant le déversement et l'enlèvement du réservoir (c.-à-d. pavée). Étant donné que la contamination identifiée a été éliminée hors site, les échantillons de sol de ces travaux n'ont pas été considérés comme pertinents pour cette évaluation.

Surveillance environnementale des travaux de démantèlement du réservoir 7131-TK44 de la Centrale Gentilly-, [REDACTED] [REDACTED]

Le réservoir où le déversement de diesel s'est produit en 2014 (7131-TK44) a été retiré en 2015. Dans le cadre du processus de retrait, le sol environnant a été excavé et placé dans des piles de stockage. En outre, sur la base des conclusions des travaux de CIMA de 2014 [16], détaillées ci-dessus, des excavations supplémentaires ont été réalisées. Une excavation supplémentaire a été réalisée en 2017 afin d'éliminer le sol résiduel impacté par les hydrocarbures qui a été noté à la base de l'excavation et sous le bâtiment ESR.

Les piles de stockage provenant de cette enquête supplémentaire, ainsi que les échantillons prélevés sur le sol et les murs de l'excavation, ont été testés pour les HP et les HAP. Tous les sols dépassant le critère A ont été expédiés hors du site pour être éliminés. Seuls les sols inférieurs au critère A ont été considérés comme propres et ont été laissés sur place. La zone a été remblayée et remise dans l'état où elle était avant le déversement et l'enlèvement du réservoir (c.-à-d. pavée). Étant donné que la contamination identifiée a été éliminée hors du site, les échantillons de sol des travaux de CIMA de 2017 et de 2014 [16] n'ont pas été considérés comme pertinents pour cette évaluation.

2021 Golder/WSP Enquête sur les sols de surface [1]

Dans le cadre de l'analyse des écarts pour l'évaluation des risques environnementaux (ERE), il n'y avait pas de données disponibles pour les sols peu profonds qui pourraient avoir un impact sur les récepteurs écologiques. C'est pourquoi une étude complémentaire des sols de surface a été réalisée en 2021. Bien que l'enquête ait été principalement conçue pour le contact du sol par les récepteurs écologiques, tels que les vers de terre, les plantes, les oiseaux et les petits mammifères, les données peuvent également être appliquées à l'évaluation des récepteurs humains (c.-à-d. principalement l'exposition professionnelle par contact direct avec le sol).

En juin 2021, un programme de terrain a été entrepris par Golder Associates Ltd. (Golder) et WSP Global inc. (WSP), qui ont prélevé des échantillons de sols peu profonds à 19 endroits dans la zone d'exclusion. À la plupart des endroits, il n'y avait pas d'activités historiques spécifiques qui justifieraient l'analyse d'une liste donnée de CPP. En l'absence de CPP spécifique, les métaux et les substances inorganiques, les HP et les BTEX ont été évalués. Les paramètres liés au sel, tels que le sodium et le chlorure, ont également été évalués en raison de la présence d'une ancienne zone de stockage de neiges usées.

Comme indiqué au Tableau B-1 et B-2 de l'Annexe B les résultats d'analyse pour tous les paramètres étaient inférieurs à leurs critères respectifs. Voir la section 3.1.2 pour les détails sur les critères pertinents du sol. Par conséquent, aucun CPP n'a été retenu dans le sol pour l'ERSH.

3.2.2.2 Eaux souterraines

Afin de satisfaire aux exigences du permis, Hydro-Québec, a réalisé des plans annuels de surveillance environnementale depuis 2015, qui comprennent l'échantillonnage des eaux souterraines à partir de piézomètres provenant d'emplacements situés dans l'IGDRS, l'ASDR et/ou les sites d'élimination de la neige (seulement 2015 et 2016). La crête des piézomètres est aménagée à trois horizons différents (présentés au Tableau 3-1 ci-dessous) avec des profondeurs moyennes de 4,3 m (Horizon A), 3,4 m (Horizon B) et 3,2 m (Horizon C) sous la surface du sol.

Tableau 3-1 : Niveaux moyens des piézomètres des programmes précédents d'échantillonnage des eaux souterraines

Date	Niveau moyen du piézomètre (m)			Source
	Horizon A	Horizon B	Horizon C	
25-Mar-21	3,89	3,14	2,91	[19]
31-Mar-20	4,27	3,01	2,71	[20]
29-Sep-20	4,31	3,52	3,32	[21]
25-Mar-19	4,78	3,54	3,18	[22]
24-Sep-19	4,71	3,58	3,43	[22] et [23]
27-Mar-18	4,21	3,56	3,28	[24]
26-Sep-18	4,34	3,42	3,31	[24]
27-Mar-17	3,9	3,23	3,12	[25]
27-Sep-17	4,21	3,62	3,48	[25]
21-Mar-16	3,89	3,04	2,58	[26]
27-Sep-16	4,29	3,61	3,61	[26]
26-Mar-15	4,8	3,58	3,49	[27]
30-Sep-15	4,52	3,46	3,33	[27]

Les échantillons d'eau souterraine ont été analysés pour les BTEX, les HP ($C_{10}-C_{50}$; présentés au Tableau B-2 de l'Annexe B).

Les métaux et les matières inorganiques ont également été analysés dans les eaux souterraines, mais les procédures d'échantillonnage sur le terrain pour les métaux n'incluaient pas le filtrage des échantillons pour évaluer les concentrations dissoutes. Étant donné que tous les critères de dépistage pertinents pour les métaux sont fondés sur des échantillons filtrés (c.-à-d. les concentrations dissoutes), il a été déterminé que les concentrations de métaux observées dans les eaux souterraines lors des événements de surveillance ne sont pas représentatives des conditions des eaux souterraines et donc les données disponibles sur la qualité des eaux

souterraines pour les métaux ne sont pas pertinentes pour l'ERSH. Pour combler cette lacune dans la mise à jour de l'ERE, un échantillonnage supplémentaire des eaux souterraines a été entrepris sur le site en novembre 2021 pour recueillir des données sur les métaux dissous à partir des mêmes endroits (c.-à-d. des puits) utilisés au plan de surveillance de l'environnement. Voir Tableau 5-5, chapitre 5.

Cet échantillonnage supplémentaire pour évaluer les concentrations de métaux et de substances inorganiques dans les eaux souterraines n'est pas pertinent pour évaluer le risque pour la santé humaine, car la voie d'inhalation pour les travailleurs à l'intérieur des bâtiments est considérée comme incomplète, les métaux étant considérés comme non volatils. En outre, toute exposition professionnelle potentielle aux eaux souterraines par le biais des travaux souterrains entrepris sur le site est également incomplète, car le plan de santé et de sécurité au travail exige que les travailleurs se protègent de manière adéquate à l'aide d'équipements de protection individuelle (EPI) lorsqu'il y a un risque d'exposition (p. ex. inhalation, ingestion de poussières contaminées).

Les données de caractérisation complémentaire sur les eaux souterraines pour les BTEX et les HP ont été considérées comme pertinentes pour l'ERSH. Tous les résultats analytiques étaient inférieurs à leurs critères respectifs pour les BTEX et les HP (voir la section 3.1.2.2 pour les critères pertinents pour les eaux souterraines).

3.2.2.3 *Effluent*

Tel que discuté à la section 3.1.2.3, les effluents liquides et leurs limites de rejet applicables sont réglementés par le MELCC. Pour les paramètres mesurés sans critère de rejet d'effluent du MELCC, la Ville de Bécancour fournit des normes municipales pour le rejet au réseau d'égout. Bien que ces normes ne soient pas directement applicables aux installations de Gentilly-2, ces valeurs ont été utilisées comme points de comparaison avec les mesures d'effluents sanitaires et pluviaux. Toutefois, l'exposition aux effluents liquides sur le site est considérée comme incomplète pour la santé humaine puisque les plans de santé et sécurité au travail exigent que les travailleurs se protègent adéquatement à l'aide d'équipements de protection individuelle (EPI) si le travailleur devait entrer en contact avec un effluent potentiellement porteur de contaminants. Ainsi, indépendamment des concentrations d'effluents dans l'eau radioactive, l'eau sanitaire, les eaux pluviales, l'eau brute de refroidissement ou l'eau de surface à proximité des zones d'élimination de la neige, il n'était pas justifié de prendre en considération les effluents liquides dans l'évaluation des risques pour la santé humaine. Les récepteurs hors site (c.-à-d. les résidents des municipalités, les travailleurs, les résidents des fermes, les chasseurs et les pêcheurs) ne sont pas non plus considérés comme étant exposés aux effluents provenant du site, étant donné que ces effluents se déversent finalement dans le fleuve Saint-Laurent et que les eaux de surface n'engendreraient qu'une exposition fortuite minimale de ces récepteurs aux effluents puisqu'il y aurait un mélange et dilution rapides des effluents. Bien que les pêcheurs puissent pêcher dans le fleuve, on s'attend à une dilution importante des concentrations d'effluents et l'absorption subséquente de CPP potentiels dans les effluents par les poissons serait considérée comme négligeable.

Les rapports annuels de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 [27, 26, 25, 24, 28, 22, 29] présentent les résultats de suivi des émissions atmosphériques générées par la combustion de produits pétroliers. L'utilisation de produits pétroliers (ex. le propane, l'essence et le diesel) sur le site Gentilly-2 est associée aux véhicules d'HQ et aux tests opérationnels périodiques des génératrices d'urgence ainsi qu'aux pompes stationnaires destinées à l'alimentation électrique d'urgence ou au système d'eau d'incendie. Ainsi, les émissions atmosphériques émises contiennent de l'acroléine. Ce composé potentiellement préoccupant (CPP) présente des risques pour la santé humaine par voie d'inhalation.

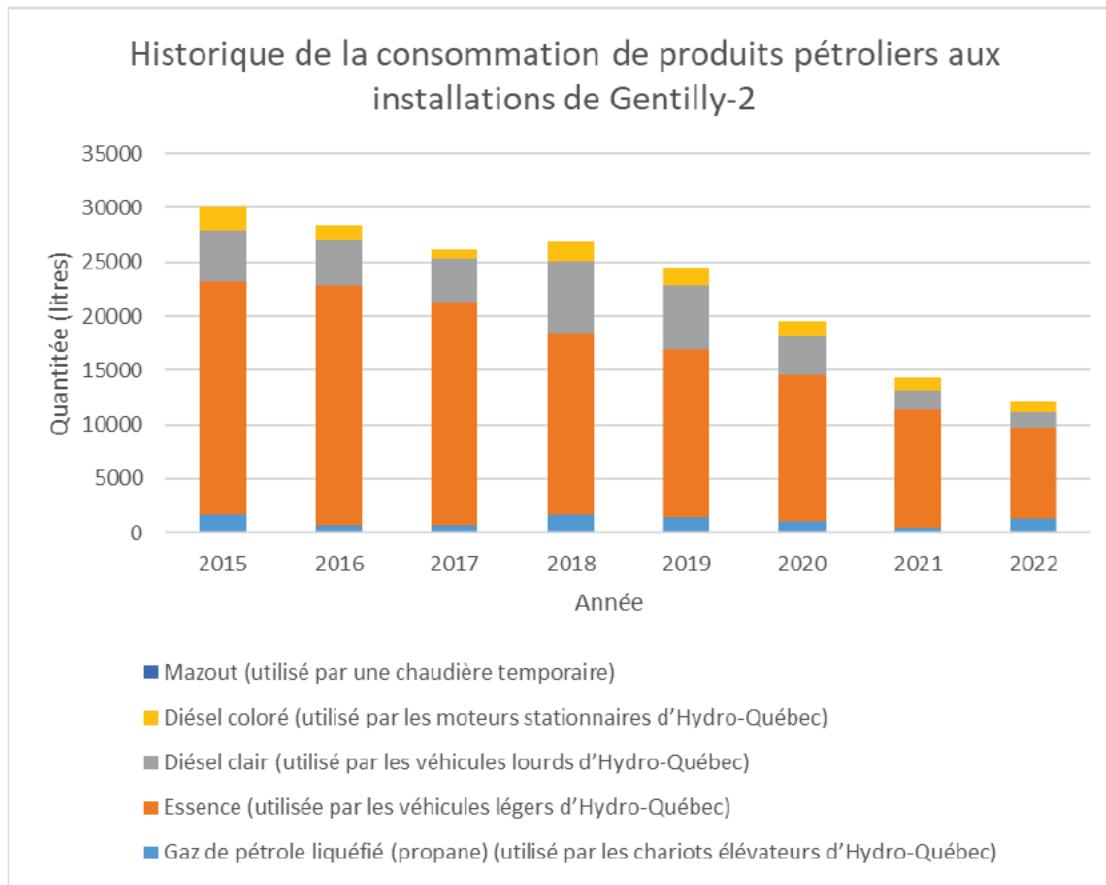
L'acroléine issue de la combustion de produits pétroliers sur le site des installations de Gentilly-2 n'est cependant pas jugée comme étant un enjeu environnemental pour les raisons suivantes :

- La consommation de produits pétroliers sur le site des installations de Gentilly-2 est très limitée et en baisse continue depuis 2015 en raison de la fin de l'exploitation et de la transition du site à l'état de stockage sous surveillance. Voir Figure 3-1. Les émissions liées à l'utilisation des véhicules, qui constituent la majeure partie de la consommation sur le site, sont étalées dans l'espace et le temps, de sorte que les concentrations attendues sont négligeables.
- Les concentrations médianes d'acroléine ont été mesurées par Santé Canada entre 2005 et 2010 à Edmonton, Halifax, Regina et Windsor, en hiver et en été [30] (Voir Tableau 3-2). Les concentrations dans ces zones urbaines devraient être conservatrices comparées aux concentrations en région comme aux installations de Gentilly-2 puisque la consommation globale de produits pétroliers sur le site des installations de Gentilly-2 est limitée comparativement à celle dans les centres urbains où les concentrations ont été mesurées.
- Le Tableau 3-2 présente différentes normes et critères de concentration d'acroléine. Les valeurs de référence varient en fonction du domaine d'application et de la juridiction. Néanmoins, on note que les concentrations mesurées dans les zones urbaines sont inférieures ou semblables aux Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel de Santé Canada [30], inférieures ou semblables aux critères de qualité de l'air ambiant de l'Ontario [31], et significativement inférieures aux valeurs d'exposition de courte durée et de moyenne pondérée du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* du Québec [32]. La concentration d'acroléine n'est cependant pas normée dans le *Règlement sur l'assainissement de l'air* du Québec. En revanche, le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) du Québec spécifie néanmoins des critères pour les contaminants non normés. La valeur limite (VL) 4 minutes ($8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est supérieure aux concentrations médianes extérieures en milieu urbain mesurées par Environnement Canada ($0,2 - 2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais la VL 1 an est inférieure ($0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Par conséquent, on ne s'attend pas à ce que les concentrations d'acroléine générées par la combustion de produits pétroliers aux installations de Gentilly-2 posent un quelconque risque pour les travailleurs sur site ou à d'autres récepteurs à l'extérieur du site.

Tableau 3-2 : Comparaison des concentrations d'acroléine en milieu urbain à différentes limites

Paramètre	Unité	Valeur	Référence
Plage des concentrations médianes extérieures en milieu urbain	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,2-2,2	[30]
Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel, Santé Canada	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,44 (24 heures) 38 (1 heure)	[30]
Critère qualité de l'air ambiant (AAQC, MEPC, Ontario)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,4 (24 heures) 4,5 (1 heure)	[31]
Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST)			S-2.1, r.13
Valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP)	mg/m^3	0,23 (VEMP)	[32]
Valeur d'exposition de courte durée (VECD)	mg/m^3	0,69 (VECD)	
Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère		Non normé	Q-2, r. 4.1 [33]
Critère de qualité de l'atmosphère - acroléine https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/criteres/index.htm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	8,3 (VL 4 min) 0,02 (VL 1 an)	[34]

**Figure 3-1 : Historique de consommation de produits pétroliers aux installations de Gentilly-2**

3.2.2.4 Facteurs de stress physiques

La norme CSA N288.6-12 [35] indique que les facteurs de stress physique peuvent être évalués s'ils peuvent affecter les récepteurs humains ou écologiques. Le bruit est généralement le principal facteur de stress physique des installations actives qui peut affecter la santé humaine. Cependant, étant donné que l'installation n'est pas opérationnelle, les émissions sonores de l'installation sont négligeables. Le Tableau 3-3 résume l'évolution des facteurs de stress physique recensés aux installations de Gentilly-2. Avec l'approche de la phase stockage sous surveillance, tous les facteurs de stress physique ont diminué significativement à l'exception de l'éclairage du site qui s'est maintenu. L'intensité de l'éclairage fut jadis une source de préoccupation pour certains riverains, mais seulement pour des raisons esthétiques. Il n'y a donc pas de facteurs de stress physique significatifs sur la santé humaine.

Tableau 3-3 : Résumé de l'évolution des facteurs de stress physique reliés à la santé humaine aux installations de Gentilly-2

Facteur de stress physique	Exploitation	Préparation au stockage sous surveillance	Stockage sous surveillance
Circulation	<ul style="list-style-type: none"> • Voitures d'environ 600 employés et 100 contractuels; • Davantage durant les arrêts et durant la construction de l'IGDRS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution du nombre d'employés à moins d'une centaine; • Pas de travaux d'arrêt; • Pas de construction ou de déconstruction d'ampleur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution à moins de 25 employés pour Gentilly-2 (excluant ceux de la centrale de Bécancour et Trans-Énergie); • Pas de construction ou de déconstruction d'ampleur.
Bruit	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit résultant de la circulation; • Opération occasionnelle des vannes de rejet à l'atmosphère; • Opération de la grue portique et des camions pour le transfert du combustible irradié et autres déchets à l'ASSCI et à l'IGDRS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Opération de la grue portique et des camions pour le transfert du combustible irradié et autres déchets à l'ASSCI et à l'IGDRS; • Opération de la grue et de camions pour le projet de réduction de volume à l'ASDR. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de transfert de déchets.

Facteur de stress physique	Exploitation	Préparation au stockage sous surveillance	Stockage sous surveillance
Poussières	<ul style="list-style-type: none"> Travaux d'excavation; Circulation chemin d'accès et stationnements. 	<ul style="list-style-type: none"> Sources réduites en raison de la diminution des travaux et du personnel. 	<ul style="list-style-type: none"> Peu de circulation sur le chemin d'accès.
Éclairage	<ul style="list-style-type: none"> Éclairage intense des installations de stockage de déchets et du poste de sectionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> Pas de changement sur le site. 	<ul style="list-style-type: none"> Pas de changement sur le site.

3.2.3 Voies d'exposition

Les voies d'exposition sont les moyens par lesquels un récepteur entre en contact avec un CPP. De nombreuses voies ont été prises en compte lors de l'identification des CPP pour l'ERSH provenant du sol et des eaux souterraines, y compris le contact direct avec le sol (c.-à-d. l'ingestion accidentelle, le contact cutané et l'inhalation de particules de sol), le contact direct avec les eaux souterraines (c.-à-d. l'ingestion accidentelle et le contact cutané par un travailleur affecté à des excavations ou tranchées) et l'inhalation de vapeurs.

Comme indiqué à la section 3.1.2 aucun CPP n'a été retenu dans le sol ou les eaux souterraines en rapport avec les voies d'exposition susmentionnées, à l'exception de l'inhalation de vapeurs dans l'air extérieur qui n'a pas été prise en compte dans le dépistage des CPP. En général, toute vapeur dans l'air extérieur serait suffisamment mélangée à l'air ambiant pour que l'exposition associée à cette voie soit négligeable. Ainsi, cette voie a été considérée comme négligeable et n'a pas été évaluée davantage dans l'ERSH.

3.2.4 Modèle conceptuel du site

Un MCS donne un aperçu de la compréhension actuelle de l'état du site, ce qui permet d'identifier les données pertinentes et les lacunes en matière d'information. Un MCS utilise des informations spécifiques au site pour déterminer le devenir et le transport des contaminants dans les milieux environnementaux ainsi que les voies d'exposition potentielles pour les récepteurs. La Figure 3-2 et la Figure 3-3 ont été développées pour illustrer les combinaisons complètes récepteur-CPP-voie d'exposition. Comme indiqué ci-dessus, les seules combinaisons complètes sont associées au travailleur sous la surface du sol, mais comme ces travailleurs sont normalement protégés par des EPI comme des gants, vêtements à manches longues, bottes de travail, protection pour les yeux et possiblement protection contre la poussière (par exemple lors d'utilisation de machinerie lourde), ce récepteur n'est pas évalué qualitativement dans l'ERSH.

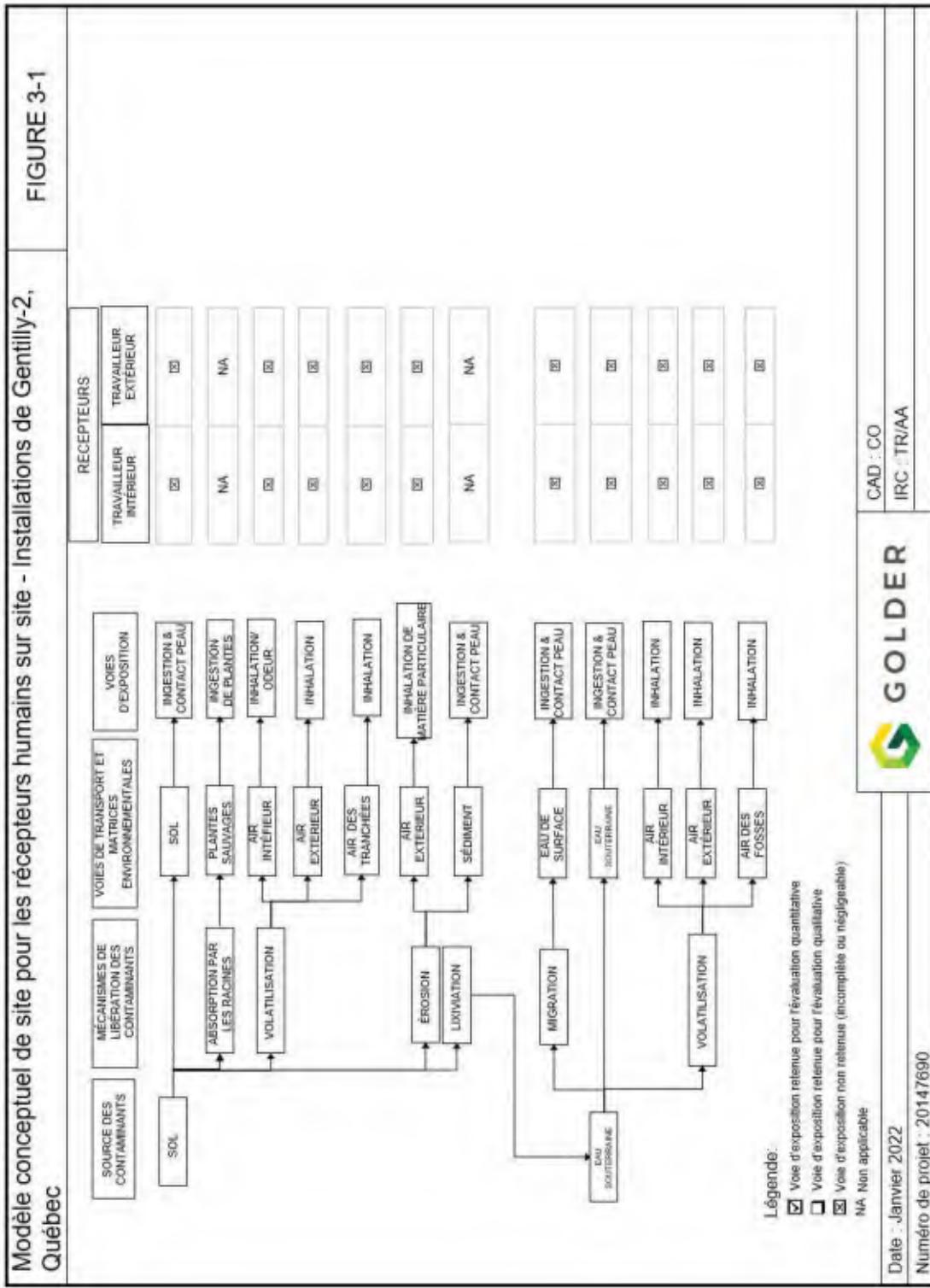


Figure 3-2 : Modèle conceptuel du site pour les récepteurs humains sur site

Modèle conceptuel du site pour les récepteurs humains hors site - Installations de Gentilly-2, Québec

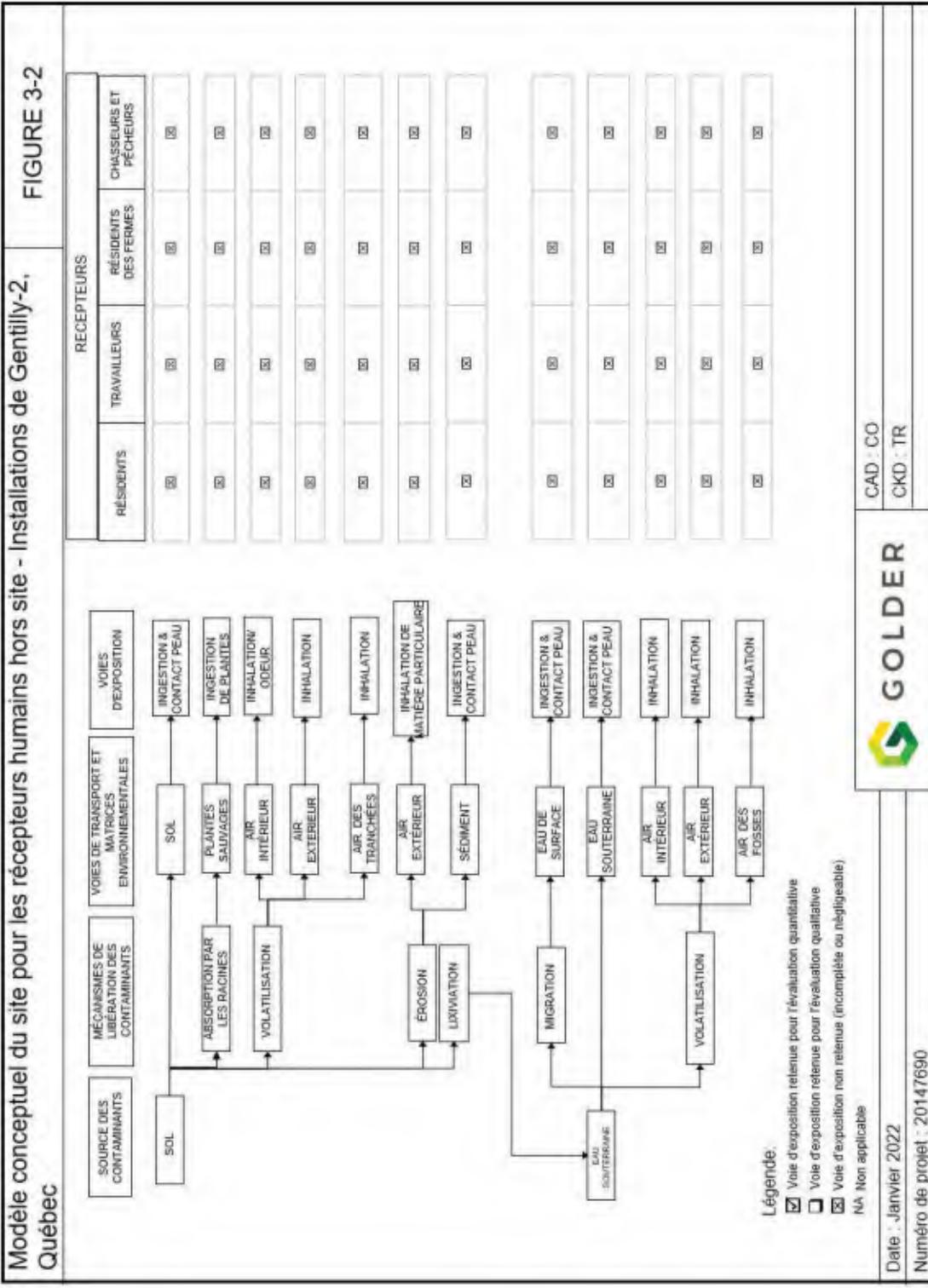


Figure 3-3 : Modèle conceptuel du site pour les récepteurs humains hors site

3.3 Évaluation de l'exposition

L'évaluation de l'exposition consiste à quantifier les caractéristiques des récepteurs, les schémas d'activité dans le temps et les concentrations d'exposition afin d'estimer la dose de CPP que les récepteurs humains peuvent recevoir sur le site. Cette évaluation est réalisée pour chaque combinaison complète CPP-voie-récepteur identifiée dans le MCS. La dose estimée est ensuite combinée avec les informations sur la toxicité pour déterminer les estimations de risque.

Étant donné qu'aucune CPP n'a été identifiée pour le site, l'évaluation de l'exposition n'est pas nécessaire.

3.4 Évaluation de la toxicité

L'évaluation de la toxicité implique la classification des effets toxiques potentiels des CPP et l'estimation des concentrations de substances chimiques auxquelles les récepteurs humains pourraient être exposés sans subir d'effets néfastes sur leur santé. L'évaluation de la toxicité est réalisée pour toutes les CPP et prend en compte les modes de toxicité possibles associés aux différentes voies et durées d'exposition, ainsi que les récepteurs sensibles. L'évaluation de la toxicité fournit une estimation des doses maximales acceptables qui peuvent être absorbées au cours d'une vie (ou d'une partie importante de celle-ci) sans effets inacceptables sur la santé et fournit une base pour interpréter les taux d'exposition prévus.

Étant donné qu'aucun CPP n'a été identifié pour le site, l'évaluation de la toxicité n'est pas non plus nécessaire.

3.5 Caractérisation des risques

La caractérisation des risques consiste à intégrer l'évaluation de l'exposition et l'évaluation de la toxicité pour déterminer si les scénarios d'exposition sont considérés comme acceptables ou inacceptables en termes de risque pour la santé humaine. Les résultats de la caractérisation des risques sont utilisés pour prendre des décisions de gestion des risques pour le site. Étant donné qu'aucun CPP n'a été identifié pour le site, les risques pour la santé humaine ont été considérés comme acceptables.

3.5.1 Discussion de l'incertitude

Une série d'hypothèses d'exposition habituelles ont été utilisées dans l'évaluation de risques, en conjonction avec les concentrations de CPP dans le sol, les eaux souterraines et les effluents, afin d'obtenir des estimations des risques pour les scénarios d'exposition évalués. Les principales

sources d'incertitude associées à l'évaluation de risques sont brièvement décrites ci-dessous (Tableau 3-4).

Tableau 3-4 : Incertitude liée à l'évaluation des risques environnementaux

Source d'incertitude	Direction
<i>Évaluation de l'exposition</i> Il est entendu que les procédures d'échantillonnage sur le terrain pour les métaux dans les eaux souterraines ne comprenaient pas le filtrage des échantillons pour évaluer les concentrations dissoutes. Comme tous les critères de dépistage pertinents pour les métaux sont basés sur des échantillons filtrés (c.-à-d. les concentrations dissoutes), il a été déterminé que les concentrations de métaux observées dans les eaux souterraines lors des événements de surveillance ne sont pas représentatives des conditions des eaux souterraines et que les données disponibles sur la qualité des eaux souterraines pour les métaux ne sont donc pas pertinentes pour l'évaluation des risques. L'incapacité d'identifier les CPP dans les eaux souterraines est peu susceptible d'affecter l'ERSH étant donné qu'il n'y a pas de voies identifiées entre les CPP non volatils et les récepteurs humains.	Neutre

3.6 Évaluation prédictive des effets

L'ERSH réalisée pour les activités historiques et en cours sur le site a conclu qu'il n'y a pas de CPP non radiologique contribuant à un risque pour la santé humaine pour les récepteurs, que ce soit sur le site ou hors site. Comme beaucoup de systèmes sont déjà mis en retrait et que les quantités et la variété de produits chimiques utilisés ont grandement diminué, on s'attend à ce qu'il y ait moins de sources potentielles de contaminants présentes sur le site pendant la phase de stockage sous surveillance et, par conséquent, les risques devraient continuer à être négligeables.

3.7 Conclusions

L'ERSH a évalué le potentiel de risque pour les travailleurs à l'intérieur et à l'extérieur du site, ainsi que pour les travailleurs commerciaux hors site, les résidents, les résidents des fermes, les

chasseurs et les pêcheurs, en supposant une utilisation industrielle continue du site. Sur la base des enquêtes environnementales précédentes sur le site, aucun CPP non radiologique n'a été identifié dans le sol, les eaux souterraines ou les effluents. Par conséquent, les risques ont été considérés comme négligeables pour tous les récepteurs identifiés en ce qui concerne l'exposition aux contaminants non radiologiques rejetés à la suite des activités historiques, actuelles et futures sur le site.

Dans le cadre du plan de surveillance environnementale des installations de Gentilly-2, il est recommandé de mettre à jour les procédures pour l'échantillonnage des eaux souterraines afin d'inclure la filtration sur le terrain des échantillons qui seront analysés pour les métaux, étant donné que les critères de dépistage des métaux pertinents pour les eaux souterraines sont basés sur des échantillons filtrés (c'est-à-dire les concentrations dissoutes).

3.8 Acronymes et abréviations

Acronyme ou abréviation	Définition
ASDR	Aire de stockage des déchets radioactifs
ASSCI	Aire de stockage à sec du combustible irradié
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
COV	Composé organique volatil
CPP	Contaminant potentiellement préoccupant
EBR	Eau brute de refroidissement
EPI	Équipement de protection individuelle
ERE	Évaluation des risques environnementaux
ERSH	Évaluation des risques pour la santé humaine
ESR	Eau de service recirculée
Golder	Golder Associates Ltd.
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HP	Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ à C ₅₀
IGDRS	Installation de gestion des déchets radioactifs solides
LDR	Limite de détection rapportée
MCS	Modèle conceptuel du site
MECP	Ministère de l'Environnement, de la Conservation et des Parcs [Ontario]
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [Québec]
PASCF	Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux
RAA	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
RESC	Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés [Québec]

Acronyme ou abréviation	Définition
RFIQES	Recommandations fédérales intérimaires sur la qualité des eaux souterraines [PASCF]
RQS	Recommandation pour la qualité des sols [CCME]
SP pour les HP	Standards pancanadiens relatifs aux hydrocarbures pétroliers [CCME]
WSP	WSP Global inc.

3.9 Références

- [1] Golder Associates Ltd. and WSP Global Inc., «Surface Soil Investigation at Gentilly-2 Nuclear Facility,» September 2021.
- [2] Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, «Guide de classification des eaux souterraines du Québec,» 4197_fiche.pdf (gouv.qc.ca), février 1999.
- [3] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2 - État de stockage sûr (en piscine),» rapport G2-RT-2014-00518-01, Révision 4, juillet 2018.
- [4] Gouvernement du Québec, «Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère,» chapitre Q-2, r. 4.1, 15 juin 2021.
- [5] Gouvernement du Québec, «Règlement sur les halocarbures,» chapitre Q-2, r. 29, 15 juin 2021.
- [6] Gouvernement du Canada, «Règlement fédéral sur les halocarbures (2003),» ministère de la Justice, DORS/2003-289, dernière modification le 30 juillet 2009.
- [7] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec, «Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés.,» Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés, mai 2021.
- [8] CCME, «Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health (Industrial) : Summary Table.,» Accessed August 2021.
- [9] CCME, «Canadian Soil Quality Guidelines for the protection of human health. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, summary table revised 2008. Winnipeg, MB.,» 2008.
- [10] Gouvernement du Québec, «Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés,» Q-2, R. 18, 2021.
- [11] FCSAP, «Federal Contaminated Sites Action Plan (FCSAP) Guidance Document on Federal Interim Groundwater Quality Guidelines for Federal Contaminated Sites (Version 4.,» June 2016 .
- [12] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec, «Fiche Technique – 12 : La migration des contaminants organiques volatils chlores d'un terrain vers l'air interieur d'un bâtiment. Version du 22,» avril 2020.

- [13] MOECC, «Modified Generic Risk Assessment "Approved Model". Standards Development Branch. Revised version,» November 2016.
- [14] Ville de Bécancour, «RÈGLEMENT NUMÉRO 554: Règlement concernant les normes de construction d'utilisation et d'entretien des équipements d'aqueduc et d'égout et les normes sur les rejets au réseau d'égout,» 1 janvier 2020. [En ligne]. Available: <https://www.becancour.net/telechargement/1441/reglement-554-aqueduc-et-egout/>. [Accès le 12 04 2021].
- [15] [REDACTED], «Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour,» Juin 2002.
- [16] [REDACTED] «Rapport-lettre des travaux de caractérisation environnementale suite au déversement accidentel du réservoir du bâtiment ESR de la Centrale Gentilly-2,» septembre 2014.
- [17] [REDACTED] «Surveillance environnementale des travaux de démantèlement du réservoir 7131-TK44 de la Centrale Gentilly-2, Bécancour, Québec,» Project n° MHQE066, Dossier n° QUP47E160083302W999000, janvier 2017.
- [18] [REDACTED] «Hydro-Québec, Surveillance environnementale des travaux de démantèlement des groupes de réservoirs 54 900 et 54 600 de la Centrale Gentilly-2 de Bécancour, Québec,» [REDACTED] pour Hydro-Québec. 17 p. + annexes. Dossier MHQE33., février 2016.
- [19] Hydro-Québec, «Rapport du plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: octobre 2020 à mars 2021,» juin 2021.
- [20] Hydro-Québec, «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: octobre 2019 à mars 2020,» Version finale, juin 2020.
- [21] Hydro-Québec, «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril 2020 à septembre 2020,» Version finale, décembre 2020.
- [22] Hydro-Québec, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2019,» Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, avril 2020.
- [23] Hydro-Québec, «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2. Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril à septembre 2019,» Version finale, décembre 2019.
- [24] Hydro-Québec Production, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2018,» Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, Version finale, avril 2019.
- [25] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2017,» Rapport technique G2-2018-00518-002, Version finale, avril 2018.
- [26] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2016,» Rapport technique G2-RT-2017-00518-002, Version finale, avril 2017.

- [27] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2015,» Rapport technique G2-RT-2016-00518-004, Version finale, avril 2016.
- [28] Hydro-Québec, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2022,» Rapport technique G2-RT-2023-00518-001, avril 2023.
- [29] Hydro-Québec , «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2021,» Rapport technique G2-RT-2022-00518-001, avril 2022.
- [30] Santé Canada, «Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel - Acroléine,» mars 2021.
- [31] Ontario Ministry of the Environment, Conservation and Parks (MECP), «AMBIENT AIR QUALITY CRITERIA,» May 1, 2020.
- [32] Gouvernement du Québec, «Règlement sur la santé et la sécurité du travail,» 2023.
- [33] Gouvernement du Québec, «Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère,» Q-2, r. 4.1, 2023.
- [34] Gouvernement du Québec, «Critère de qualité de l'atmosphère - acroléine,» [En ligne]. Available: <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/criteres/index.htm>.
- [35] Groupe CSA, «Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration,» N288.6-F12 , 2012.
- [36] Ontario Ministry of the Environment, Conversation and Parks (MECP), «Ambient Air Quality Criteria,» May 1, 2020.

4. ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ HUMAINE DUS AUX CONTAMINANTS RADIOACTIFS

L'évaluation des risques radiologiques pour la santé humaine (ERSH) évalue les risques pour la santé des personnes susceptibles d'entrer en contact avec les milieux environnementaux (c'est-à-dire le sol, l'eau ou l'air) et les sources alimentaires locales qui peuvent être contaminées par les matières radioactives rejetées à la suite d'activités historiques, en cours ou futures.

4.1 Formulation du problème

L'objectif de l'étape de formulation du problème est de définir la portée de l'évaluation en identifiant les radionucléides préoccupants, les voies d'exposition et les récepteurs pour l'évaluation des risques radiologiques pour les membres du public. L'étape de formulation du problème permet de définir un modèle conceptuel qui illustre comment les récepteurs peuvent être potentiellement exposés aux rayonnements émis par les radionucléides dans les milieux environnementaux qui sont affectés par les activités historiques, en cours ou futures.

4.1.1 Sélection et caractérisation des récepteurs

L'approche généralement utilisée pour définir les récepteurs humains à considérer dans le cadre d'une évaluation des risques radiologiques est basée sur le concept de personne représentative [1]. La personne représentative est un individu « possédant les caractéristiques moyennes d'un groupe d'individus qui, en raison de leur lieu d'habitation et de leurs modes de vie, risquent d'être soumis aux expositions les plus élevées à un radionucléide donné émis par une source précise » [2].

Les récepteurs ont été choisis dans le cadre de la détermination des limites opérationnelles dérivées des installations de Gentilly-2 [3] en fonction des potentielles expositions aux rejets atmosphériques et liquides des groupes représentatifs suivants :

- Habitants des municipalités ;
- Résidents des fermes ;
- Travailleurs ;
- Chasseurs-pêcheurs.

Les travailleurs sont représentés par des individus adultes. Pour les autres groupes, des individus représentant les groupes d'âge suivants sont considérés conformément au tableau 2 de la norme CSA N288.1-F14 [2] :

- Enfants de 1 an (représentant les individus de 0-5 an) ;
- Enfants de 10 ans (représentant les individus de 6-15 ans) ;

- Adultes (représentant les individus de 16-70 ans).

4.1.1.1 Récepteurs exposés aux rejets atmosphériques

La Figure 4-1 montre les récepteurs potentiellement exposés aux rejets atmosphériques considérés pour l'évaluation ainsi que la rose des vents du site. La rose des vents montre les directions de vent prédominantes sur le site.

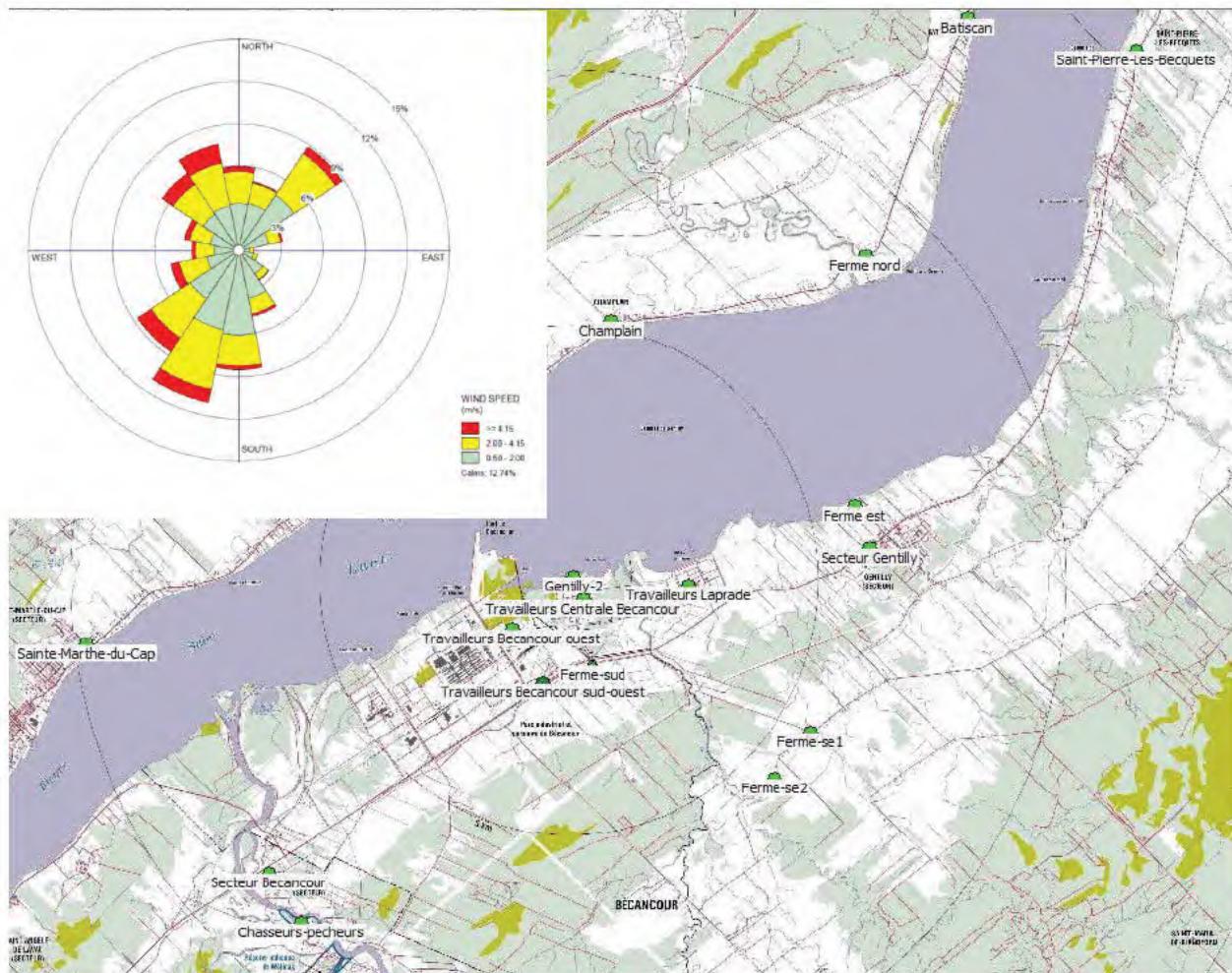


Figure 4-1 : Localisation des récepteurs potentiellement exposés aux rejets atmosphériques des installations de Gentilly-2

Les populations suivantes pourraient potentiellement être exposées aux rejets atmosphériques :

- La municipalité de Bécancour comprend les secteurs Sainte-Angèle-est, Bécancour et Gentilly. Le secteur Sainte-Angèle-est est situé à 13,5 km à l'ouest de Gentilly-2. Le

secteur Bécancour est à 8,5 km à l'ouest et le secteur Gentilly est à 6,4 km à l'est de Gentilly-2. Ces deux derniers ont été retenus en raison de leur proximité de Gentilly-2.

- Le secteur Sainte-Marthe-du-Cap de la ville de Trois-Rivières est situé à 10 km au nord-ouest de Gentilly-2, sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent.
- La municipalité de Champlain est située au nord de Gentilly-2, sur la rive nord du Saint-Laurent. Elle s'étale de Pointe à Bigot jusqu'à la rivière Champlain. Plusieurs récepteurs furent placés le long de la rive nord afin d'identifier l'endroit où la population de Champlain est la plus exposée aux rejets atmosphériques. Le récepteur retenu comme étant représentatif est situé à 5,2 km de Gentilly-2 ; il s'agit du groupe habitant sur la rive nord le plus rapproché de l'installation. En outre, on considère aussi la municipalité de Batiscan située plus loin le long de la rive nord.
- Des fermes sont situées sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, à l'est de la municipalité de Champlain. Dans le but de vérifier si l'effet des vents dominants pouvait entraîner une exposition plus grande qu'à celle des résidents de Champlain, la ferme Nord, située sous le vent dominant, à 9 km au nord-est de Gentilly-2, fut retenue comme groupe distinct.
- Une ferme laitière est située au sud-est de Gentilly-2, à une distance d'environ 5 km. D'autres fermes sont aussi situées dans le secteur, au sud de la route 30. Il s'agit surtout de fermes d'élevage et de production maraîchère.
- Les premières résidences recensées à l'est de Gentilly-2, le long de la rive, sont situées dans le secteur Gentilly. Il existe un bon nombre de fermes, le long du fleuve Saint-Laurent, entre le secteur Gentilly et la ville de Lévis. Leurs terres agricoles pourraient potentiellement être irriguées par des puits de surface. Pour les besoins du calcul, ces fermes sont représentées par la ferme Est (une ferme hypothétique) située à 5,8 km à l'est de Gentilly-2. En outre, entre le secteur de Gentilly et Lévis, on considère aussi la municipalité de Saint-Pierre-Les-Béquets.
- Les travailleurs de la centrale Bécancour constituent le groupe qui se trouve le plus près de Gentilly-2 ; ils ne sont qu'à environ 400 m de la cheminée principale de l'installation nucléaire de Gentilly-2, mais ils ne sont toutefois pas sous les vents dominants. De plus, ce ne sont pas des travailleurs du secteur nucléaire bien que la centrale de Bécancour soit sur le terrain d'Hydro-Québec où sont aussi situées les installations de Gentilly-2. Les travailleurs du parc industriel de Bécancour, qui est situé à 1,8 km au sud-ouest de Gentilly-2, se trouvent sous les vents dominants. Un deuxième groupe de travailleurs du parc industriel est situé à 1,5 km à l'ouest de Gentilly-2. Un troisième se trouve au nouveau parc industriel de Laprade, situé à 2,3 km à l'est de Gentilly-2. Ces groupes sont potentiellement exposés aux rejets atmosphériques de Gentilly-2.
- Les chasseurs-pêcheurs représentent les grands consommateurs de gibier et de poissons. On suppose qu'ils habitent dans le secteur Bécancour, à 8,5 km de Gentilly-2. On suppose également que le gibier capturé est mobile dans toute la région, mais passe 10 % de son temps à 2 km de Gentilly-2, au sud de la route 30.

Le Tableau 4-1 résume les caractéristiques des récepteurs exposés aux rejets aériens : la distance des récepteurs des installations de Gentilly-2, leurs modes d'exposition et la durée/fréquence des expositions.

Tableau 4-1 : Caractéristiques des récepteurs potentiellement exposés aux rejets atmosphériques des installations de Gentilly-2

Récepteurs	Groupe	Distance (km)	Mode d'exposition	Durée/fréquence d'exposition (%/a)
Secteur Bécancour	Municipalité	8,5	Immersion, inhalation, sol, produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	100
Secteur Gentilly	Municipalité	6,4	Immersion, inhalation, sol, produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	100
Sainte-Marthe-du-Cap	Municipalité	10	Immersion, inhalation, sol, produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	100
Saint-Pierre-Les-Becquets	Municipalité	15,3	Immersion, inhalation, sol, produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	100
Batiscan	Municipalité	13,6	Immersion, inhalation, sol, produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	100
Champlain	Municipalité	5,2	Immersion, inhalation, sol, produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	100
Ferme Nord	Ferme	9	Immersion, inhalation, sol, produits de la ferme ⁽²⁾	100
Ferme-Sud-Est 1	Ferme	5,6	Immersion, inhalation, sol, produits de la ferme ⁽²⁾	100
Ferme Sud-Est 2	Ferme	5,6	Immersion, inhalation, sol, produits de la ferme ⁽²⁾	100
Ferme Est	Ferme	5,8	Immersion, inhalation, sol, produits de la ferme ⁽²⁾	100

Récepteurs	Groupe	Distance (km)	Mode d'exposition	Durée/fréquence d'exposition (%/a)
Ferme Sud	Ferme	1,9	Immersion, inhalation, sol ; produits de la ferme Sud ⁽²⁾	100
Travailleurs de la centrale de Bécancour ⁽⁴⁾	Travailleurs	0,5	Immersion, inhalation, sol ; produits frais de la ferme Sud	23 ⁽³⁾
Travailleurs Bécancour sud-ouest ⁽⁴⁾	Travailleurs	1,8	Immersion, inhalation, sol ; produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	23 ⁽³⁾
Travailleurs Bécancour Ouest ⁽⁴⁾	Travailleurs	1,5	Immersion, inhalation, sol ; produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	23 ⁽³⁾
Travailleurs Laprade ⁽⁴⁾	Travailleurs	2,3	Immersion, inhalation, sol ; produits frais ⁽¹⁾ de la ferme Sud	23 ⁽³⁾
Chasseurs-pêcheurs	Municipalité	8,5 pour habitation, 2 pour produits frais de la ferme	Immersion, inhalation, sol ; produits frais ⁽¹⁾ et chevreuil de la ferme Sud	100

Notes :

1. Produits frais : fruits, légumes, légumes racinaires et miel.
2. Produits de la ferme : produits frais et lait (selon le cas), bœuf, porc, agneau, volaille, œufs, chevreuil, et lapin.
3. Correspond à 2 000 heures de travail par an.
4. Bien que la majorité des travailleurs proviennent sans doute de Trois-Rivières, l'évaluation considère qu'ils s'approvisionnent en partie de produits frais de la ferme Sud comme pour les habitants des municipalités.

4.1.1.2 Récepteurs exposés aux rejets liquides

L'eau du fleuve Saint-Laurent n'est pas potable et doit être traitée dans une usine de filtration avant consommation. Étant dépourvues de telles installations, plusieurs petites municipalités en aval de Gentilly-2 (les seules qui pourraient être impactées par les rejets de Gentilly-2) utilisent d'autres sources d'alimentation en eau potable. Un résumé de l'inventaire des groupes qui consomment de l'eau potable dans la région de Gentilly est présenté ici [3] :

- La municipalité de Bécancour comprend les secteurs Sainte-Angèle et Bécancour, à l'ouest de Gentilly-2, et le secteur Gentilly qui lui est situé à l'est. Les trois secteurs sont alimentés soit par l'usine de traitement de l'eau potable de Bécancour dont la source se trouve dans le fleuve Saint-Laurent, à 8 km en amont de Gentilly-2, soit par des sources souterraines. Les effluents liquides de Gentilly-2 n'affectent pas ces sources d'approvisionnement en eau potable.
- Le parc industriel de Bécancour s'alimente aussi à partir du fleuve Saint-Laurent, par une prise d'eau située à 2 km en amont de Gentilly-2. Les effluents liquides de Gentilly-2 n'ont aucun impact à cet endroit.
- Depuis 2007, l'eau potable consommée par les travailleurs de Gentilly-2 et de la centrale Bécancour provient du réseau d'aqueduc de la municipalité de Bécancour.
- La municipalité de Champlain, située sur les rives du fleuve Saint-Laurent, au nord de Gentilly-2, s'alimente à l'aide de puits d'eau souterraine. Les effluents liquides de Gentilly-2 n'ont donc aucun impact sur cette source d'eau potable.
- Les municipalités de Saint-Pierre-les-Becquets, Batiscan et Sainte-Geneviève sont situées à plus de 15 km en aval de Gentilly-2. Ces municipalités s'alimentent toutes à partir de puits et de lacs d'eau douce ne communiquant pas avec le fleuve Saint-Laurent.
- Les municipalités (secteurs) de Sainte-Foy et Lévis sont situées à environ 100 km en aval de Gentilly-2 et sont les premières, en aval de Gentilly-2, à s'alimenter à partir du fleuve Saint-Laurent.
- On note aussi que les fermes situées sur les rives nord et sud du fleuve Saint-Laurent en aval de Gentilly-2 pourraient utiliser l'eau du fleuve Saint-Laurent pour l'irrigation de leurs terres ou encore être affectées par les inondations au printemps. Les effluents liquides de Gentilly-2 ont tendance à demeurer près de la rive sud, tel que l'ont démontré les mesures et les modélisations de la dispersion aquatique [4]. On peut donc en conclure que les fermes situées sur la rive sud pourraient être affectées par les rejets liquides de Gentilly-2. Les fermes de la rive nord, dans la région immédiate autour de Gentilly-2, ne sont pas affectées par ces rejets liquides parce que la diffusion latérale des effluents vers la rive nord est rendue impossible par les battures qui séparent le fleuve Saint-Laurent en un chenal nord et un chenal sud.
- La pêche sportive est pratiquée en divers endroits le long des rives du Saint-Laurent. La baie Lemarier est l'endroit le plus proche du point de rejet où il est possible de faire de la pêche, en particulier de la pêche sur glace qui est plus présente depuis qu'il n'y a plus de

panache thermique au canal de rejet, suite à l'arrêt du réacteur. On suppose que les grands consommateurs de poisson d'eau douce y prennent toutes leurs prises.

Afin de borner la consommation d'eau du fleuve Saint-Laurent potentiellement affectée par les rejets liquides de Gentilly-2, on a créé un groupe fictif, mais plausible qu'on appelle la ferme Est. On a situé cette ferme à 5,8 km en aval de Gentilly-2, dans une zone agricole où il existe des chalets et des petites fermes. On lui a attribué des habitudes de consommation qui maximisent son exposition potentielle aux effluents liquides. On suppose notamment que les individus de ce groupe irriguent leurs fruits et légumes à un taux de $2,5 \times 10^{-6} \text{ L.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, ce qui correspond à environ 10 % du taux de précipitation annuelle pour la région. On suppose également qu'ils font de la pêche sportive et qu'ils consomment leurs prises. Ils se baignent et boivent l'eau du fleuve Saint-Laurent (lors de la baignade et sur une base régulière tout au long de l'année) et sont aussi exposés aux rejets atmosphériques. Ce groupe fictif est plus exposé que les résidents de Lévis et que toutes les fermes situées en aval de Gentilly-2 qui pourraient éventuellement décider de s'alimenter en eau à partir du fleuve Saint-Laurent. Il est également plus exposé aux rejets liquides que les travailleurs du parc industriel de Laprade, situé entre Gentilly-2 et la ferme Est, parce que ceux-ci ne boivent pas l'eau du fleuve Saint-Laurent. Il faut noter qu'en ce moment, il n'existe pas réellement d'individu correspondant à ce groupe fictif appelé ferme Est, mais les conditions existantes permettraient un tel groupe à tout moment.

Il existe également des pêcheurs sportifs tout le long des rives du fleuve Saint-Laurent, mais il ne s'agit pas d'un groupe homogène. À partir des données de consommation obtenues par Vision Saint-Laurent 2000 et rapportées à la référence [5], les pêcheurs sportifs sont représentés par le groupe des chasseurs-pêcheurs dans le cadre de la présente évaluation. Ils pêchent et consomment jusqu'à 18 kg de poissons d'eau douce par année par individu, ce qui représente 175 % de la consommation de poisson de la population en général [2].

Tableau 4-2 : Caractéristiques des récepteurs potentiellement exposés aux rejets liquides des installations de Gentilly-2

Récepteurs	Groupe	Distance (km)	Type d'exposition	Durée/fréquence d'exposition (%/a)
Ferme Est	Ferme	5,8	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigation • Consommation de produits de la ferme Est (fruits, légumes et animaux) • Consommation de poissons de la baie Lemarier • Eau de consommation et baignade 	100

Récepteurs	Groupe	Distance (km)	Type d'exposition	Durée/fréquence d'exposition (%/a)
Lévis	Municipalité	100	<ul style="list-style-type: none"> • Eau de consommation et baignade • Consommation de fruits et légumes de la ferme Est • Consommation de poissons de la baie Lemarier 	100
Secteur Gentilly	Municipalités	6,4	<ul style="list-style-type: none"> • Consommation de fruits et légumes de la ferme Est • Consommation de poissons de la baie Lemarier 	100
Secteur Gentilly Bécancour Sainte-Marthe-du-Cap Saint-Pierre-Les-Becquets Batiscan Champlain	Municipalités	6,4 8,5 10 15,3 13,6 5,2	<ul style="list-style-type: none"> • Même consommation que secteur Gentilly 	100
Ferme Nord Ferme Sud-Est 1 Ferme Sud-Est 2 Ferme Sud	Fermes	9 5,6 5,6 1,9	<ul style="list-style-type: none"> • Même consommation que secteur Gentilly 	100
Travailleurs Bécancour Ouest Travailleurs Bécancour Sud-Ouest Travailleurs Centrale Bécancour Travailleurs Laprade	Travailleurs	0,5 1,8 1,5 2,3	<ul style="list-style-type: none"> • Même consommation que secteur Gentilly 	100
Chasseurs-pêcheurs	Chasseurs-pêcheurs	2 fruits et légumes 2,5 pour poissons	<ul style="list-style-type: none"> • Consommation de fruits et légumes de la ferme Sud (via l'irrigation avec l'eau du fleuve) • Consommation de poissons de la baie Lemarier 	100

4.1.2 Sélection des contaminants radioactifs

Dans l'ERET de 2002, alors que la centrale était en exploitation, une liste de 215 radionucléides a été réduite à 51 radionucléides d'intérêt sur la base des critères suivants (voir Figure 5-3 [6]) :

1. Isotopes mesurés dans les émissions atmosphériques et les rejets liquides ;
2. Isotopes estimés par inventaire dus à leur présence dans le cœur du réacteur, dans les produits d'activation et de fission, ou dans les résines de purification ;
3. Mobilité possible des isotopes dans l'environnement, en fonction de leur demi-vie ;
4. Importance radiologique des isotopes en fonction de leur facteur de conversion de dose.

Comme la centrale ne fonctionne plus depuis la fin 2012, plusieurs radioéléments qui ont été considérés en 2002 ne sont plus d'intérêt, car l'inventaire a décrue naturellement, a été entreposé dans des enceintes étanches, ou disposé hors site. En effet :

- Le réacteur est arrêté depuis fin 2012 ;
- Toutes les grappes de combustible ont été retirées et stockées dans les modules CANSTOR ; les grappes intactes sont dans des paniers scellés qui sont dans des cylindres scellés ; les grappes défectueuses ont été encapsulées individuellement dans un contenant hermétique avant d'être placées dans des paniers adaptés ;
- Les radionucléides de demi-vie inférieure à 1 an ont disparu, notamment l'iode 131 étant donné sa demi-vie de 8 jours ;
- L'eau lourde des systèmes caloporteur et modérateur a été drainée et disposée hors site, [REDACTED] ; les produits de fission et d'activation qu'elle pouvait contenir ne sont plus disponibles comme source de rejet ;
- Les résines de purification ont toutes été retirées et stockées dans les enceintes de stockage des résines usées (ESRU) de l'IGDRS ; les ESRU sont scellées et hermétiques ;
- Les gaz rares qui auraient pu s'échapper de grappes défectueuses ne sont plus produits.

Le Tableau 4-3 montre les radioéléments d'intérêt qui pourraient subsister en 2021 lorsqu'on élimine les gaz nobles et les radionucléides dont la demi-vie est inférieure à 1 an. Ces radioéléments sont ceux qui sont importants pour l'environnement et la population. D'autres radionucléides fixés sur des composants et structures du réacteur devront être considérés pour la protection des travailleurs lors de travaux de maintenance sur ces systèmes ou lors de leur démantèlement, mais ils ne seront pas considérés dans le cadre de l'actuelle évaluation.

Tableau 4-3 : Radionucléides d'intérêt en 2021

Radionucléide	Demi-vie (ans)	Type d'émetteur
H-3	1,23E+01	Bêta
C-14	5,73E+03	Bêta
K-40	1,28E+09	Bêta gamma
Co-60	5,27E+00	Bêta gamma

Radionucléide	Demi-vie (ans)	Type d'émetteur
Ru-106	1,01E+00	Bêta
Sb-125	2,77E+00	Bêta gamma
Cs-134	2,06E+00	Bêta gamma
Cs-137	3,00E+01	Bêta gamma
Eu-154	8,80E+00	Bêta gamma
Ra-226	1,60E+03	Bêta gamma
U-238	4,47E+09	Bêta gamma
Am-241	4,32E+02	Alpha

Ces radioéléments d'intérêt sont couverts par les mesures de H-3, C-14, et d'activité bêta totale prévues au *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* [7] et rapportées dans les rapports annuels de surveillance de l'environnement [8] [9] [10] [11] [12] [13]. Pour fin d'évaluation des risques, le Co-60 et le Cs-137 ont été retenus comme radionucléides limitatifs parmi les émetteurs bêta gamma, conformément à l'annexe D de la norme N288.1 [2].

Pour les rejets atmosphériques, les radionucléides d'intérêt sont :

- Tritium sous forme de vapeur d'eau (HTO) ;
- Carbone 14 ;
- Activité bêta totale dans les aérosols, représentée par le Cs-137.

Pour les rejets liquides, les radionucléides d'intérêt sont :

- Tritium sous forme d'eau liquide (HTO) ;
- Carbone 14 ;
- Activité bêta totale dans l'eau, représentée par le Co-60.

La Figure 4-2 montre l'évolution historique des rejets atmosphériques. Les rejets de C-14 sont en baisse significative depuis 2017 tandis que les rejets de tritium et d'activité bêta totale dans les aérosols sont demeurés plutôt stables.

La Figure 4-3 montre l'évolution historique des rejets liquides. Les rejets de C-14 sont en baisse depuis 2017 tandis que les rejets de tritium et d'activité bêta totale sont stables.

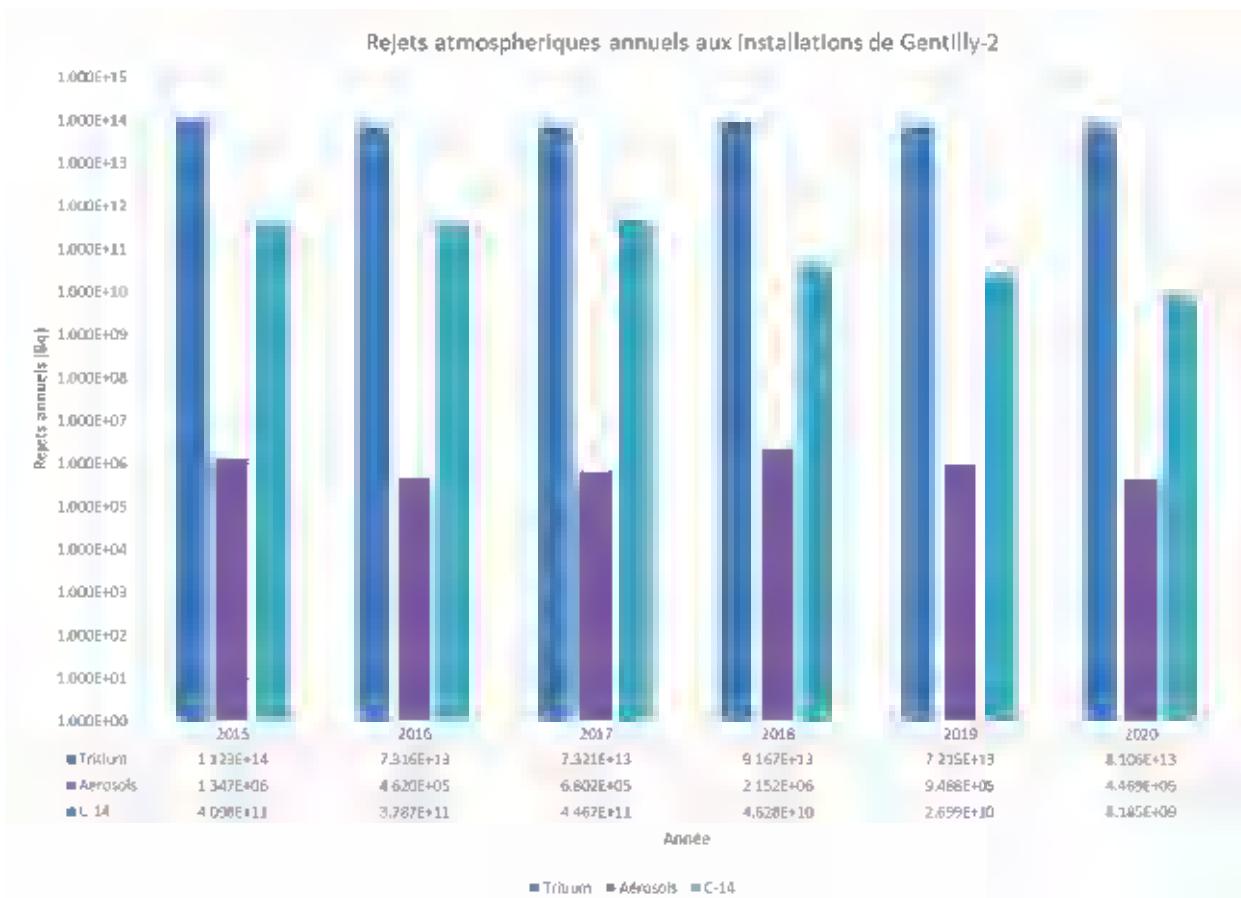


Figure 4-2 : Évolution historique des rejets atmosphériques

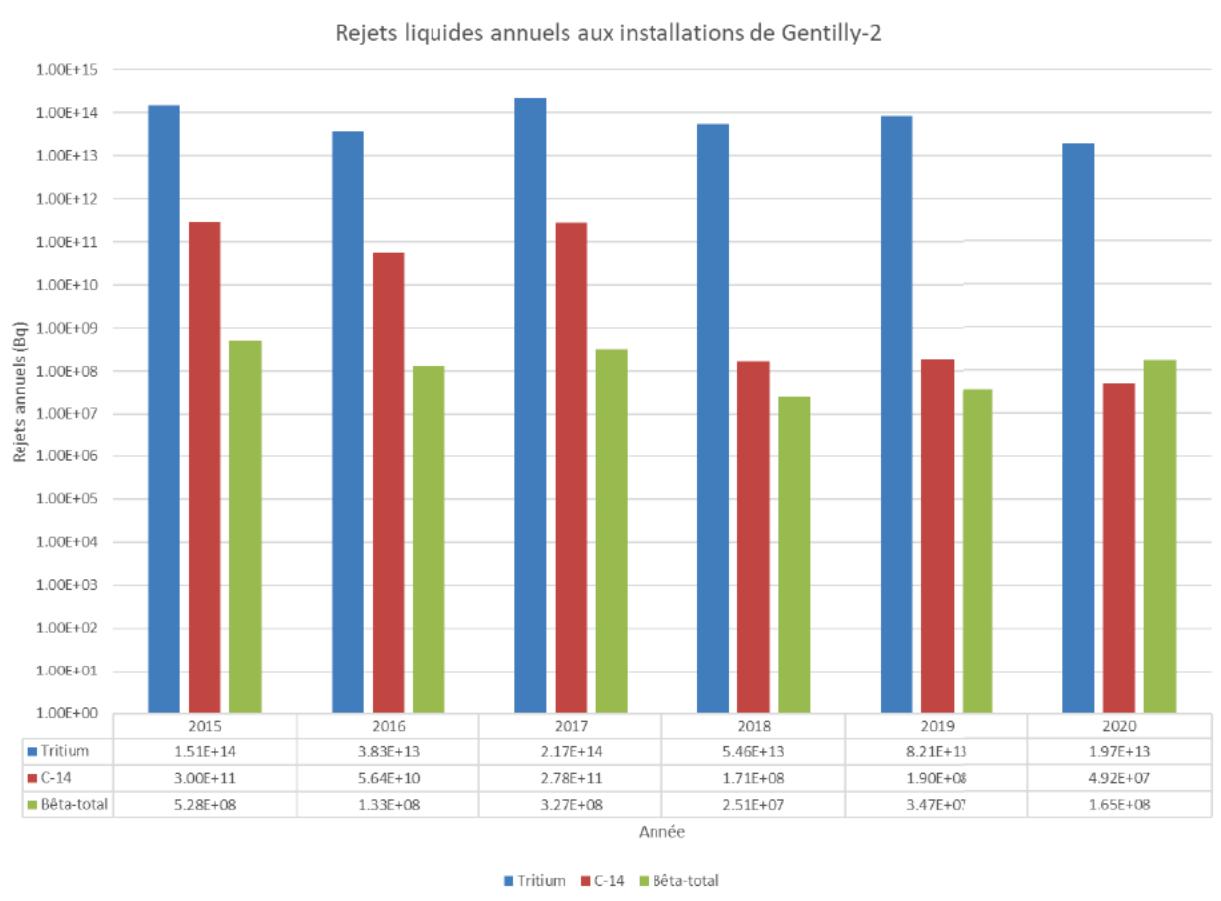


Figure 4-3 : Évolution historique des rejets liquides

Les variations annuelles sont reliées à des manœuvres d'exploitation et activités de mise en dormance identifiées dans les rapports annuels de surveillance de l'environnement de Gentilly-2. Le Tableau 4-4 résume les principales activités d'exploitation ayant eu une incidence à la hausse ou à la baisse sur les rejets radioactifs atmosphériques et liquides annuels.

Tableau 4-4 : Résumé des principales activités d'exploitation ayant eu ou ayant pu avoir une incidence sur les rejets radioactifs annuels

Année	Rejets atmosphériques	Rejets liquides
2015 [8]	Hausse de l'activité des aérosols, mais toujours à moins d'un millième de pour cent de la LOD correspondante, sur une base annuelle. Arrêt de la surveillance en ligne des taux de rejets de gaz rares et de radio-iodes en raison de la longue absence de flux neutronique au réacteur qui	Hausse d'activité du C-14 et bêta total en raison de manœuvres liées au transfert des résines usées vers l'IGDRS. Baisse d'activité du tritium liée à l'arrêt des sécheurs d'air du bâtiment du réacteur, dont les condensats étaient ensuite conduits aux rejets radioactifs liquides.

Année	Rejets atmosphériques	Rejets liquides
	amène une réduction significative des émissions de certains radionucléides [7].	
2016 [9]	Baisse de 35 % des rejets de tritium, de 7 % du C-14 et de 28 % des aérosols comparés aux rejets de 2015 par suite de l'achèvement de certaines activités de mise en retrait des systèmes.	Baisse de 75-80 % des rejets de tritium, C-14 et bêta-total comparés à 2015. La baisse est attribuée à des manœuvres ou des activités préalables à la mise en dormance de l'installation.
2017 [10]	La dernière phase de transfert de résines échangeuses d'ions destinées à la purification des systèmes nucléaires à l'IGDRS s'est traduite par une hausse générale de l'activité aux effluents radioactifs atmosphériques.	La dernière phase de transfert de résines échangeuses d'ions destinées à la purification des systèmes nucléaires à l'IGDRS et la reprise des travaux de traitement des inventaires de chiffons contaminés s'est traduite par une hausse générale de l'activité aux effluents radioactifs liquides. Par suite d'un questionnement initié en 2016 sur la concentration de carbone 14 dans la chair des poissons, une campagne d'échantillonnage des poissons de la baie Lemarier a été effectuée.
2018 [11]	Baisse de 90 % de l'activité du C-14 en comparaison à 2017, mais hausse de 216 % des rejets d'aérosols et de 25 % de tritium par suite de la poursuite aux activités de traitement des chiffons contaminés. Malgré la hausse des aérosols, l'activité demeure sous les LOD.	Diminution de 99,9 % de l'activité du C-14 résultant de la fin des activités de transfert de résines usées en 2017. Il était considéré qu'environ 90 % du C-14 produit pendant la période d'exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2 était capté par les résines de purification d'eau lourde du système modérateur. Des baisses des rejets de tritium de 75 % et d'activité bêta totale de 92 % ont été observées malgré la poursuite des activités de traitement des inventaires de chiffons contaminés et du drainage complémentaire aux tours de reconcentration d'eau lourde des systèmes caloporteur et modérateur. Le point de diffusion des effluents radioactifs liquides a été relocalisé du canal de rejet au centre du chenal sud

Année	Rejets atmosphériques	Rejets liquides
		du fleuve Saint-Laurent le 1 ^{er} novembre entraînant un resserrement des LOD [14].
2019 [12]	L'activité des rejets atmosphériques continue de diminuer, de 21 % pour le tritium, 56 % pour les aérosols et 42 % pour le C-14, en dépit de la poursuite du traitement de chiffons contaminés et des activités de mise en baril d'eau lourde de grade modérateur en vue de son transfert hors site.	L'activité des rejets liquides a augmenté de 51 % pour le tritium, 11 % pour le C-14 et de 39 % pour l'activité bêta totale en raison des activités de traitement de chiffons contaminés et de la gestion de barils de liquide à faible concentration d'eau lourde.
2020 [13]	<ul style="list-style-type: none"> • Fin du transfert hors site de l'eau lourde (modérateur) • Fin du transfert du combustible irradié intact en stockage à sec (IGDRS) • Encapsulation et transfert du combustible défectueux en stockage à sec (IGDRS) • Environ 75 % de 600 barils de chiffons contaminés traités par trempage et séchage • Fin d'expédition hors site de barils d'huiles contaminées 	<ul style="list-style-type: none"> • Environ 75 % de 600 barils de chiffons contaminés traités par trempage et séchage
2021-2026	<ul style="list-style-type: none"> • Expédition hors site des solvants contaminés stockés dans barils dans des conteneurs maritimes sur le site (2021) • Fin des expéditions hors site de ballots de l'ASDR. • Fin du traitement de chiffons contaminés par trempage et séchage 	<ul style="list-style-type: none"> • Fin du traitement de chiffons contaminés par trempage et séchage (2021) • Stockage des composantes solides de la piscine de transfert dans les enceintes de retubage (2021) • Vidange de l'eau des boucliers (2022) • Vidange de l'eau du caisson du réacteur (2022) • Vidange de la piscine de stockage de combustible irradié et des piscines de auxiliaires (manutention du combustible irradié et entreposage du combustible défectueux) (2022) • Réfection étang aéré

4.1.3 Sélection des voies d'exposition

Le modèle IMPACT (« *Integrated Model for the Probabilistic Assessment of Contamination Transport* ») a été utilisé pour modéliser et calculer la dose de rayonnement reçue par le récepteur humain pour chaque radionucléide en raison des voies d'exposition suivantes :

- Inhalation d'air ;
- Rayonnement externe due à l'immersion dans l'air ;
- Ingestion d'eau ;
- Rayonnement externe due à l'immersion dans l'eau ;
- Ingestion de sol (accidentelle) ;
- Rayonnement externe due aux dépôts sur le sol ;
- Ingestion d'animaux terrestres ;
- Ingestion de plantes terrestres ;
- Ingestion d'animaux aquatiques ;
- Ingestion de plantes aquatiques ;
- Ingestion de sédiments (accidentelle) ;
- Rayonnement externe due aux dépôts dans les sédiments.

Le transport de matières radioactives à travers divers milieux environnementaux et chaînes alimentaires est illustré à la Figure 4-4, reproduite de la norme CSA N288.1-F14 [2].

De façon générale, le modèle conceptuel de site de Gentilly-2 considère les voies d'exposition et d'absorption illustrées au modèle générique de N288.1 reproduit à la figure 4-1 de l'ERE. Cependant, les voies d'exposition suivantes ne sont pas considérées :

- Exposition à l'eau souterraine ;
- Ingestion de plantes aquatiques par les produits d'origine animale (P75), par les animaux aquatiques (P76) et les humains (P79) ;
- Exposition des humains aux sédiments par irradiation externe et ingestion (P89) ;
- Exposition directe aux eaux de surface des fourrages et produits végétaux (P24) et des produits d'origine animale (P25). En revanche, l'exposition indirecte via l'irrigation du sol est considérée.

De plus, certaines des voies d'exposition considérées ne s'appliquent pas à tous les récepteurs. Par exemple, la section 4.1.1.2 identifie les récepteurs qui ne sont pas exposés aux rejets liquides de Gentilly-2.

La Figure 4-5 illustre le modèle de site pour les résidents de la ferme Est. La Figure 4-6 montre le modèle aquatique de l'anse à Lemarier.

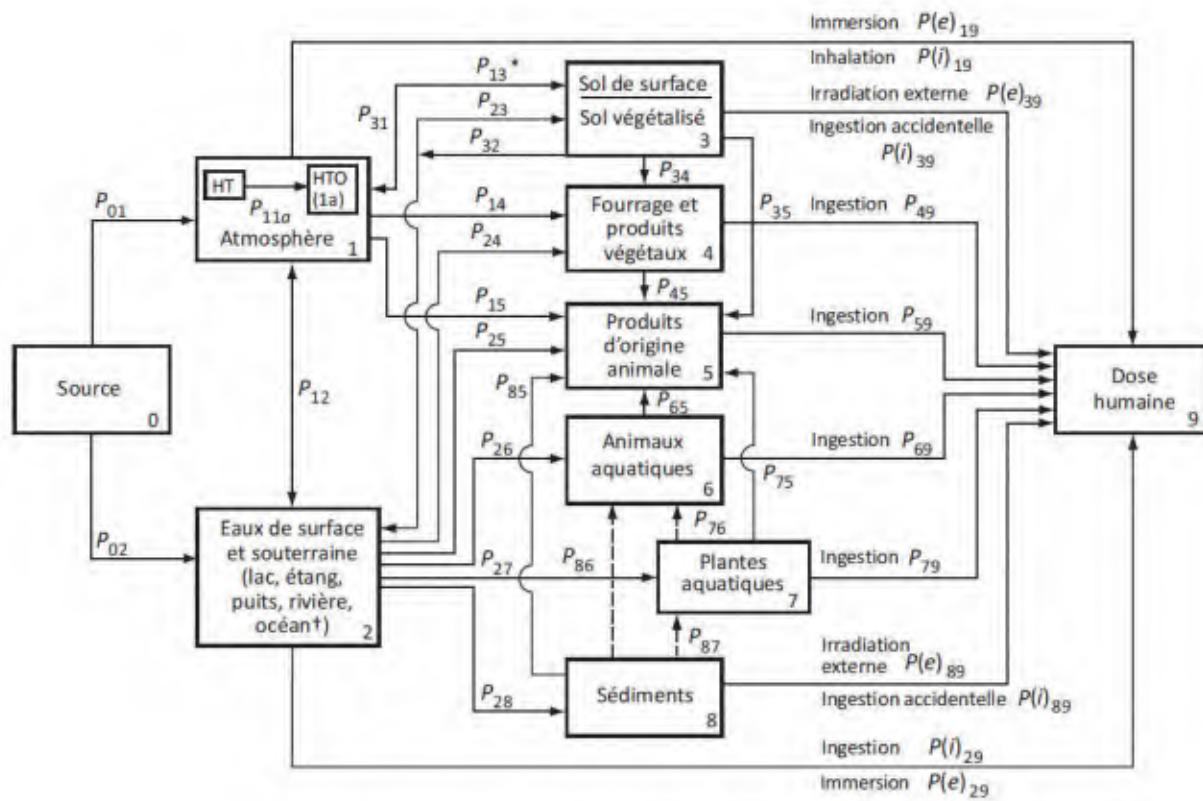


Figure 4-4 : Modèle de transfert environnemental de la norme CSA N288.1-F14

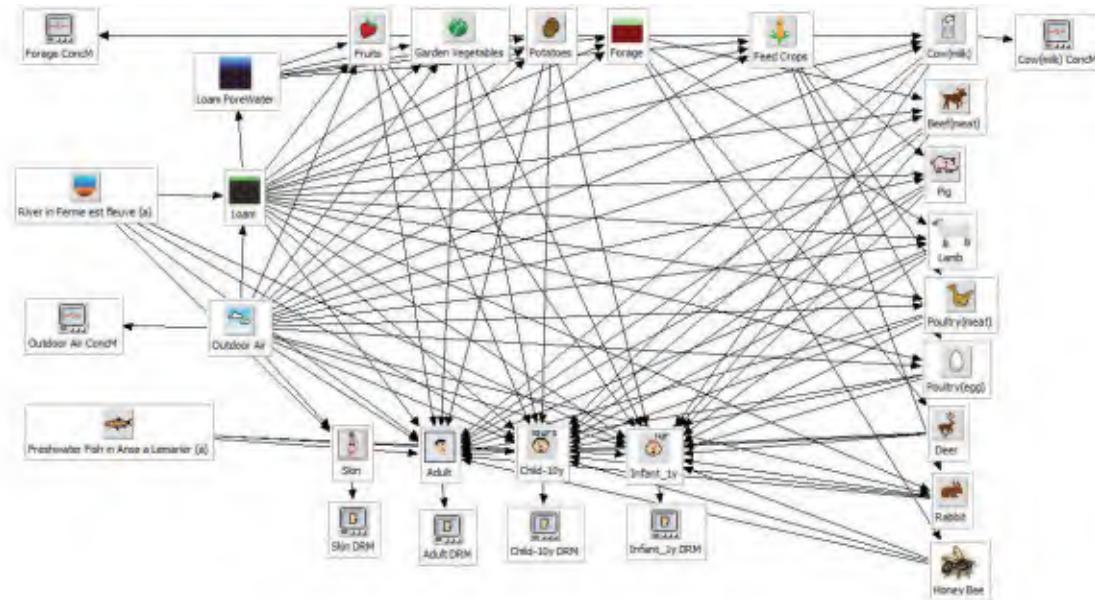


Figure 4-5 : Modèle conceptuel de site pour les résidents de la ferme Est

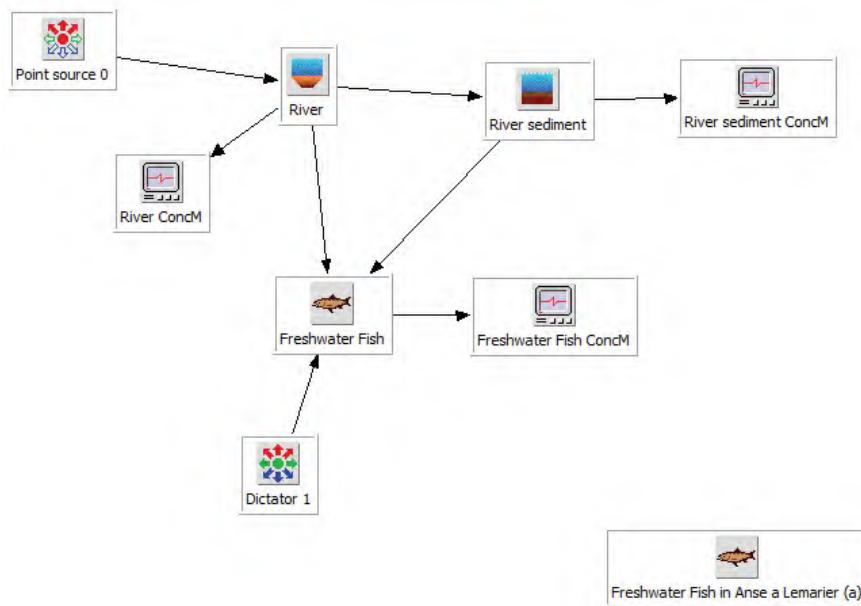


Figure 4-6 : Modèle conceptuel de site pour l'anse à Lemarier

Des modèles physiques gouvernent la distribution des contaminants dans l'atmosphère, dans le milieu aquatique, ainsi que la décroissance et la croissance des produits de filiation.

Le transfert des contaminants entre les compartiments est modélisé par des paramètres qui représentent le ratio de concentration de contaminants entre deux milieux ou le ratio entre deux paramètres, par exemple :

- Paramètres de transfert, qui représentent la fraction d'un radionucléide dans l'alimentation qui est déposée dans les tissus d'un organisme en conditions d'équilibre ;
- Coefficients de partage sol-eau, qui représentent le ratio d'activité d'un radionucléide dans le sol à l'activité dans l'eau en contact avec le sol ;
- Paramètres de transfert sol-plante et air-plante, qui représentent le radio d'activité d'un radionucléide dans une plante terrestre ou aquatique à l'activité dans le sol, l'air ou l'eau en contact avec la plante ;
- Facteurs de bioconcentration, représentant le ratio de concentration dans les tissus d'un animal aquatique à la concentration dans l'eau à laquelle l'animal est exposé ;
- Facteurs de conversion de dose, représentant la dose engagée d'un individu par suite d'une unité d'exposition à un contaminant radioactif, soit une exposition interne (inhalation, ingestion) ou une exposition externe (exposition due à l'immersion aux contaminants radioactifs dans l'air ou due aux dépôts au sol de contaminants radioactifs).

4.1.4 Modèle conceptuel pour la santé humaine

Le modèle IMPACT a été utilisé pour modéliser et calculer la dose de rayonnement pour chaque récepteur humain.

IMPACT est un outil personnalisable qui permet à l'utilisateur d'évaluer le transport et le devenir des contaminants radioactifs dans l'environnement. IMPACT quantifie l'exposition à ces contaminants provenant d'installations nucléaires. Il couvre toutes les voies d'exposition illustrées à la Figure 4-4 ci-dessus, conformément à la norme CSA N288.1-F14.

Les calculs annuels de dose aux membres représentatifs de la population autour de Gentilly-2 ont été effectués avec la version la plus récente d'IMPACT disponible au moment du calcul [15] [16] [17] [18] [19]. Les versions d'IMPACT incorporent les changements qui sont incorporés dans les dernières mises à jour de la norme CSA N288.1-F14.

Pour chaque calcul annuel, le modèle d'IMPACT est paramétré avec les données annuelles applicables :

- Données météorologiques : les données météorologiques de l'année de calculs sont analysées pour produire une matrice de fréquence à triple articulation (« triple joint frequency matrix »). Cette matrice spécifie la fréquence du vent par secteur de direction, classe de stabilité et gamme de vitesse. La fréquence de précipitation par secteur de direction du vent et le taux de précipitation annuel sont aussi spécifiés.
- Données de rejets : les rejets annuels atmosphériques et liquides sont spécifiés pour chacun des radionucléides retenus. Les rejets atmosphériques ont été considérés comme provenant de la cheminée de Gentilly-2 puisque le système de ventilation du bâtiment réacteur fonctionne toujours. Les rejets liquides ont été considérés dans le canal de rejet jusqu'à la mise en service le 1^{er} novembre 2018 de la nouvelle conduite de rejets d'effluents liquides radioactifs dans le chenal sud du fleuve.
- Mesures dans l'environnement : la concentration de radionucléides mesurée dans l'environnement est utilisée pour compléter la modélisation. Lorsque spécifiées, les mesures de concentration dans l'environnement sont utilisées à la place des valeurs calculées au point de la chaîne de transfert environnemental.

4.2 Évaluation des expositions

4.2.1 Emplacement des récepteurs

Les conséquences radiologiques sont évaluées pour les récepteurs identifiés à la section 4.1.

Les expositions sont évaluées à l'aide du logiciel IMPACT qui est basé sur le modèle de transfert environnemental de la norme CSA N288.1-F14, décrit à la section 4.1.3, et de mesures dans l'environnement. Le modèle tient compte de :

- L'exposition interne aux produits radioactifs (p. ex., par inhalation et ingestion) ;

- L'exposition externe (p. ex., exposition au passage du nuage radioactif et exposition due aux dépôts des produits radioactifs au sol).

Les expositions sont quantifiées en termes de dose engagée aux individus. La dose engagée représente l'effet sur la santé des produits radioactifs auxquels l'individu est exposé sa vie durant, jusqu'à l'âge de 70 ans.

4.2.2 Durée et fréquence des expositions

Le Tableau 4-1 montre la durée/fréquence d'exposition des récepteurs humains sur une base de pourcentage annuel de temps d'exposition à l'environnement local. La fréquence d'exposition est directement prise en compte dans le calcul d'exposition aux contaminants atmosphériques et liquides, ainsi que dans le calcul d'exposition à la nourriture et l'eau d'origine locale.

Le taux de consommation de base des récepteurs est fondé sur les données représentant le 95^e centile de la population conformément à la norme CSA N288.1-F14 pour la consommation de nourriture (Tableau G.9c), l'inhalation d'air (Tableau 19), l'inhalation de poussières (Tableau 20) et la consommation d'eau (Tableau 21). Des taux de consommations spécifiques sont cependant désignés pour le groupe des chasseurs-pêcheurs qui ont des habitudes alimentaires distinctes :

- Consommation de produits frais et de chevreuil de la ferme Sud ;
- Consommation de poisson.

Le taux de consommation de chevreuils du groupe des chasseurs-pêcheurs est établi à partir des données du tableau 6.5 pour hommes-femmes confondus de la référence [20], puis ajusté au 95^e centile et par une fraction locale de 10 % pour prendre en compte de la fréquentation de territoires d'alimentation moins contaminés à l'intérieur du grand domaine vital du chevreuil (voir note k, tableau G.9c [2]).

Une enquête du groupe Vision Saint-Laurent 2000, rapportée à la référence [5], démontre que pour la population de la région de Montréal (environ 1 million de personnes), on dénombre environ 4 000 pêcheurs sportifs qui pêchent dans le fleuve Saint-Laurent. Il s'agit donc d'une fraction très faible (0,4 %) de la population générale. Les pêcheurs sportifs sur le Saint-Laurent se divisent en trois groupes :

- Les pêcheurs qui ne consomment pas leurs prises ;
- Un groupe de « faibles consommateurs » de poissons, qui consomment 1,8 kg/a de poissons, tout au long de l'année ;
- Un groupe de « grands consommateurs » de poissons, qui peuvent manger jusqu'à 18 kg/a de poissons, surtout en saison hivernale, pendant la pêche sur glace.

Le taux de consommation de poissons de 1,8 kg/a fut retenu pour les résidents adultes de la ferme Est, soit 17,5 % du taux de consommation totale recommandée dans la norme CSA N288.1-F14.

Bien que le groupe des grands consommateurs de poissons représente moins du tiers des pêcheurs sportifs (et par conséquent <0,13 % de la population totale), on a retenu leur taux de consommation de 18 kg/a comme étant représentatif des adultes du groupe des chasseurs-pêcheurs. Ce taux de consommation de poisson correspond à 175 % du taux de consommation total de la norme CSA N288.1-F14 pour la population en général.

Le taux de consommation de poisson des enfants des municipalités, des fermes et du groupe chasseurs-pêcheurs est dans les mêmes proportions par rapport aux adultes que dans la norme CSA N288.1-F14.

Le taux d'ingestion d'eau de 1 L/a durant la baignade provient de la référence [21] qui traite des impacts radiologiques autour des sites nucléaires.

Les taux de consommation de base sont résumés au Tableau 4-5.

Tableau 4-5 : Taux de consommation de base en fonction des groupes d'âge

Paramètre	Unités	Groupe d'âge		
		1 a	10 a	Adulte
Air (respiration)	m ³ /a	2740	7850	8400
Poussière	kg/a	0,07	0,07	0,007
Eau potable	L/a	305,71 ⁽¹⁾	482,13	1081,14
Eau (baignade)	L/a	1	1	1
Lait frais	kg/a	34,15 ⁽¹⁾	319,63	188,51
Viandes				
Bœuf	kg/a	7,27	21,44	74,29
Porc	kg/a	4,89	14,65	29,73
Agneau	kg/a	0,04	1,42	0,88
Volaille	kg/a	11,54	30,61	58,37
Œufs	kg/a	3,00	11,29	28,85
Chevreuil	kg/a	0,01	0,04	0,14
Chevreuil – chasseurs-pêcheurs	kg/a	9,62	12,94	28,97
Lapin	kg/a	0,03	0,09	0,34
Plantes				
Céréales	kg/a	77,32	197,13	245,37
Fruits et baies	kg/a	76,56	124,40	149,20
Légumes	kg/a	36,12	97,63	192,30
Pommes de terre	kg/a	12,09	43,25	71,84
Miel	kg/a	0,66	1,90	2,45
Poisson ⁽²⁾	kg/a	4,1	11,85	18

Paramètre	Unités	Groupe d'âge		
		1 a	10 a	Adulte
		(2,34)	(6,76)	(10,26)

Notes :

1. Conformément à la norme CSA N288.1-F14 [2], la consommation de lait pour les enfants âgés d'un an est la somme de la consommation de lait frais et de lait en poudre préparé avec de l'eau potable et ne doit pas dépasser 930,5 g/jour.
2. Le taux de consommation de poisson indiqué entre parenthèses est celui pour la population en général, spécifié à la norme CSA N288.1-F14. Pour Gentilly-2, un taux supérieur a été spécifié pour prendre en compte le groupe chasseurs-pêcheurs qui représente les pêcheurs sportifs qui en font une plus grande consommation.

Les données de consommation de base sont ajustées pour tenir compte de la fraction d'origine locale des produits consommés et des conditions de consommation spécifiques à chaque groupe tel que décrit à la référence [3].

La fraction des aliments qui proviennent des fermes locales est tirée du tableau 21 des lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine [22]. Ce document établit que les résidents en milieu urbain consomment du lait, des œufs, viandes et poissons provenant de détaillants qui couvrent l'ensemble de la province et qui ne sont pas nécessairement d'origine locale. On suppose aussi que les céréales doivent être transformées avant d'être consommées et ne proviennent donc pas des producteurs locaux.

L'évaluation a également tenu compte des données du Bottin statistique de l'alimentation du Gouvernement du Québec, version 2002 [23]. On a considéré la version 2002 du document parce qu'elle fournit la quantité de fruits exotiques (oranges, bananes, etc.) de même que la quantité de légumes en conserve et congelés consommés annuellement au Québec, ce qui n'est pas le cas dans les versions ultérieures. Ces aliments ne peuvent pas être d'origine locale ; ils sont donc exclus du calcul de l'exposition. Ainsi la fraction de fruits frais est 26 % de la consommation totale de fruits. Pour les légumes, la fraction fraîche est de 65 % des légumes consommés. Les fractions locales des lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine sont appliquées aux fractions de fruits et légumes frais consommés.

Le Tableau 4-6 résume le pourcentage des données de consommation de base qui sont d'origine locale.

Tableau 4-6 : Pourcentage des taux de consommation de base d'origine locale

Voie d'exposition	Groupe			
	Municipalités	Fermes	Chasseurs-Pêcheurs	Travailleurs
Air	100 %	100 %	100 %	22,8 %
Poussières	100 %	100 %	100 %	22,8 %
Eau (ingestion)	100 %	100 %	100 %	0 %
Eau (baignade)	100 %	100 %	100 %	0 %
Lait frais	0 %	100 %	0 %	0 %
Viandes (et œufs)	0 %	50 %	0 %	0 %
Chevreuil	0 %	50 %	100 %	0 %
Céréales	0 %	0 %	0 %	0 %
Fruits et baies	2,6 %	13 %	2,6 %	2,6 %
Légumes	6,5 %	32 %	6,5 %	6,5 %
Pommes de terre	10 %	50 %	10 %	10 %
Miel	10 %	50 %	10 %	10 %
Poisson ⁽¹⁾	100 % (0,36 %)	100 % (17,5 %)	100 % (175 %)	0 % (0 %)

Note 1 : Pour la consommation de poisson, les pourcentages entre parenthèses s'appliquent au taux de consommation du poisson pour la population en général, montrés entre parenthèses au Tableau 4-5. Les pourcentages qui ne sont pas en parenthèses s'appliquent aux taux de consommation corrigés.

Finalement, la consommation d'eau, de lait et de poisson de source locale est limitée à certains récepteurs, sur la base des voies d'exposition possibles :

- Les récepteurs qui consomment de l'eau en aval de Gentilly-2 sont :
 - Ferme Est ;
 - Lévis.
- Les récepteurs qui consomment du lait produit localement sont :
 - Ferme Sud-est-1 ;
 - Ferme Nord ;
 - Ferme Est.
- Les récepteurs qui consomment les poissons de la baie Lemarier sont :
 - Ferme Est ;
 - Chasseurs-pêcheurs ;
 - Secteur Gentilly ;
 - Lévis.

4.2.3 Calculs des expositions et des doses

Les expositions et les doses sont évaluées à l'aide du logiciel IMPACT qui est basé sur le modèle de transfert environnemental de la norme CSA N288.1-F14, décrit à la section 4.1.3, et de mesures dans l'environnement. Le manuel de théorie du logiciel IMPACT [24] décrit les équations et paramètres utilisés pour modéliser chaque transfert environnemental et les expositions.

4.2.4 Facteurs d'exposition

Tous les facteurs spécifiques aux radionucléides implantés dans le logiciel IMPACT sont basés sur la norme CSA N288.1-F14 [2] et le guide du « *CANDU Owners Group* » (COG) pour les limites opérationnelles dérivées (LOD) [25]. Il s'agit notamment des :

- Facteurs de transport environnementaux (par exemple les coefficients de distribution, les facteurs de bioconcentration et les facteurs de transfert) ;
- Coefficients de dose ;
- Facteurs de protection.

4.2.5 Modèles de dispersion

Le modèle de dispersion atmosphérique utilisé pour le calcul des doses et implanté dans le logiciel IMPACT est le modèle gaussien de la norme CSA N288.1-F14 [2]. Le modèle incorpore les phénomènes suivants :

- Correction de la hauteur physique du rejet pour l'effet de rabattement du panache à la sortie de la cheminée, de l'effet d'entraînement du panache par les bâtiments à proximité, et la vitesse et l'énergie thermique du rejet ;
- Correction des paramètres de dispersion pour l'effet de sillage des bâtiments,
- Décroissance et croissance des radioéléments ;
- Appauvrissement de la concentration dans le panache dû aux effets de dépôt secs et humides au sol ;
- Correction de la dose provenant de l'exposition due l'immersion aux contaminants radioactifs dans l'air pour tenir compte de la dimension finie du nuage.

Les paramètres utilisés pour la modélisation de cette source de rejets atmosphériques sont présentés au Tableau 4-7.

Tableau 4-7 : Paramètres de modélisation des rejets atmosphériques à la cheminée de Gentilly-2

Paramètre	Valeur	Références
Hauteur de relâche	37 m	[26] Tableau VIII-4, p. VIII-26
Longueur de rugosité	0,4 m	[26] Tableau VIII-5, p. VIII-27
Vitesse des effluents	6 m/s	[27] R1115-05, p. 5
Diamètre interne	2,3 m	[27] R1115-05, p. 3
Hauteur du bâtiment	40 m	[26] Tableau VIII-4, p. VIII-26
Température des gaz	27 °C	[27] R1115-05, p. 3
Température ambiante	15 °C	Moyenne annuelle
Aire du bâtiment	1500 m ²	[26] Tableau VIII-4, p. VIII-26

Note : reproduit du Tableau 7 de la référence [3].

Pour la dispersion des rejets liquides, deux modèles spécifiques au site de Gentilly-2 ont été utilisés compte tenu de l'évolution de l'emplacement des rejets dans le fleuve Saint-Laurent :

- Rejets du canal de décharge. Le modèle de lac d'IMPACT a été utilisé et paramétré en fonction de résultats de dispersion expérimentaux et de modélisation 3D [4] [28] de l'écoulement des rejets du canal dans le fleuve en fonction du débit du système d'eau de circulation (EDC) au canal de rejet lorsque la centrale était en marche (25 m³/s) ou à l'arrêt (2,1 m³/s).
- Rejets de la conduite d'effluents radioactifs liquides dans le chenal sud du fleuve. Le modèle de rivière d'IMPACT a été utilisé et paramétré en fonction des conditions locales de l'écoulement dans le fleuve au point de rejet [14]. Le facteur de dilution est établi à partir de corrélations utilisées par IMPACT [24] et dérivées des modèles du « *National Council on Radiation Protection Measurement* » (NCRP) [29]. Le facteur de dilution prend la forme d'un panache étiré dans le sens de l'écoulement du fleuve et symétrique.

Le Tableau 4-8 montre les paramètres du modèle de rivière d'IMPACT utilisé pour la modélisation des rejets de la conduite d'effluents liquides de Gentilly-2 dans le chenal sud du fleuve Saint-Laurent.

Tableau 4-8 : Paramètres de modélisation des rejets de la conduite d'effluents liquides radioactifs de Gentilly-2 dans le chenal sud du fleuve Saint-Laurent

Paramètre (modèle rivière IMPACT)	Valeur	Référence
Profondeur du chenal sud	2,4 m	[14]
Largeur du chenal sud	2 000 m	[14]
Débit d'eau du fleuve au chenal sud	1 000 000 L/s	[14]
Coefficient de dispersion longitudinal	120 000 m ² /s	[14]
Coefficient de dispersion latéral	0,03 m ² /s	[14]
Distance de la rive	0 m	[14]

4.2.6 Doses et concentrations aux points d'exposition

Le Tableau 4-9 montre les doses aux récepteurs humains calculées par IMPACT en prenant compte des mesures environnementales pour les années 2016 à 2020. Pour chaque année, la dose la plus élevée est identifiée par une cellule ombragée. La Figure 4-7 illustre l'évolution de la dose efficace à l'adulte de chaque groupe de récepteurs pour ces mêmes années.

En 2020, les trois groupes ayant les doses annuelles les plus élevées sont, en ordre décroissant :

- L'adulte du groupe des chasseurs-pêcheurs ($0,9 \mu\text{Sv} \sim 0,1\% \text{ de la limite de dose}$) ;
- L'adulte des travailleurs de la centrale de Bécancour ($0,34 \mu\text{Sv} \sim 0,03\% \text{ de la limite de dose}$) ;
- L'adulte des résidents de la ferme Est ($0,25 \mu\text{Sv} \sim 0,03\% \text{ de la limite de dose}$).

Les changements principaux qui ont ou auraient pu influencer les doses estimées au fil des ans sont :

- Le changement de site d'acquisition des données météorologiques ;
- La vidange des réservoirs de résines usées en 2013, 2014 et 2017 ;
- La mesure de la concentration des radionucléides dans la chair des poissons de la baie Lemarier à partir de 2017 ;
- La relocalisation du point de rejet des effluents liquides radioactifs du canal de rejet à la nouvelle conduite menant les rejets directement dans le chenal sud du fleuve en novembre 2018.

Le passage des données météorologiques de Gentilly-2 à celles de Bécancour en 2018 a eu un impact pratiquement négligeable. En effet, en 2017, les doses dues aux récepteurs humains estimées à partir des données météorologiques de Bécancour et de Gentilly-2 ont été comparées. Les différences étaient minimes [16].

La vidange des réservoirs de résines usées en 2013, 2014 et 2017 a mené en une augmentation des rejets liquides, en particulier pour le C-14. Il en a été de même en 2015 en raison d'essais de pompes qui ont amené des eaux riches en C-14 aux réservoirs de gestion des effluents liquides radioactifs (voir Figure 4-3). En 2015 et 2017, les rejets de C-14 étaient environ 5 fois supérieurs à celui de l'année précédente.

Jusqu'en 2016, Hydro-Québec mesurait la concentration des radionucléides dans le poisson pêché dans le canal de rejet de l'installation nucléaire. Comme l'accès public de cette aire n'est pas autorisé pour la pêche, la consommation de poisson du canal de rejet n'y est depuis plus considérée pour l'estimation des doses.

La mesure du carbone 14 dans la chair des poissons de la baie Lemarier à partir de 2017 a résulté en une augmentation de la dose estimée, bien que toujours inférieure à 1 % de la limite de dose. Cette augmentation est attribuée à :

- L'augmentation ponctuelle des rejets de carbone 14 en 2015 et en 2017 ;
- La teneur mesurée en carbone 14 dans la chair de poisson plus élevée que celle prédicta par IMPACT ;
- L'hypothèse que la baie Lemarier est le lieu de pêche de prédilection du groupe des chasseurs-pêcheurs ;
- L'hypothèse que le groupe des chasseurs-pêcheurs consommerait presque 2 fois plus de poisson annuellement que le 95^e centile de la population en général.

Pour les groupes récepteurs autres que le groupe chasseurs-pêcheurs, les doses ont été relativement stables d'une année à l'autre, ce qui découle de la stabilité des rejets de tritium et d'activité bêta-gamma durant la période 2016-2020.

Tableau 4-9 : Doses efficaces annuelles pour les rejets atmosphériques et liquides de 2016 à 2020

Groupe récepteur	Groupe d'âge	Doses efficaces annuelles ($\mu\text{Sv/a}$)				
		2016	2017	2018	2019	2020
Batiscan	Adulte	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05
Batiscan	Enfant 10 ans	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05
Batiscan	Enfant 1 an	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Batiscan	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Champlain	Adulte	0,10	0,15	0,19	0,13	0,16
Champlain	Enfant 10 ans	0,11	0,17	0,22	0,15	0,18
Champlain	Enfant 1 an	0,08	0,13	0,16	0,11	0,14
Champlain	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chasseurs-pêcheurs	Adulte	0,17	6,64	8,21	2,02	0,90
Chasseurs-pêcheurs	Enfant 10 ans	0,15	5,95	7,34	1,79	0,79
Chasseurs-pêcheurs	Enfant 1 an	0,12	4,11	5,05	1,23	0,54
Chasseurs-pêcheurs	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferme Est	Adulte	0,22	1,00	0,98	0,41	0,24
Ferme Est	Enfant 10 ans	0,25	0,98	0,93	0,39	0,25
Ferme Est	Enfant 1 an	0,13	0,61	0,61	0,27	0,16
Ferme Est	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferme Nord	Adulte	0,21	0,17	0,15	0,06	0,11
Ferme Nord	Enfant 10 ans	0,28	0,22	0,19	0,07	0,16
Ferme Nord	Enfant 1 an	0,11	0,10	0,10	0,04	0,06
Ferme Nord	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferme SE1	Adulte	0,22	0,20	0,13	0,08	0,09
Ferme SE1	Enfant 10 ans	0,26	0,24	0,15	0,09	0,11
Ferme SE1	Enfant 1 an	0,12	0,12	0,08	0,05	0,06
Ferme SE1	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Groupe récepteur	Groupe d'âge	Doses efficaces annuelles ($\mu\text{Sv/a}$)				
		2016	2017	2018	2019	2020
Ferme SE2	Adulte	0,16	0,15	0,10	0,06	0,07
Ferme SE2	Enfant 10 ans	0,12	0,12	0,09	0,05	0,06
Ferme SE2	Enfant 1 an	0,09	0,09	0,07	0,04	0,05
Ferme SE2	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferme Sud	Adulte	0,26	0,19	0,16	0,13	0,12
Ferme Sud	Enfant 10 ans	0,21	0,15	0,15	0,12	0,11
Ferme Sud	Enfant 1 an	0,16	0,12	0,11	0,09	0,09
Ferme Sud	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sainte-Marthe-du-Cap	Adulte	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03
Sainte-Marthe-du-Cap	Enfant 10 ans	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03
Sainte-Marthe-du-Cap	Enfant 1 an	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02
Sainte-Marthe-du-Cap	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Saint-Pierre-Les-Becquets	Adulte	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Saint-Pierre-Les-Becquets	Enfant 10 ans	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Saint-Pierre-Les-Becquets	Enfant 1 an	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
Saint-Pierre-Les-Becquets	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Secteur Bécancour	Adulte	0,03	0,03	0,07	0,05	0,03
Secteur Bécancour	Enfant 10 ans	0,03	0,03	0,08	0,05	0,03
Secteur Bécancour	Enfant 1 an	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02
Secteur Bécancour	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Secteur Gentilly	Adulte	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
Secteur Gentilly	Enfant 10 ans	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
Secteur Gentilly	Enfant 1 an	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
Secteur Gentilly	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Travailleurs Ouest	Adulte	0,12	0,12	0,18	0,12	0,12
Travailleurs sud-ouest	Adulte	0,07	0,07	0,12	0,08	0,08
Travailleurs centrale Bécancour	Adulte	0,29	0,28	0,38	0,30	0,34
Travailleurs Laprade	Adulte	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02

Note : Nombres arrondis à 2 décimales. Total basé sur nombres non arrondis. Dose négligeable indiquée par « 0,00 ».

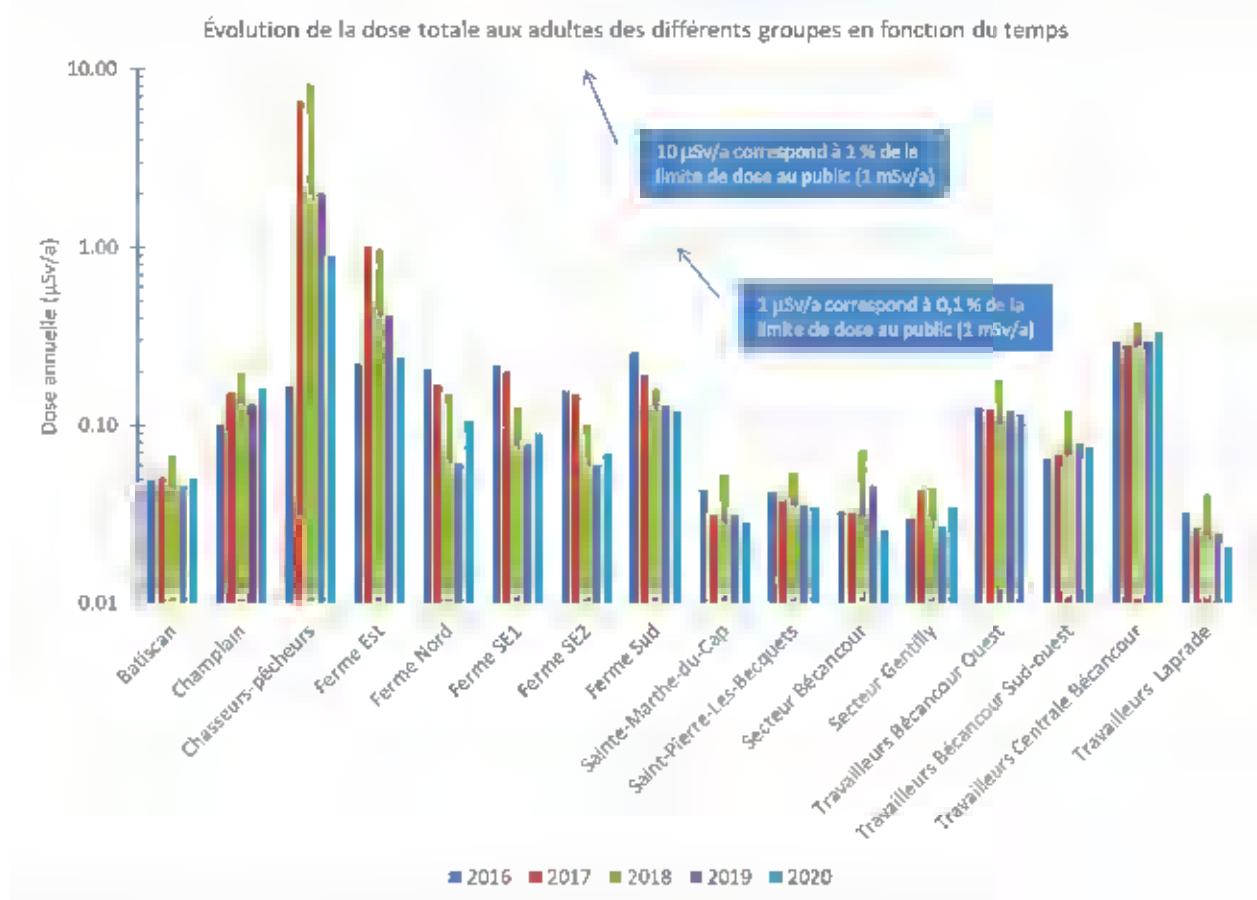


Figure 4-7 : Évolution de la dose efficace à l'adulte des différents groupes de récepteurs

4.2.7 Incertitudes dans l'évaluation des expositions

Les principales sources d'incertitude concernant l'exposition radiologique pour la santé humaine sont les suivantes :

1. Les données de consommation. L'hypothèse selon laquelle les données régionales de consommation et les facteurs d'exposition génériques s'appliquent à tous les récepteurs pris en compte dans cette évaluation ;
2. Les caractéristiques alimentaires des différents groupes et en particulier du groupe générique des chasseurs-pêcheurs (par exemple, les taux d'absorption et les lieux où se trouvent le gibier et le poisson) ;
3. L'utilisation du modèle IMPACT pour déterminer la dispersion atmosphérique et liquide des radioéléments, leur partition entre les compartiments environnementaux, les concentrations qui ne sont pas mesurées et finalement les coefficients de dose qui permettent d'établir les doses à partir des concentrations estimées ou mesurées ;
4. L'utilisation d'un seul radionucléide pour représenter les émetteurs bêta/gamma, comme le Co-60 pour les aérosols atmosphériques et le Cs-137 dans les rejets liquides.

Ces incertitudes sont discutées ci-dessous. L'évaluation des expositions et des incertitudes alimente les recommandations de révision du *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* [7] (PSRE) en identifiant les radioéléments et voies d'exposition qui contribuent le plus à la dose (voir section 4.4.2).

4.2.7.1 *Données de consommation et fraction locale des aliments*

4.2.7.1.1 Données de consommation

Les données de consommation canadiennes couvrant le 95^e centile de la population en général citées à la norme CSA N288.1-F14 [2] ont été utilisées comme base pour tous les récepteurs (résidents des municipalités, de la ferme et les travailleurs) à l'exception du groupe des chasseurs-pêcheurs.

Pour le groupe des chasseurs-pêcheurs, les données de consommation de gibier sont tirées de l'enquête sur les habitudes alimentaires des Premières Nations du Canada (amérindiens et inuits) [20]. Ces données sont prudentes, car le taux de consommation est déterminé au 95^e centile des individus consommant le gibier, excluant les participants au sondage n'en consommant pas. Le tableau 6.5 de l'enquête [20] montre que la moyenne de consommation de gibier de tous les participants à l'enquête est environ 3-4 fois inférieure à celle des consommateurs de gibier.

Pour ce même groupe des chasseurs-pêcheurs, les données de consommation de poisson proviennent d'une enquête sur les pêcheurs sportifs de la région de Montréal, rapporté à la référence [5]. Le taux de consommation de poisson par ce groupe particulier équivaut à 175 % du taux de la population en général, ce qui est cohérent avec la note f du tableau G.9c de la norme CSA N288.1-F14 [2] qui indique que « les pêcheurs à la ligne peuvent consommer davantage de poissons » (que la population en général). Sur la base de cette enquête, les pêcheurs sportifs représentent une fraction très faible (0,4 %) de la population générale. Considérant de plus que seulement un tiers d'entre eux sont de grands consommateurs, ces derniers représentent moins de 0,13 % de la population en général.

4.2.7.1.2 Fraction locale des aliments

Les résidents du même groupe sont modélisés comme ayant des fractions de consommation en aliments d'origine locale commune. Cela crée une certaine incertitude dans l'analyse, car les récepteurs individuels ne sont pas modélisés exactement comme ils le sont dans la réalité.

Pour la population autour des installations de Gentilly-2, les fractions de consommation en aliments d'origine locale ont été établies à partir de sources régionales [21] [22] [23].

Toutefois, tous les facteurs d'exposition sont jugés prudents, car les fractions de consommation en aliments d'origine locale sont appliquées aux taux de consommation prudents de la norme CSA N288.1-F14 qui couvrent le 95^e centile de la population.

4.2.7.2 *Rejets*

Il y a deux types de sources de rejets :

- Sources ponctuelles ;
- Sources fugitives.

Les sources ponctuelles sont généralement mesurables, car elles proviennent de système de collecte de l'installation. Les sources fugitives sont les sources diffuses provenant des installations de stockage de déchets qui ne se prêtent pas à la mesure directe. Il peut donc y avoir une incertitude quant aux rejets totaux lorsqu'une partie est directement mesurable et l'autre non.

Aux installations de Gentilly-2, les rejets atmosphériques proviennent de ces deux types de sources :

- La seule source ponctuelle principale à Gentilly-2 est la cheminée du système de ventilation du bâtiment réacteur qui sert aussi à certaines salles du bâtiment des services. D'autres rejets proviennent du système de ventilation du CRMC, du BS ou de d'autres salles non liées aux systèmes de ventilation principaux. La teneur des rejets en tritium, carbone 14 et activité bêta totale est mesurée en continu au principal point de rejet alors que la quantification de tritium et de carbone 14 l'est pour les autres points de rejets.
- Les sources fugitives sont les émanations provenant des fosses de l'ASDR, des enceintes de déchets de faible et moyenne activité (EDFMA) de l'IGDRS ou de l'évaporation de tritium dans l'eau à la surface du fleuve. Les autres structures de l'IGDRS et de l'ASSCI sont étanches (un système d'échantillonnage permet de le vérifier).

Ces dernières ont été estimées négligeables en comparaison des rejets à la cheminée (voir section 2.2.10, **chapitre 2**). Cependant, avec le transfert hors du site de l'eau lourde du caloporteur en 2014 et de celle du modérateur en 2020, les rejets à la cheminée sont appelés à diminuer et il sera justifié de reconfigurer le système de ventilation. Certaines mesures dans l'environnement devraient être maintenues afin de quantifier l'effet des sources fugitives.

Une étude des sources de rejets fugitives de tritium au canal de rejet, à l'ASDR et à l'IGDRS, a été effectuée en 2003 [27]. Cette étude illustre que l'apport des autres sources de vapeur d'eau tritier aux activités atmosphériques en tritium se révèle faible en regard de l'importance des émissions à la cheminée. En l'absence d'émissions de la cheminée, l'impact des sources de surface connues devrait se traduire par des concentrations volumiques ne dépassant pas dix fois l'activité de fond naturelle, dans un rayon de 20 m des sources, et s'approchant de l'activité de

fond naturelle aux limites terrestres du site. La Figure 4-8 et la Figure 4-9 montrent les résultats de cette modélisation.

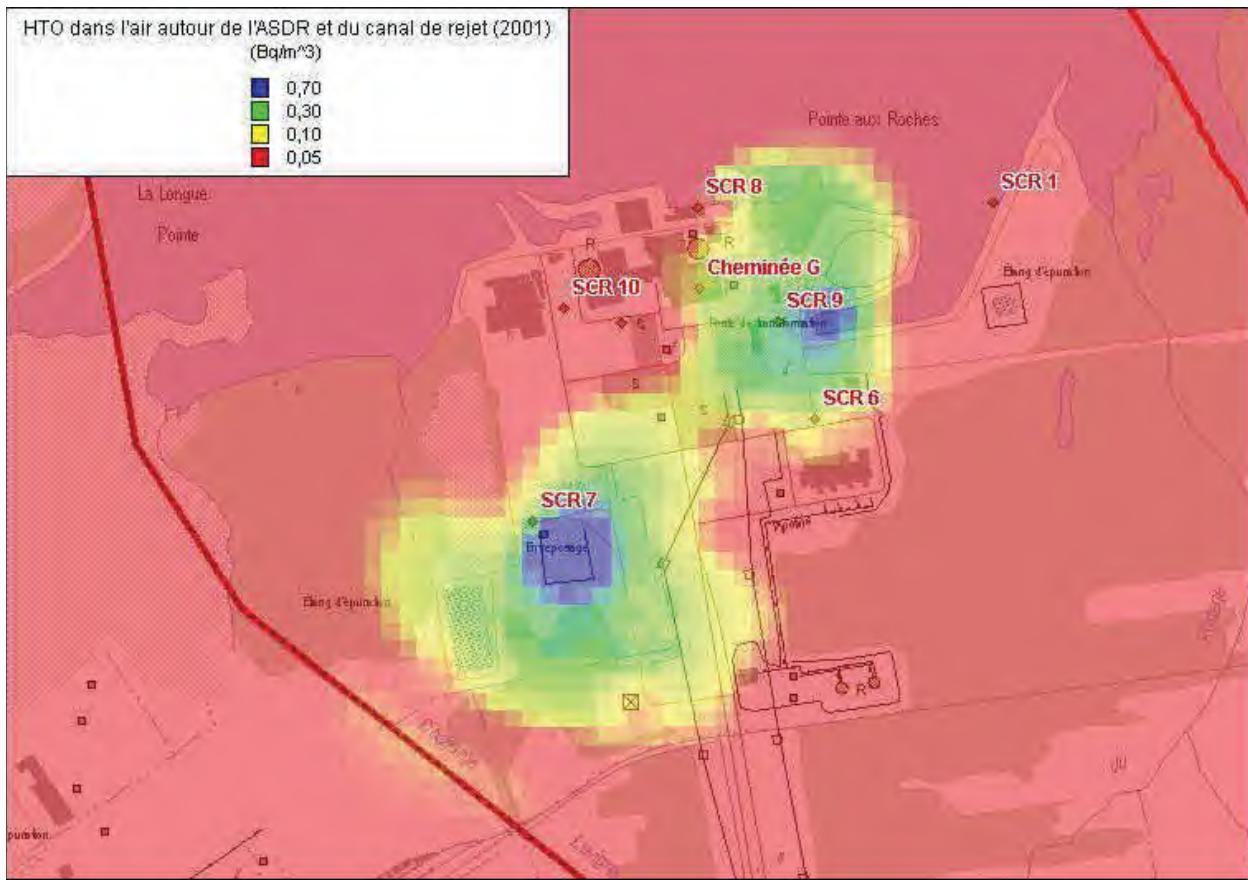


Figure 4-8 : Dispersion modélisée du tritium atmosphérique spécifique aux sources fugitives à l'ASDR et au canal de rejet

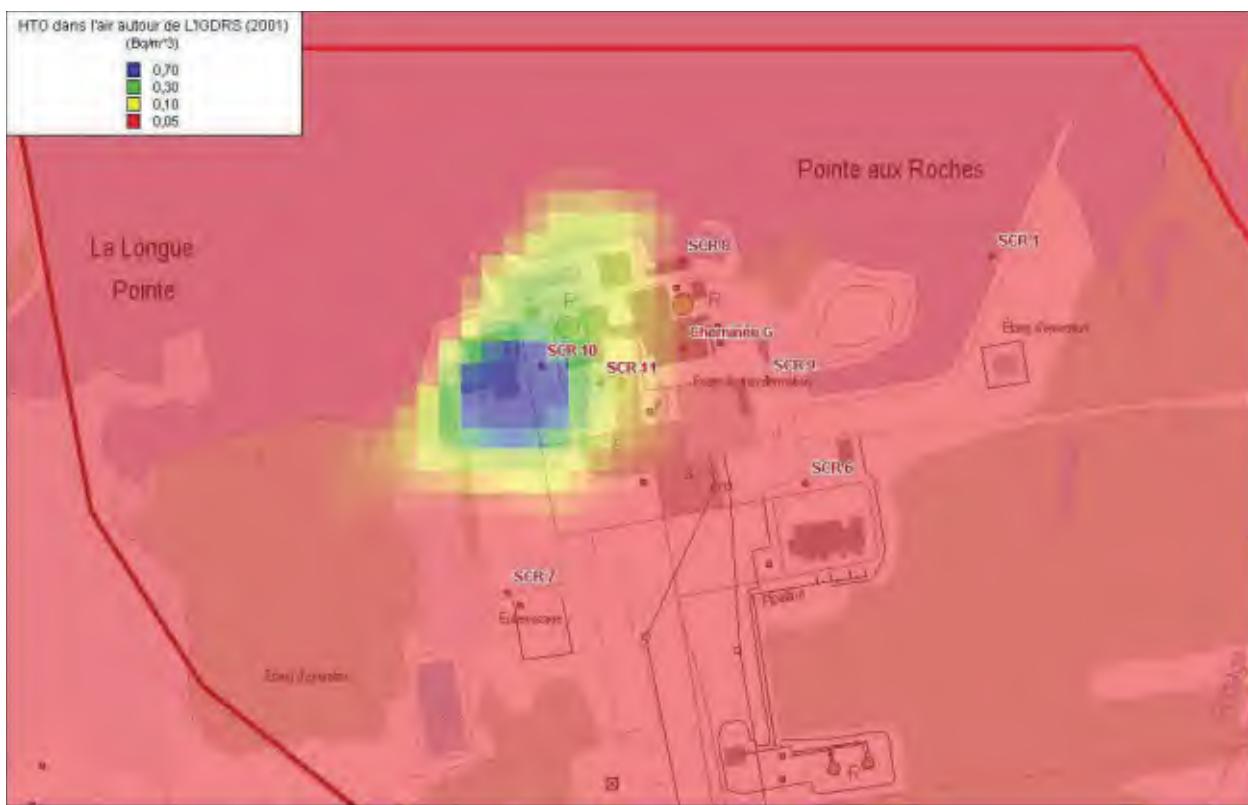


Figure 4-9 : Dispersion modélisée du tritium atmosphérique spécifique aux sources fugitives à l'IGDRS.

Similairement, les rejets liquides provenant de ces deux types de sources sont :

- La seule source ponctuelle à Gentilly-2 est la conduite de rejets liquides radioactifs qui se déverse dans le chenal sud du fleuve depuis novembre 2018. La teneur des rejets en tritium, carbone 14 et activité bêta totale y est mesurée à la source. Auparavant, les effluents liquides radioactifs étaient rejetés via le canal de rejet.
- Les eaux de surface et souterraines peuvent aussi être source de rejets liquides fugitifs. La contamination de l'eau dans le sol provient de trois sources [30] :
 - Les précipitations qui ramènent au sol les rejets en tritium de la cheminée. L'activité des dépôts de tritium due aux précipitations est déjà mesurée à la source ponctuelle. Ce n'est pas une source fugitive proprement dite.
 - La contamination historique du sol sous la couche de terre végétale au sud de l'ASDR, enrichie de tritium dont la provenance a été attribuée à une contamination du sol en place avant 1980. Cette nappe est stagnante et la concentration en tritium au centre de la zone a décrue d'un maximum de 30 000 Bq/L en 1998-2003 à moins de la moitié de la limite de concentration de tritium dans l'eau potable (7 000 Bq/L) en 2020. Une modélisation montre que la nappe s'étend sur moins de 100 m sur une période de 20 ans et la concentration

ne serait que de 1 Bq/L en périphérie de l'ASDR (voir Figure 4-10) pour une concentration dans la zone centrale de 200 000 Bq/L, soit un ordre de grandeur supérieur aux valeurs maximales mesurées.

- La contamination entourant l'ASDR. La condensation de la vapeur tritiée émanant des fosses de l'ASDR et son accumulation dans les eaux et la neige s'infiltra dans le sol bordant l'ASDR, crée des poches de tritium dont la concentration est estimée à 3 000 Bq/L ou moins. Une modélisation de ces poches montre une faible dispersion comme pour la zone de contamination historique de l'ASDR.
- La contamination sous l'IGDRS. Pour évaluer l'impact d'une contamination continue sous l'IGDRS, les mêmes conditions qu'à l'ASDR ont été modélisées, mais sur une période de 100 ans. Pour le tritium, le facteur de dilution maximal de $3,98 \times 10^{-2}$ est atteint après 10 ans (Tableau 3 de la référence [30]). Considérant que la concentration annuelle moyenne en tritium dans les eaux souterraines de l'ASSCI et de l'IGDRS est inférieure à 800 Bq/L sur la période 2015-2019 et en constante décroissance depuis 2015 (figure 8-37 de la référence [12]), la concentration en tritium de l'eau qui pourrait atteindre le fleuve serait inférieure à 32 Bq/L, soit moins de 0,5 % de la limite de l'eau potable (7 000 Bq/L).

Les modélisations de contamination de tritium réalisées en 2003 [30] conduisent à des teneurs dans les eaux souterraines qui se stabilisent ou atteignent leur maximum à l'intérieur d'une dizaine d'années. Les calculs de modélisation indiquent que la dispersion du tritium est restreinte, plus de 90 % se désintégrant avant d'avoir parcouru 100 m. La Figure 4-10 et la Figure 4-11 illustrent certains résultats de cette modélisation.



Figure 4-10 : Modélisation de l'impact d'une contamination sous l'ASDR (eaux du niveau B) sur une période de 20 ans



Figure 4-11 : Modélisation de l'impact d'une contamination sous l'IGDRS (eaux du niveau B) sur une période de 100 ans

En situation normale, il est donc anticipé qu'il n'y aura aucun effluent liquide significatif provenant des installations de stockage de déchets (section 3.3.6.2 [28]). Comme pour les rejets atmosphériques, certaines mesures dans l'environnement devraient être maintenues afin de quantifier l'effet des sources fugitives. Un réseau de puits permet de mesurer et suivre la teneur en isotopes radioactifs dans les eaux souterraines.

4.2.7.3 *Modèle IMPACT*

4.2.7.3.1 Dispersion atmosphérique

La dispersion des rejets atmosphériques est calculée à l'aide d'un modèle de dispersion gaussien basé sur la fréquence d'occurrence des conditions météorologiques exprimée sous la forme d'une matrice des fréquences par classe stabilité atmosphérique, classe de vitesse et direction du vent. Le modèle gaussien est un modèle éprouvé. Comme montré au Tableau 4-10, les concentrations atmosphériques en HTO calculées par IMPACT sont plus grandes d'un facteur deux à six par rapport à celles mesurées. Le modèle de dispersion atmosphérique est donc conservateur.

Tableau 4-10 : Comparaison des concentrations tritium mesurées à celles calculées par IMPACT pour l'année 2020 autour des installations de Gentilly-2

Groupe	Concentration HTO atmosphérique mesurée (Bq/m ³)	Concentration HTO atmosphérique calculée IMPACT (Bq/m ³)
Ferme Nord	8,9E-02	2,1E-01
Ferme Sud-Est 1	1,2E-01	2,3E-01
Ferme Sud-Est 2	1,2E-01	2,6E-01
Ferme Sud	2,1E-01	1,3E+00
Secteur Bécancour	5,2E-02	2,5E-01
Secteur Gentilly	8,9E-02	1,6E-01
Travailleurs Laprade	1,7E-01	4,9E-01

Note : Tiré du tableau 13 de la référence [19].

4.2.7.3.2 Dispersion liquide

Le modèle de dispersion liquide en rivière d'IMPACT est appliqué de façon conservatrice en supposant que le rejet est en bordure du fleuve et que les poissons dans la baie Lemarier sont toujours au centre du panache. Comme les teneurs en tritium, carbone 14 et activité bêta totale mesurées dans l'eau de la baie Lemarier sont presque systématiquement sous le seuil de détection, il n'est pas possible de faire une comparaison fiable entre les valeurs calculées et mesurées.

4.2.7.3.3 Coefficients de partage

IMPACT utilise des coefficients de partage pour calculer la concentration d'un contaminant dans un milieu ou un récepteur à partir de la concentration dans un milieu avoisinant. Ces coefficients sont établis sur la base d'une large revue de littérature scientifique [2] [24].

Une différence importante a cependant été identifiée pour certains radioéléments dans la chair de poissons de la baie Lemarier [18] :

- La concentration estimée par IMPACT en H-3 dans les poissons de la baie Lemarier concorde avec la moyenne des mesures. En revanche, les concentrations estimées par IMPACT en C-14 et Cs-137 dans les poissons de la baie Lemarier sont significativement inférieures à celles mesurées. Les différences sont d'environ deux ordres de grandeur dans le cas du Cs-137, et de trois ordres de grandeur dans le cas du C-14.
- Les doses obtenues en considérant les concentrations mesurées dans les poissons de la baie Lemarier sont plus élevées que celles calculées sur la base de la dispersion aquatique des rejets seuls. L'écart est principalement attribuable aux différences entre la concentration estimée et mesurée de C-14 dans les poissons. Cet écart est attribuable en partie au fait que les modèles d'IMPACT sont des modèles en état stationnaire. En l'occurrence, le modèle suppose un équilibre entre le C-14 dans les poissons et dans l'eau de leur environnement. La concentration en C-14 dans la chair du poisson est

calculée selon le modèle de l'activité spécifique, en partant de l'hypothèse que le rapport entre le C-14 et le carbone stable dans les organismes aquatiques est égal au rapport qui existe dans le carbone inorganique dissous dans l'eau environnante. Le facteur de bioaccumulation (FBA) est défini comme le ratio à l'équilibre de la concentration de carbone (C-14 ou stable) dans la chair du poisson et de la concentration de carbone (C-14 ou stable) inorganique dissous dans l'eau de son environnement (section 7.7.5 de la norme CSA N288.1-F14 [2]). La valeur de FBA retenue pour le carbone dans IMPACT est 5 720 L/kg(mf) (Tableau 23 de la norme CSA N288.1-F14) basée sur des mesures de carbone stable dans l'eau et la chair de poissons capturés près du littoral des Grands Lacs inférieurs, dans le fleuve Saint-Laurent et d'estimés de masse de carbone dans les poissons.

- Le modèle d'IMPACT pour le calcul de la concentration des radionucléides dans la chair de poisson ne tient donc pas compte de la bioaccumulation des contaminants lors des années précédentes, lorsque la concentration dans l'eau était plus élevée.
- Tel qu'illustré à la Figure 4-12, la concentration moyenne de C-14 mesurée dans les poissons en 2019 a diminué de plus de 75 % comparé aux mesures de 2018. Le rejet annuel liquide de C-14 a été à peu près égal en 2018 et 2019, mais environ 1 000 fois inférieur à 2017, année durant laquelle la vidange des réservoirs de résines usées a été effectuée. La diminution de la concentration moyenne observée du C-14 dans les poissons au cours des dernières années est cohérente avec le principe de demi-vie biologique du C-14 dans les poissons. La demi-vie biologique est estimée à quelques mois [31]. Les références [31] et [32] reconnaissent l'existence d'incertitudes et de variations élevées dans les concentrations observées de C-14 dans les poissons et le besoin de mieux comprendre les processus qui gouvernent la concentration de C-14 dans les poissons. Dans l'expérience BIOMOVSII [32] effectuée dans des lacs, on a observé que la concentration maximale dans les poissons est survenue l'année suivant l'ajout de C-14 et que la demi-vie biologique serait plus grande que celle estimée à la référence [31]. De plus, les modèles sous-estimaient la concentration de C-14 dans les poissons par environ un ordre de grandeur. La référence [33] reconnaît que peu de données sont disponibles sur le comportement du C-14 dans les poissons de rivière et qu'on peut questionner l'applicabilité de données prises dans des lacs ou la mer à des conditions d'écoulement en rivière.

Pour ces raisons, l'utilisation des concentrations mesurées dans la chair de poisson est prudente pour l'estimation des doses. En conséquence, les modalités du Plan de surveillance radiologique de l'environnement à la baie Lemarier devraient être maintenues dans les prochaines années afin de suivre l'évolution de la concentration de C-14 dans les poissons et d'incorporer les mesures dans les futures évaluations de dose.

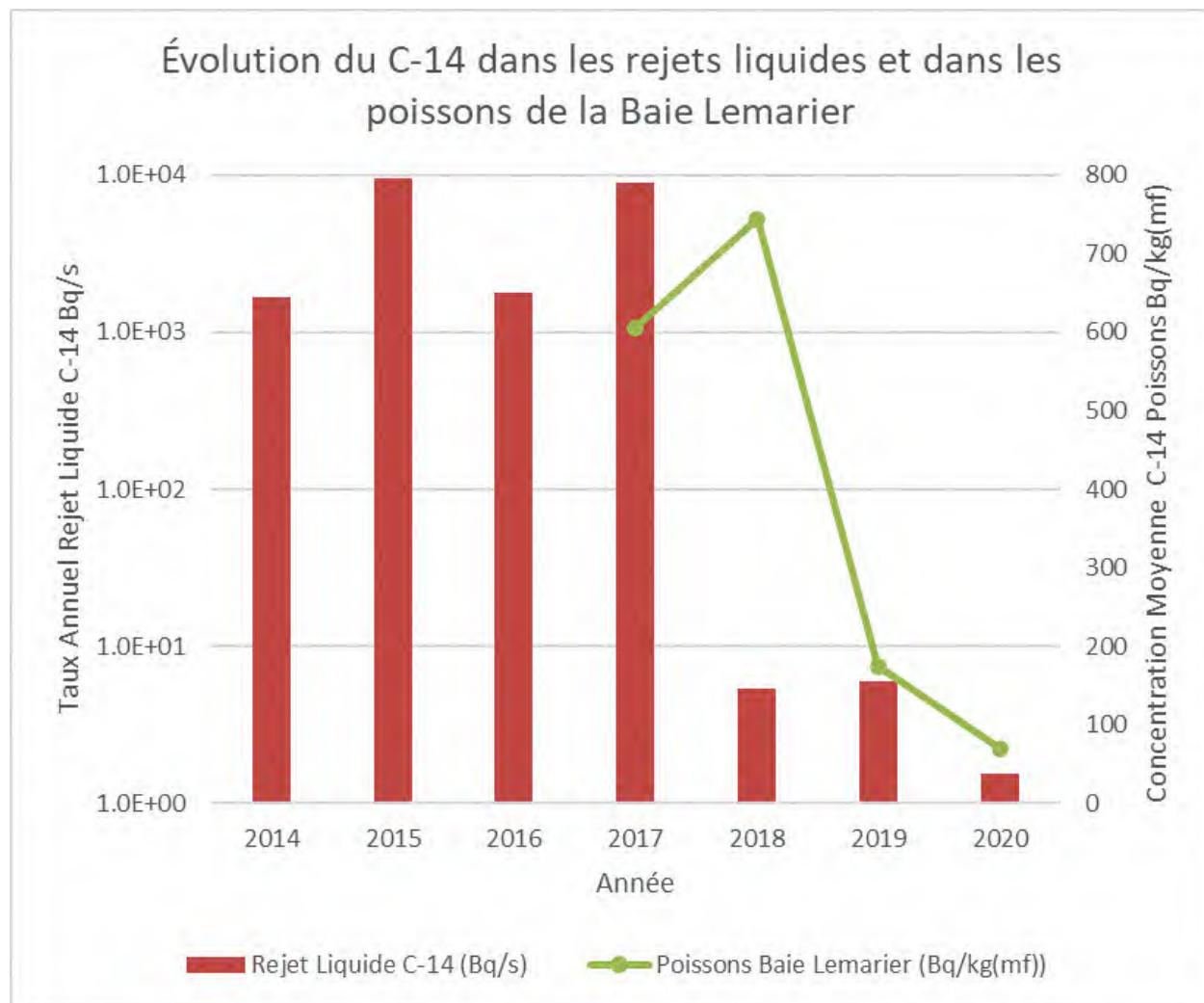


Figure 4-12 : Évolution du C-14 dans les rejets liquides et dans les poissons de la baie Lemarier

4.2.7.3.4 Coefficients de dose

Les coefficients de dose sont des coefficients reliant les concentrations d'activité radioactive aux doses. Les coefficients de dose sont définis pour trois voies d'exposition :

- L'exposition externe due à l'immersion aux contaminants radioactifs dans l'air ;
- L'exposition externe due aux dépôts au sol des radionucléides ;
- L'exposition interne due à l'inhalation ou l'ingestion des radionucléides.

Les coefficients de dose externe tiennent compte du type de rayonnement émis par chaque radionucléide, des tissus affectés, et de la géométrie entre la source et le récepteur. Les coefficients de dose externe sont tirés des travaux de Eckerman et Leggett, [34] sauf pour quelques exceptions identifiées à l'Annexe C de la norme CSA N288.1-F14 [2].

Les coefficients de dose interne tiennent compte aussi de l'absorption, du transfert entre organes et de l'excrétion des radionucléides par le corps humain. Les coefficients de dose pour l'inhalation et l'ingestion sont basés sur les dernières données de la Publication 72 de la CIPR [35], sauf pour quelques exceptions identifiées à l'Annexe C de la norme CSA N288.1-F14 [2].

Les coefficients de dose externe de la norme CSA N288.1-F14 et du logiciel IMPACT ne représentent pas les derniers développements. Le rapport *Federal Guidance Report # 15* (FGR15) [36] de la *U.S. Environmental Protection Agency* publié en 2019 fournit de nouvelles valeurs de coefficient de dose externe. Ces valeurs tiennent compte de :

- Des plus récentes valeurs de facteur de pondération des tissus humains de la Publication 103 de la CIPR [37] pour établir la dose efficace ; en particulier, la peau est maintenant considérée pour établir la dose efficace ;
- Du plus grand nombre de radioéléments et des plus récentes données nucléaires de la Publication 107 de la CIPR [38] ;
- De modèles mathématiques de fantômes hermaphrodites améliorés et spécifiques pour différents groupes d'âge.

Le Tableau 4-11 compare les coefficients de dose efficace à l'adulte pour l'exposition due à l'immersion aux contaminants radioactifs dans l'air et aux dépôts au sol.

La Publication 119 de la CIPR [39] sur les coefficients de dose interne n'incorpore pas les données des publications 103 et 107.

Tableau 4-11 : Comparaison des coefficients de dose efficace externe pour l'adulte

Radioélément	Exposition due à l'immersion dans l'air (Sv·m³/Bq·s)			Exposition au sol (Sv·m²/Bq·s)		
	N288.1⁽¹⁾	FGR15	Ratio FGR15/ N288.1	N288.1⁽¹⁾	FGR15	Ratio FGR15/ N288.1
H-3	0	3,80E-20	-	0	6,65E-22	-
C-14	2,6E-18	3,86E-17	14,85	1,27E-20	6,12E-19	48,19
Co-60	1,19E-13	1,18E-13	0,99	2,3E-15	1,54E-15	0,67
Cs-137	9,28E-17	3,89E-16	4,19	2,99E-18	7,85E-18	2,63

Note : Les valeurs aux tableaux C.3 et C.4 de N288.1 sont en (Sv·m³/Bq·a) et (Sv·m²/Bq·a) respectivement.

- = valeur non applicable.

Malgré les différences importantes, l'impact sur l'évaluation des risques est négligeable étant donné que l'exposition externe représente moins de 0,2 % de la dose efficace, comme montré au Tableau 4-12.

4.2.7.4 Utilisation d'un seul radionucléide pour représenter les émetteurs bêta/gamma

L'activité bêta totale est mesurée dans les aérosols atmosphériques et dans les rejets liquides.

À défaut d'identifier le ou les radionucléides générant cette activité, le Co-60 est utilisé comme radionucléide représentatif des rejets atmosphériques émetteurs bêta/gamma sous forme d'aérosols et le Cs-137 est utilisé comme représentatif des émetteurs bêta/gamma présents dans les rejets liquides.

Le bêta total correspond au Co-60, qui est le plus restrictif parmi les radionucléides qui sont régulièrement présents dans les effluents gazeux et qui représentaient au moins 1 % de l'activité totale rejetée à long terme. Ce critère correspond aux recommandations présentées à l'annexe D de la norme CSA N288.1-F14.

La sélection du Cs-137 est basée sur l'historique des défaillances du combustible dans les réacteurs opérationnels sur le site et sa présence confirmée dans les échantillons environnementaux. Le bêta total correspond au Cs-137, qui est le plus restrictif parmi les radionucléides qui sont régulièrement présents dans les effluents liquides et qui représentaient au moins 1 % de l'activité totale rejetée à long terme.

Ces critères correspondent aux recommandations présentées à l'annexe D de la norme CSA N288.1-F14 [2]. Le Ba-137, produit de filiation du Cs-137 est inclus dans le calcul pour le bêta total.

4.3 Évaluation des toxicités

4.3.1 Limites de dose de rayonnement et cibles

Pour l'évaluation de la toxicité radiologique, la limite de dose efficace pour un membre du public (1 mSv/a) [40] a été utilisée comme limite en dessous de laquelle l'exposition est considérée comme n'ayant pas d'effets significatifs sur la santé humaine.

4.3.2 Incertitudes sur l'évaluation des toxicités

Bien qu'il existe une variabilité au niveau des individus concernant leur sensibilité à l'exposition aux rayonnements, la dose annuelle de 1 mSv comme seuil pour des effets significatifs sur la santé est une limite de dose réglementaire bien établie et prudente et, par conséquent, incorpore déjà une marge de prudence pour couvrir les incertitudes dans l'évaluation de la toxicité. La limite est en fait prudente compte tenu que :

- La dose annuelle moyenne à laquelle les Canadiens sont exposés à cause du rayonnement naturel de fond est environ 1,8 fois supérieure (1,8 mSv/a) [41] ;

- La limite annuelle de dose des travailleurs du secteur nucléaire est 50 fois supérieure (50 mSv/a) [40].

4.4 Caractérisation des risques

4.4.1 Discussion sur les effets des rayonnements

Il est reconnu que l'effet des rayonnements (doses) sur la santé humaine est potentiellement d'induire des cancers. Aux faibles niveaux de dose attribuables aux installations de Gentilly-2, on parle d'effets stochastiques, c.-à-d. que la relation entre l'exposition et l'effet sur la santé est de possiblement augmenter la probabilité de développer un cancer au cours de sa vie.

La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) estime que le coefficient de risque de décès des suites d'un cancer à la suite d'une exposition radiologique est d'environ 5 % pour une dose de 1 Sv (article 87, [37]). Notons que l'exposition aux radiations n'est qu'une parmi plusieurs autres sources de développement de cancer (p. ex. environnement, produits chimiques, tabagisme, habitudes alimentaires, etc.).

Certaines recherches suggèrent qu'à de faibles niveaux, le rayonnement pourrait avoir des effets positifs sur la santé (p.ex., hormèse [42]). Par prudence, les autorités réglementaires supposent cependant qu'il y a une relation linéaire entre la dose et la probabilité de mortalité d'un cancer au cours de sa vie. La limite réglementaire de dose annuelle pour le public (1 mSv) correspond donc à une augmentation de probabilité de mortalité d'un cancer de 0,005 %.

4.4.2 Estimation des risques pour l'ERE de référence

La section 4.2.6 présente les doses aux membres représentatifs adultes de la population autour des installations de Gentilly-2 pour les années 2015-2020. En 2020, les trois groupes ayant les doses les plus élevées sont, en ordre décroissant :

- L'adulte du groupe des chasseurs-pêcheurs (0,90 µSv ~ 0,1 % de la limite de dose) ;
- L'adulte des travailleurs de la centrale de Bécancour (0,34 µSv donc 0,034 % de la limite de dose) ;
- L'adulte des résidents de la ferme Est (0,24 µSv donc 0,024 % de la limite de dose).

En considérant que 100 % de la limite de dose annuelle (1 mSv/a) représente un accroissement de risque de décès du cancer de 0,005 % comme supposé prudemment par les autorités réglementaires (l'augmentation d'incidence de cancer n'est pas mesurable à de tels faibles niveaux), les doses induites aux membres du public autour des installations de Gentilly-2 représentent un risque additionnel de décès par cancer infinitésimal. Selon Statistiques Canada, entre 2015 et 2019, les tumeurs malignes dues à un cancer sont la cause de presque 40 % des décès annuels [43].

Les niveaux de dose actuels sont sous le seuil *de minimis* de ~ 10 µSv/a [44] [45] sous lequel les rejets peuvent être libérés ou exemptés du contrôle réglementaire sur la base que l'exposition et l'exposition potentielle dues à la source ou à la pratique sont trop faibles pour justifier l'application de ces aspects ou qu'il s'agit de l'option optimale pour la protection, indépendamment du niveau réel des doses ou des risques [46].

Le Tableau 4-12 présente la ventilation de la dose efficace à l'individu représentatif adulte de ces trois groupes pour les différentes voies d'exposition et radionucléides.

Pour l'adulte du groupe des chasseurs-pêcheurs, les trois principaux contributeurs à la dose efficace (0,9 µSv/a) sont :

- L'ingestion de C-14 par la consommation de poissons (81,5 %) ;
- L'ingestion d'activité bêta totale dans le poisson consommé (9,9 %) ;
- L'inhalation du tritium dans l'air (6,4 %).

Pour les travailleurs adultes de la centrale de Bécancour, les trois principaux contributeurs à la dose efficace (0,34 µSv/a) sont :

- L'inhalation du tritium dans l'air (96,0 %) ;
- L'ingestion de tritium par la consommation des plantes terrestres (3,1 %) ;
- L'ingestion de C-14 par la consommation de poissons (0,4 %).

Pour l'adulte de la ferme Est, les trois principaux contributeurs à la dose efficace (0,24 µSv/a) sont :

- L'ingestion de C-14 par la consommation de poissons (30,2 %) ;
- L'inhalation du tritium dans l'air (26,8 %) ;
- L'ingestion de tritium par la consommation des plantes terrestres (20,0 %) ;

Tableau 4-12 : Ventilation de la dose efficace à l'individu représentatif adulte des trois groupes ayant les doses les plus élevées en 2020

Individu	Voie d'exposition	H-3	C-14	Bêta- total	Dose efficace
		%	%	%	%
Adulte chasseur-pêcheur (0,9 µSv/a)	Immersion air	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inhalation	6,4	0,0	0,0	6,4
	Dépôts sol	0,0	0,0	0,0	0,0
	Animaux terrestres	0,7	0,0	0,0	0,7
	Plantes terrestres	1,2	0,0	0,0	1,2
	Animaux aquatiques	0,3	81,5	9,9	91,7
	Total	8,5	81,6	9,9	100,0
Travailleurs adultes de la centrale de Bécancour (0,34 µSv/a)	Immersion air	0,0	0,0	0,0	0,0
	Inhalation	96,0	0,1	0,0	96,1
	Dépôts sol	0,0	0,0	0,1	0,1
	Animaux terrestres	0,1	0,0	0,0	0,1
	Plantes terrestres	3,1	0,0	0,0	3,1
	Animaux aquatiques	0,0	0,4	0,1	0,5
	Total	99,2	0,6	0,2	100,0
Adulte de la ferme Est (0,24 µSv/a)	Immersion air	0,1	0,0	0,0	0,1
	Inhalation	26,8	0,0	0,0	26,9
	Dépôts sol	0,0	0,0	0,0	0,0
	Animaux terrestres	18,1	0,8	0,0	18,9
	Plantes terrestres	20,0	0,2	0,0	20,2
	Animaux aquatiques	0,1	30,2	3,7	34,0
	Total	65,1	31,1	3,7	100,0

Pour évaluer l'impact global sur la santé humaine et éventuellement ajuster le plan de surveillance radiologique de l'environnement en fonction des risques, il convient de considérer les risques de tous les groupes de récepteurs et d'âge et de les ventiler par voie d'exposition et source de rejet en séparant les composantes associées aux rejets atmosphériques de celles résultant des rejets liquides. À cette fin, le ratio entre la dose et la limite de dose est utilisé comme mesure de risque.

Le Tableau 4-13 présente la ventilation des risques, chacune des cellules représentant le maximum de tous les groupes de récepteurs et d'âge (un « récepteur composite ») pour 2020.

Tableau 4-13 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2020

Voie d'exposition	Rejets atmosphériques			Rejets liquides			Total
	H-3	C-14	Bêta total	H-3	C-14	Bêta totale	
Immersion	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Inhalation/Ingestion	0,032 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,000 %	0,000 %	0,034 %
Dépôt sol	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Animaux terrestres	0,012 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,012 %
Plantes terrestres	0,005 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,005 %
Animaux aquatiques	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,073 %	0,009 %	0,082 %
Total	0,049 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,073 %	0,009 %	0,134 %

Notes : gradation des couleurs en fonction des valeurs de risque du vert pour les plus petites valeurs, jaune pour les valeurs médianes et rouge pour les valeurs les plus élevées. 0,000 % signifie que la valeur est inférieure à 0,000 5 %.

Le Tableau 4-13 montre que les risques principaux pour la santé humaine sont :

- Pour les rejets atmosphériques, le tritium est un plus grand facteur de risque que le C-14 ou les aérosols (activité bêta totale). Les voies d'exposition en ordre d'importance sont l'inhalation, les animaux terrestres et les plantes terrestres (fruits et légumes).
- Pour les rejets liquides, la concentration résiduelle de C-14 accumulée dans la chair de poissons en raison des rejets antérieurs est un plus grand facteur de risque que les particules (activité bêta totale) ou le tritium. Les voies d'exposition en ordre d'importance sont la consommation de poisson (C-14 et activité bêta totale) suivi de l'ingestion d'eau.

Globalement, le premier contributeur en importance est le C-14 dans la chair de poissons à la baie Lemarier. Le second contributeur en importance est l'inhalation de tritium atmosphérique. Afin de mieux cerner les groupes impactés, le Tableau 4-14 présente la distribution estimée de la dose aux adultes des groupes récepteurs attribuable au tritium atmosphérique en 2020 pour les trois voies d'exposition principales.

Les résultats suggèrent :

- Le maintien des mesures de tritium atmosphérique ou les concentrations sont les plus élevées, soit pour les travailleurs de la centrale de Bécancour (plusieurs SCR), ainsi qu'à la ferme Sud (Sud-1) ;
- Ajouter des mesures de tritium aux stations de Bécancour Ouest (SCR-5) et de Bécancour Sud-ouest (SCR-4) ;

- Appliquer mesures Ouest-1 (Secteur Bécancour) au groupe chasseurs-pêcheurs qu'on suppose résider à proximité du secteur Bécancour afin que l'estimation de ce groupe soit plus réaliste.
- Modifier le modèle de calcul IMPACT en rapprochant la Ferme Nord de la municipalité de Champlain et appliquer les mesures de la station Nord-1 (Ferme Nord) aux résidents de Champlain qui est à proximité afin que l'estimation de ce groupe soit plus réaliste. La dose due au tritium atmosphérique de ce groupe devrait se rapprocher de celui des résidents de la ferme Nord puisque la ferme Nord et la station Nord-1 sont beaucoup plus près de Champlain (Figure 2-29) que dans le modèle actuel (Figure 4-1). Le modèle devrait être révisé dans le futur. En rapprochant la Ferme Nord de la municipalité de Champlain, cela renforcera encore plus le conservatisme de la concentration calculée à la Ferme Nord (Tableau 4-10).

Tableau 4-14 : Estimation des doses due au tritium atmosphérique en 2020

Récepteur (station de mesure)	Dose (μSv)		
	Inhalation HTO air	HTO+OBT Animaux terrestres	HTO+OBT Plantes terrestres
Batiscan	0,04	0,01	0,00
Champlain (près de Nord-1)	0,15	0,01	0,00
Chasseurs-pêcheurs (près de secteur Bécancour)	0,06	0,01	0,01
Ferme Est (près de Est-2)	0,05	0,05	0,04
Ferme Nord	0,02	0,02	0,06
Ferme-Sud-est-1 (près de Est-3)	0,03	0,03	0,03
Ferme-Sud-est-2 (près de Est-3)	0,03	0,03	0,01
Ferme-Sud (Sud-1)	0,05	0,05	0,01
Sainte-Marthe-du-Cap	0,02	0,01	0,00
Saint-Pierre-Les-Becquets	0,02	0,01	0,00
Secteur Bécancour (Ouest-1)	0,01	0,01	0,00
Secteur Gentilly (Est-2)	0,02	0,01	0,00
Travailleurs Bécancour Ouest (SCR-5)	0,10	0,01	0,00
Travailleurs Bécancour Sud-ouest (SCR-4)	0,06	0,01	0,00
Travailleurs Centrale Bécancour	0,32	0,01	0,00
Travailleurs Laprade (Est-1)	0,01	0,01	0,00

Note : Échelle graduée du vert pour les plus petites valeurs au rouge pour les plus élevées.

4.4.3 Estimation des risques pour l'ERE prédictive

L'observation des données de rejets historiques (voir Figure 4-2 et Figure 4-3) montre que l'activité du C-14 dans les rejets atmosphériques et liquides est en forte baisse depuis la fin du

transfert des résines usées à l'IGDRS en 2017 tandis que l'activité du tritium et des émetteurs bêta gamma a été relativement stable en raison de certaines activités comme :

- Transfert hors site de l'inventaire d'eau lourde (complété en 2020) ;
- Activités de décontamination de chiffons (prévu complété en 2021) ;
- Activités de séchage et décontamination de barils (prévu complété en 2022).

Cependant, des travaux restent à compléter avant l'atteinte de l'état de stockage sous surveillance. Ces activités peuvent aussi être source de rejets radioactifs, qui pourraient amener une hausse ponctuelle, principalement de tritium et d'émetteurs bêta gamma, avant une baisse permanente. Ces activités peuvent être regroupées sous trois sous-ensembles :

1. Déclencheur #1 – Fin des activités à risques significatifs de rejets de radioactivité aux effluents gazeux à la cheminée principale :

- a. Fin des activités de transfert ou de mise en barils d'eau lourde – complété [REDACTED]
[REDACTED] ;
[REDACTED]
- b. Fin des activités de décontamination de chiffons au local S2-011 - traitement de l'inventaire historique complété ;
- c. Fin des activités de séchage ou de gestion de barils contenant de l'eau lourde à l'atelier de décontamination ;
- d. Fin des activités de transfert d'une dizaine de filtres primaires encore présents en systèmes, en centrale. 210 filtres stockés à l'ASDR seront expédiés aux États-Unis pour traitement ou retransférés aux ESFU de l'IGDRS ;
- e. Drainage de certaines quantités d'eau lourde des points bas des systèmes ouverts à l'atmosphère du bâtiment réacteur.

2. Déclencheur #2 – Fin des activités à risques significatifs de rejets de radioactivité aux effluents liquides au fleuve Saint-Laurent :

- a. Fin de la vidange de l'eau des piscines/bouclier/caisson ;
- b. Fin des activités de décontamination de chiffons au local S2-011 – traitement de l'inventaire historique complété ;
- c. Fin des activités de gestion de barils contenant de l'eau lourde à l'atelier de décontamination.

3. Déclencheur #3 – Fin des activités de gestion de déchets visant une réduction de volumes à l'ASDR/IGDRS :

- a. Fin du retrait des déchets à l'ASDR et à l'IGDRS pour expédition hors site ;

- b. Fin du retour des résidus de traitement pour stockage à l'IGDRS ;
- c. Fin des activités de transfert de l'ASDR vers l'IGDRS des déchets qui ne peuvent être expédiés pour traitement hors site ;
- d. Fin du transfert à l'IGDRS des déchets de moyenne et faible activité (DMA/DFA) toujours présents dans les piscines auxiliaires.

Pour le risque des contaminants radioactifs sur la santé humaine, l'activité du C-14 dans la chair des poissons de la baie Lemarier, qui est présentement responsable pour environ 80 % de la dose efficace à l'adulte du groupe limitatif des chasseurs-pêcheurs (Tableau 4-12), devrait continuer à diminuer jusqu'à l'atteinte de l'équilibre avec l'environnement dans le cas d'une stabilisation du rejet de C-14 (ou un retour aux valeurs proches du bruit de fond dans le cas d'arrêt du rejet de C-14), comme illustré par la tendance montrée à la Figure 4-12. Dans l'intérieur, les mesures du C-14 dans la chair de poisson doivent se poursuivre (voir recommandation à la section 4.5.5).

Compte tenu de la cinétique observée d'élimination naturelle du C-14 dans la chair de poisson (Figure 4-12), il est probable que la dose au groupe présentement limitatif des chasseurs-pêcheurs diminue de 80 % dans les prochaines années d'environ 0,1 % à 0,02 % de la limite de dose efficace pour un membre du public (1 mSv/a). Le groupe limitatif serait alors celui des résidents de la ferme Est ou des travailleurs de la centrale de Bécancour et le principal radionucléide d'intérêt serait le tritium atmosphérique (voir Tableau 4-12).

Parmi les activités des différents déclencheurs, la vidange de la piscine de stockage, des boucliers et du caisson du réacteur en est une dont l'impact peut être estimé à partir d'analyses d'échantillons. Les résultats sont résumés au Tableau 4-15. Le rejet de tritium dû à la vidange des piscines, des boucliers et des caissons serait du même ordre de grandeur que le rejet de 2020. Le rejet de C-14 serait dix fois moindre que celui de 2020. Le rejet de C-14 ne devrait pas avoir d'incidences sur la cinétique de diminution du C-14 dans la chair de poissons. Les doses au groupe des chasseurs-pêcheurs continueront de diminuer. Le tritium dans la chair de poisson est un très faible contributeur à la dose de ce groupe.

Tableau 4-15 : Estimation du volume et de l'activité dans l'eau des piscines, des boucliers et du caisson du réacteur, et de leurs circuits auxiliaires

	Unité	H-3	C-14	Référence
Piscines de stockage de combustible irradié				
Volume	m ³	2047 ⁽¹⁾		
Concentration	µCi/L Bq/L	80,7 ⁽²⁾ 2,99 x 10 ⁶	-	Valeur en date du 2021-04-06.
Activité	Bq	6,11 x 10 ¹²	-	
Boucliers, caisson et circuits auxiliaires				
Volume	m ³	567 ⁽¹⁾		
Concentration	µCi/L Bq/L	521 1,93 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁻⁴ 5,9	Moyennes des analyses HQ 2020-276 à -281 et 2021-191, -214 et -042. Aucun radioélément détecté en spectrographie gamma.
Activité	Bq	1,10 x 10 ¹³	3,36 x 10 ⁶	
Activité totale	Bq	1,70 x 10 ¹³	3,36 x 10 ⁶	
Rejets liquides historiques				Voir Figure 2-30, chapitre 2 .
2016	Bq	3,83 x 10 ¹³	5,64 x 10 ¹⁰	
2017	Bq	2,17 x 10 ¹⁴	2,78 x 10 ¹¹	
2018	Bq	5,46 x 10 ¹³	1,71 x 10 ⁸	
2019	Bq	8,21 x 10 ¹³	1,90 x 10 ⁸	
2020	Bq	1,97 x 10 ¹³	4,92 x 10 ⁷	

Notes :

1. Courriel S. Chapdelaine à R. Moffett, 22 juillet 2021.
2. Courriel S. Chapdelaine à R. Moffett, 14 juin 2021.

4.4.4 Incertitudes sur la caractérisation des risques

Il est très probable que les méthodes prudentes utilisées pour traiter les incertitudes associées à l'évaluation de l'exposition entraînent une surestimation de la dose de rayonnement.

Les principales sources d'incertitude sont les valeurs de concentration qui sont déclarées comme étant inférieures à une limite de détection, et l'utilisation de données modélisées pour les radionucléides qui ne sont pas analysés dans les échantillons environnementaux.

4.5 Recommandations

Cette section présente les recommandations concernant les aspects du Plan de surveillance radiologique de l'environnement [7] ayant une incidence sur l'évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH). Bien que ces recommandations s'appliquent principalement aux récepteurs humains hors site, sauf pour les travailleurs de la centrale de Bécancour qui sont sur

site, ces recommandations doivent être coordonnées avec celles pour les risques écologiques (EREco) qui elles visent principalement des récepteurs non humains sur site.

Les recommandations sont basées sur :

- L'évaluation des risques ventilés par source de rejet, radionucléides et voies d'exposition pour l'ERE de référence (Tableau 4-13, section 4.4.2) ;
- L'évaluation des risques pour l'ERE prédictive (section 4.4.3) ;
- L'encadrement de la norme CSA N288.4 [47] pour la surveillance environnementale ;
- La grandeur des mesures dans l'environnement par rapport aux seuils de détection, ou leur pertinence lorsqu'il s'agit de radionucléides naturellement présents.

La norme CSA N288.4 fournit l'encadrement suivant :

- Article 7.5.3 - En général, la surveillance doit être effectuée près des extrémités des voies d'exposition (c'est-à-dire plus près du récepteur) pour donner des estimations d'exposition/dose avec moins d'incertitudes qui résultent d'inexactitudes dans les modèles et les coefficients de transfert. Cependant, si les concentrations/intensités sont faibles, les résultats des mesures elles-mêmes peuvent être soumis à de très grandes incertitudes. Dans ces cas, les mesures peuvent être effectuées plus près de la source.
- Article 7.5.4 - Il n'est peut-être pas pratique ou nécessaire de mesurer tous les contaminants dans tous les milieux. Cependant, la plupart des doses estimées de contaminants importants devraient être basées sur des mesures plutôt que sur des concentrations modélisées. Pour un milieu dont on estime qu'il contribue de manière significative à la dose de contaminant estimée pour un récepteur identifié, ce contaminant doit être pris en compte pour la mesure dans ce milieu.
- Article 7.5.5 - La sélection finale des milieux à échantillonner et des contaminants à mesurer dans chaque milieu doit tenir compte de la faisabilité pour :
 - (a) l'échantillonnage du milieu ;
 - (b) obtenir des résultats quantitatifs pouvant être distingués du bruit fond ;
 - (c) obtenir des mesures lorsque les concentrations estimées présentent une incertitude élevée.

4.5.1 Tritium atmosphérique

Le Tableau 4-16 et le Tableau 4-17 présentent les moyennes annuelles historiques des concentrations de H-3 atmosphérique mesurées hors site et sur site respectivement.

Tableau 4-16 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique hors site

Groupe récepteur	Moyenne annuelle concentration H-3 atmosphérique (Bq/m ³)							
	Ferme nord	Ferme Sud	Travailleurs Laprade	Secteur Gentilly	Ferme Sud-est 1 et 2	Secteur Bécancour	Station Réf.	
Année	Nord-1	Sud-1	Est-1	Est-2	Est-3	Ouest-1	Ouest-2	
2016	0,06	0,26	0,22	0,04	0,13	0,05	0,04	
2017	0,10	0,18	0,22	0,06	0,14	0,07	0,07	
2018	0,15	0,24	0,20	0,06	0,14	0,17	0,05	
2019	0,06	0,21	0,17	0,05	0,10	0,12	0,04	
2020	0,08	0,21	0,17	0,07	0,12	0,05	0,04	
Moyenne	0,09	0,22	0,20	0,05	0,12	0,09	0,05	
Net	0,04	0,17	0,15	0,01	0,08	0,05		-

Note : Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».

Tableau 4-17 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique sur site autre qu'à l'ASDR et l'GDRS

Groupe récepteur	Moyenne annuelle concentration H-3 atmosphérique (Bq/m ³)							
	Travailleurs de la centrale de Bécancour							
Année	SCR-6	SCR-7	SCR-8	SCR-10	SCR-11	SCR-12	POSTE-1	POSTE-2
2016	3,25	4,70	19,00	4,22	11,4	9,82	12,4	47,5
2017	2,81	4,30	18,64	4,76	11,4	8,69	19,4	8,8
2018	2,62	4,66	21,99	7,81	21,3	9,92	16,7	10,3
2019	2,36	4,49	14,86	4,89	10,4	10,1	8,90	7,73
2020	2,29	5,73	23,50	5,44	11,3	7,63	7,52	8,32
Moyenne	2,67	4,78	19,6	5,42	13,1	9,23	12,9	16,6
Net	2,62	4,73	19,55	5,38	13,10	9,18	12,82	16,51

Recommandations :

- La mesure de concentration de H-3 atmosphérique à la station de référence Ouest-2 pourrait être abandonnée **immédiatement**.
- Les mesures de concentration de H-3 atmosphérique hors site pourraient être abandonnées pour les stations Nord-1, Est-2, Est-3, Ouest-1 **après que le rejet de H-3 atmosphérique est confirmé en baisse significative (de sorte que la concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1** (c.-à-d., une baisse supplémentaire du rejet à la cheminée après

l'atteinte du déclencheur #1 ; après le déclencheur #1, il ne devrait plus y avoir d'activités qui causent une remontée du rejet), mais maintenues pour les stations Est-1 et Sud-1.

- Les mesures de concentration de H-3 atmosphérique sur le site pourraient être allégées **après que le rejet de H-3 atmosphérique est confirmé en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1.** Les stations SCR-7 et SCR-10 (valeurs historiquement plus faibles) et poste-1 (redondant avec poste-2) pourraient être abandonnées. La station SCR-6 est maintenue parce que plus proche et représentative pour les travailleurs de la centrale de Bécancour. Les autres SCR (sauf la SCR-7 et la SCR-10), sont aussi maintenues.

Justifications :

- La concentration de H-3 atmosphérique à la station de référence est stable et les données historiques peuvent servir comme référence pour l'activité de fond naturel.
- Les concentrations de H-3 atmosphérique hors site sont historiquement plus faibles aux stations Nord-1, Est-2, Est-3, Ouest-1 qu'aux stations Est-1 et Sud-1. Les concentrations H-3 aux stations Nord-1, Est-2, Est-3 et Ouest-1 devraient s'approcher davantage du niveau de fond naturel à l'atteinte du déclencheur #1. Ces mesures pourraient toutefois être conservées si nécessaire pour évaluer les doses au public de façon plus réaliste (moins conservatrice) qu'avec les estimations de concentration calculées par IMPACT pour les récepteurs avoisinants, tel que montré au Tableau 13 de la référence [19].
- Les concentrations de H-3 atmosphérique sur site appuient les estimations de dose du groupe des travailleurs de la centrale de Bécancour, en particulier la station SCR-6 qui est la plus proche. Ce groupe est le second au niveau du risque et l'inhalation de tritium est le principal contributeur (Tableau 4-12).
- La mesure du tritium atmosphérique permet aussi de mesurer d'éventuels rejets fugitifs de l'ASDR et de l'IGDRS.

4.5.2 C-14 atmosphérique

Le Tableau 4-18 présente les moyennes annuelles historiques des concentrations de C-14 atmosphérique.

Tableau 4-18 : Concentrations moyennes annuelles de C-14 atmosphérique

Groupe récepteur	Moyenne annuelle concentration C-14 atmosphérique (Bq/kg-C)							
	Station Réf.	Ferme Sud	Travailleurs Bécancour sud-ouest	Travailleurs Bécancour Ouest	Travailleurs de la centrale de Bécancour			
Année	Ouest-2	Sud-1	SCR-4	SCR-5	SCR-3	SCR-7	SCR-8	SCR-12
2016	221	223	235	230	249	505	681	376
2017	206	213	227	214	244	565	959	372
2018	205	204	207	213	213	411	256	219
2019	214	220	213	207	216	393	245	223
2020	202	202	195	205	214	326	215	206
Moyenne	210	212	215	214	227	440	471	279
Net	-	2	5	4	17	230	261	69

Recommandations :

- Les mesures de C-14 atmosphérique aux stations Sud-1, SCR-4 et SCR-5 hors site pourraient être abandonnées **immédiatement** de même qu'à la station de référence Ouest-2.
- Les mesures aux stations SCR-7 et SCR-8 sur site devraient être maintenues puisqu'historiquement plus élevées tandis que celles aux stations SCR-3 et SCR-12 pourraient être abandonnées **immédiatement**.

Justifications :

- Les rejets de C-14 à la cheminée sont en diminution (Figure 4-2) depuis 2017, dernière année des activités de transfert de résines usées émettrices de C-14.
- Les concentrations de C-14 aux stations Sud-1, SCR-4 et SCR-5 hors site et aux SCR-3 et SCR-12 sur site sont proches de l'activité de fond mesurée à la station de référence depuis 2017 pour les stations hors site ou 2018 pour les stations sur site. Les concentrations mesurées à la station de référence sont stables d'années en année et cohérentes avec l'activité de fond naturelle du C-14 généralement rapportée [31].
- Les concentrations de C-14 atmosphérique aux stations sur site appuient les estimations de dose du groupe des travailleurs de la centrale de Bécancour. Ce groupe est le second au niveau du risque ; cependant, l'inhalation de C-14 est un faible contributeur à la dose (Tableau 4-12).

4.5.3 Activité bêta totale des aérosols atmosphériques

Le Tableau 4-19 présente les moyennes annuelles historiques des concentrations d'activité bêta totale atmosphérique.

Tableau 4-19 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique

Groupe récepteur	Moyenne annuelle concentration bêta totale atmosphérique (Bq/m ³)				
	Station Réf.	Ferme Sud	Travailleurs de la centrale de Bécancour		
Année	Ouest-2	Sud-1	SCR-8	SCR-11	SCR-12
2016	2,5E-04	3,7E-04	2,0E-04	3,5E-04	2,0E-04
2017	3,4E-04	3,0E-04	3,3E-04	4,2E-04	3,4E-04
2018	3,7E-04	3,4E-04	3,5E-04	5,0E-04	3,1E-04
2019	3,3E-04	3,5E-04	3,3E-04	4,5E-04	4,8E-04
2020	2,9E-04	3,0E-04	3,1E-04	3,6E-04	2,7E-04
Moyenne	3,2E-04	3,3E-04	3,0E-04	4,2E-04	3,3E-04
Net	-	0,1E-04	-	1,0E-04	1,3E-05

Recommandations :

- Les mesures d'activité bêta totale atmosphérique hors site pourraient être abandonnées **immédiatement** aux stations Sud-1, SCR-8, SCR-12 de même qu'à la station de référence Ouest-2.
- Les mesures à la station SCR-11 sur site devraient être maintenues.

Justifications

- Les concentrations de l'activité bêta totale hors site sont proches de l'activité de fond mesurée à la station de référence. Les concentrations bêta totale mesurées à la station de référence sont stables d'années en année. La moyenne historique peut être utilisée comme représentative du niveau de fond local.
- Aucune concentration ne témoigne d'un événement qui aurait pu être la source d'une dispersion d'activité particulaire.
- Les mesures de la station SCR-11 peuvent être utilisées comme référence pour le groupe des travailleurs de la centrale de Bécancour, bien que l'activité bêta totale ne soit pas un contributeur significatif à la dose totale (Tableau 4-12).

4.5.4 Précipitations

Le Tableau 4-20 résume les endroits où les précipitations sont recueillies et analysées [7]. Les tableaux qui suivent résument les données historiques.

Tableau 4-20 : Lieu de collecte et d'analyse des précipitations

Lieu	Station	Tritium	Activité alpha totale	Activité bêta totale	Gamma
Hors site	Ouest-2	Mensuel		Mensuel	Bi-mensuel
Hors site	Sud-1	Mensuel		Mensuel	
Hors site	Est-2	Mensuel		Mensuel	
Sur site	SCR-2	Mensuel		Mensuel	
Sur site	SCR-3	Mensuel	Mensuel	Mensuel	Bi-mensuel
Sur site	SCR-4	Mensuel		Mensuel	
Sur site	SCR-5	Mensuel		Mensuel	
Sur site	SCR-8	Mensuel		Mensuel	
Sur site	SCR-12	Mensuel	Mensuel	Mensuel	

Tableau 4-21 : Concentrations moyennes annuelles de tritium dans les précipitations hors site

Groupe récepteur	Concentration moyenne annuelle de tritium dans les précipitations (Bq/L)						
	Station de référence	Secteur Gentilly	Ferme Sud	Près de la Ferme Sud	Travailleurs Bécancour Sud-ouest	Travailleurs Bécancour Ouest	SCR-5
Année	Ouest-2	Est-2	Sud-1	SCR-2	SCR-4	SCR-5	
2016	5	5	13	214	35	42	
2017	5	5	10	14	29	20	
2018	6	6	13	12	65	27	
2019	5	6	16	14	35	30	
2020	5	5	13	18	26	29	
Moyenne	5	5	13	59	39	29	
Net	-	0	8	54	34	24	

Note : Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».

Recommandations :

- Abandonner **immédiatement** les mesures de concentration de tritium dans les précipitations aux stations Ouest-2 et Est-2.
- Abandonner les mesures de concentration de tritium dans les précipitations à la ferme Sud et à la SCR-2 **après que le rejet de tritium atmosphérique est confirmé en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1.**

Justifications :

- Les concentrations à la station de référence sont historiquement faibles et stables.

- Les concentrations à la ferme Est sont proche du niveau de l'activité de fond à la station de référence.
- Les concentrations aux stations de la ferme Sud et à la SCR-2 sont depuis 2017 inférieures à celles des stations SCR-4 et SCR-5.
- Les mesures dans les précipitations sont redondantes avec les mesures atmosphériques qu'elles représentent que lors des périodes de précipitation.

Tableau 4-22 : Concentrations moyennes annuelles de tritium dans les précipitations sur site

Groupe récepteur	Concentration moyenne annuelle de tritium dans les précipitations (Bq/L)		
	Travailleurs de la centrale de Bécancour		
Année	SCR-3	SCR-8	SCR-12
2016	8	100	1278
2017	37	1092	227
2018	78	924	233
2019	41	1104	255
2020	36	1398	354
Moyenne	41	913	461
Net	36	908	456

Note : Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».

Recommandation :

- Alléger les mesures de concentration de tritium dans les précipitations sur site **après que le rejet de tritium atmosphérique soit confirmé en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1**, en abandonnant les mesures à la station SCR-3.

Justifications :

- Les concentrations sont historiquement faibles, stables et systématiquement inférieures à celles des autres stations sur site.
- La concentration dans les précipitations est directement reliée à la concentration atmosphérique lors des périodes de précipitation et d'un coefficient de lessivage qui dépend du type et de l'intensité des précipitations.

Tableau 4-23 : Concentrations moyennes annuelles d'activité alpha totale dans les précipitations sur site

Groupe récepteur	Concentration moyenne annuelle d'activité alpha totale (Bq/m²)	
	Travailleurs de la centrale de Bécancour	
Année	SCR-3	SCR-12
2016	0,48	0,51
2017	0,66	0,46
2018	0,76	0,74
2019	0,76	0,68
2020	0,68	0,70
Moyenne	0,66	0,62

Recommandation :

- Abandonner **immédiatement** les mesures de concentration d'activité alpha totale dans les précipitations sur site (SCR-3 et SCR-12).

Justification :

- Les concentrations sont historiquement stables et négligeables.

Tableau 4-24 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale dans les précipitations hors site

Groupe récepteur	Concentration moyenne annuelle d'activité bêta totale (Bq/m²)					
	Station de référence	Ferme Sud	Secteur Gentilly	Près de la Ferme Sud	Travailleurs Bécancour Sud-ouest	Travailleurs Bécancour Ouest
Année	Ouest-2	Sud-1	Est-2	SCR-2	SCR-4	SCR-5
2016	3,4	3,5	2,8	2,7	1,7	2,1
2017	3,3	3,9	2,9	1,7	1,4	2,6
2018	2,4	3,7	3,4	1,9	1,2	2,0
2019	3,5	5,5	3,6	2,2	1,7	2,2
2020	2,4	3,7	3,7	2,6	4,2	2,1
Moyenne	2,9	3,9	3,2	2,2	2,1	2,2
Net	-	1	0,3	-	-	-

Recommandation :

- Abandonner **immédiatement** les mesures de concentration d'activité bêta totale dans les précipitations sur site.

Justifications :

- Les concentrations sont historiquement stables et du niveau de l'activité de fond mesurée à la station de référence.
- La concentration dans les précipitations est directement reliée à la concentration atmosphérique lors des périodes de précipitation et d'un coefficient de lessivage qui dépend du type et de l'intensité des précipitations.

Tableau 4-25 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale dans les précipitations sur site

Groupe récepteur	Concentration moyenne annuelle d'activité bêta totale (Bq/m²)		
	Travailleurs de la centrale de Bécancour		
Année	SCR-3	SCR-8	SCR-12
2016	3,1	2,1	3,2
2017	3,7	2,0	2,7
2018	3,2	2,2	3,9
2019	3,6	1,5	3,3
2020	2,2	1,5	1,8
Moyenne	3,1	1,9	2,9
Net	0,1	-	-

Recommandation :

- Abandonner **immédiatement** les mesures de concentration d'activité bêta totale dans les précipitations des stations SCR-3, SCR-8 et SCR-12 sur site.

Justifications :

- Les concentrations mesurées aux stations SCR-3, SCR-8 et SCR-12 sur site sont historiquement stables, comparables aux stations hors site et au niveau de l'activité de fond mesurée à la station de référence (Tableau 4-24).
- La concentration dans les précipitations est directement reliée à la concentration atmosphérique lors des périodes de précipitation et d'un coefficient de lessivage qui dépend du type et de l'intensité des précipitations.

4.5.5 Poissons de la baie Lemarier

Tableau 4-26 montre les moyennes annuelles historiques des concentrations en H-3, C-14, K-40, Cs-137 et autres dans la chair des poissons de la baie Lemarier.

Tableau 4-26 : Concentrations moyennes annuelles dans la chair de poisson à la baie Lemarier

Année	H-3 Bq/Kg ¹	C-14 Bq/Kg-C	K-40 Bq/Kg	Cs-137 Bq/Kg ¹	Bi-211, Bi-214 Pb-211, Pb-212, Pb-214 Bq/kg ²
2017	64,5	5207,4	147,9	0,77	< LD
2018	18,8	6345,0	114,4	1,38	< LD
2019	6,6	1663,1	138,5	0,52	< LD
2020	4,3	809,0	134,9	1,00	< LD
Moyenne	22,5	3602,8	132,7	0,94	< LD

Notes :

1. Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».
2. < LD signifie que toutes les mesures sont toutes sous leur limite de détection.

Recommandations :

- Maintenir les mesures de la concentration de H-3, C-14 et Cs-137 dans la chair des poissons de la baie Lemarier jusqu'à ce que leur concentration s'approche du niveau de fond naturel.
- Abandonner **immédiatement** les mesures de K-40, Bi, et Pb.

Justifications :

- Présentement, le C-14 dans la chair de poissons est le principal contributeur à la dose du groupe limitatif des chasseurs-pêcheurs (Tableau 4-12). Cependant, la concentration de C-14 diminue naturellement depuis la fin des activités de transfert de résines usées qui étaient la principale source de C-14 dans les rejets liquides.
- Le K-40 est un élément naturel et les concentrations de Bi et Pb sont sous la limite de détection depuis plusieurs années.

4.5.6 Eau du fleuve Saint-Laurent (baie Lemarier)

Le Tableau 4-27 montre les moyennes annuelles historiques des concentrations de H-3, C-14, et d'activité bêta totale dans l'eau en aval des installations de Gentilly-2 et en amont à la baie Lemarier.

Tableau 4-27 : Concentrations moyennes annuelles de H-3, C-14 et d'activité bêta totale dans l'eau

Année	Moyenne annuelle des concentrations (Bq/L)					
	Point d'échantillonnage A (amont Gentilly-2)			Point d'échantillonnage C (Baie Lemarier)		
	H-3 ¹	C-14 ¹	Bêta totale ^{1,2}	H-3 ¹	C-14 ¹	Bêta totale ^{1,2}
2016	< 5	< 0,55	0,03	47	< 0,30	0,03
2017	< 5	< 0,2	< 0,25	< 5	< 0,23	0,03
2018	n.d. ⁴	n.d.	n.d.	< 5	< 0,24	< 0,15
2019	n.d.	n.d.	n.d.	< 5 ³	< 0,23	< 0,12
2020	n.d.	n.d.	n.d.	< 4	< 0,24	< 0,14
Moyenne	n.d.	n.d.	n.d.	< 13	< 0,25	< 0,13

Notes :

1. Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».
2. Concentration bêta totale remplacée par spectrométrie gamma dans le *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* [7]. Valeurs pour Cs-137 indiquées.
3. Exclue une mesure de 1 093 Bq/L en octobre 2019 résultant d'un déversement ponctuel du système 7921 (effluents liquides radioactifs) à 7h et 10h le jour de la mesure.
4. Non disponible (n.d.). Le point d'échantillonnage en amont (A) du canal de rejet, échantillon réputé représenter l'activité de fond liée à la radioactivité d'origines naturelle et anthropique au fleuve Saint-Laurent, a été abandonné à la suite de l'adaptation du PSRE en juillet 2017. Le caractère stable de même que l'historique des concentrations mesurées pendant plusieurs années faisaient en sorte que ce point ne soit plus requis à cette étape du déclassement des installations de Gentilly-2 [11].

Recommandations :

- L'échantillonnage de l'eau du fleuve à la baie Lemarier pourrait être abandonné **immédiatement** pour le C-14.
- Abandonner **immédiatement** les mesures par spectrométrie gamma qui sont toutes inférieures à la limite de détection depuis plusieurs années ou correspondent à des radioéléments d'origine naturelle (Be, K, Co, Mn, Nb, Zr, Sb, Cs, Gd, U).
- Déplacer le point d'échantillonnage C à un nouvel emplacement en aval du nouvel émissaire, plus proche de l'émissaire que l'actuel point C. L'échantillonnage de l'eau du fleuve à la baie Lemarier pourrait être abandonné **après que les rejets liquides en H-3 sont confirmés en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #2.**

Justifications :

- Les concentrations de H-3, C-14 et d'activité bêta totale (maintenant spectrométrie gamma) dans l'eau de la baie Lemarier sont pratiquement toutes non détectables et comparables à l'activité de fond naturelle depuis 2016.
- La concentration de C-14 dans les rejets liquides radioactifs est en nette diminution depuis la fin du transfert des résines usées vers les ESRU (Figure 4-3). La vidange de la piscine de combustible irradié, du caisson et des boucliers du réacteur n'entrainera pas d'augmentation significative de rejets liquides de C-14 (voir Tableau 4-15).
- Les concentrations de H-3 et d'activité bêta totale dans les rejets liquides radioactifs sont demeurées stables malgré le transfert de l'eau lourde du modérateur et du caloporeur hors site. La vidange de la piscine de combustible irradié, du caisson et des boucliers du réacteur pourrait entraîner une augmentation ponctuelle de rejets liquides de H-3 (voir Tableau 4-15).

4.5.7 Sédiments du fleuve Saint-Laurent

Les mesures d'activité dans les sédiments du fleuve ne sont pas utilisées pour évaluer l'impact des rejets liquides radioactifs sur la santé humaine. L'activité dans la chair de poisson, qui se trouve en fin de chaîne alimentaire de transfert (Figure 4-4), permet mieux de quantifier l'impact sur la santé humaine. Autour des installations de Gentilly-2, on considère que les récepteurs humains ne sont pas exposés aux sédiments aquatiques.

4.5.8 Plantes aquatiques du fleuve Saint-Laurent

Les mesures d'activité dans les plantes aquatiques ne sont pas utilisées pour évaluer l'impact des rejets liquides radioactifs sur la santé humaine. L'activité dans la chair de poisson, qui se trouve en fin de chaîne alimentaire de transfert (Figure 4-4), permet mieux de quantifier l'impact sur la santé humaine. Autour des installations de Gentilly-2, on considère que les récepteurs humains ne mangent pas les plantes aquatiques.

4.5.9 Lait

Le Tableau 4-28 montre les moyennes annuelles historiques des concentrations de H-3, I-131, Cs-137 et K-40 dans le lait des fermes R.L. (Ferme Nord) et K.D. (Ferme Est).

Tableau 4-28 : Concentrations moyennes annuelles de H-3, I-131, Cs-137 et K-40 dans le lait des fermes

Année	Moyenne annuelle des concentrations				
	Ferme RL	Ferme KD	Fermes RL+KD		
	H-3 Bq/L	H-3 Bq/L	I-131 Bq/L	Cs-137 Bq/L	K-40 mg/L
2016	16 ²	9 ³ , < 12	< 0,14	< 0,10	1844
2017	11 ³ , < 11	11 ³ , < 11	-	-	-
2018	< 11	12 ³ , < 11	< 0,14	< 0,11	1766
2019	16 ³ , < 11	< 11	< 0,16	< 0,12	1759
2020	13 ³ , < 12	< 12	< 0,11	< 0,12	1805
Moyenne	-	-	< 0,16	< 0,12	1794

Notes :

1. Les valeurs précédées par un « < » représentent la limite de détection analytique. Il s'agit donc de mesures en dessous de la limite de détection.
2. Moyenne de quatre valeurs mensuelles mesurables, toutes les autres valeurs mensuelles étaient sous la limite de détection analytique.
3. Seule valeur mensuelle mesurable, toutes les autres valeurs mensuelles étaient sous la limite de détection analytique.

Recommandations :

- La mesure de concentration d'I-131, de Cs-137 et de K-40 dans le lait pourrait être abandonnée **immédiatement**.
- L'échantillonnage du lait pour le H-3 pourrait être abandonné **après que le rejet atmosphérique de H-3 est confirmé en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1**.

Justifications :

- Iode-131 : le risque d'iode-131 n'existe plus compte tenu du temps écoulé depuis l'arrêt du réacteur en 2012 et de la demi-vie de 8 jours de l'iode-131 ; d'ailleurs, toutes les mesures des 5 dernières années étaient sous le seuil de détection.
- Césium-137 : toutes les mesures des 5 dernières années étaient sous le seuil de détection.
- Potassium-40 : le potassium-40 est un élément naturellement présent dans l'environnement, dans le corps humain et donc dans le lait de vache.
- Tritium : pratiquement toutes les mesures des 5 dernières années étaient sous le seuil de détection ; l'eau lourde du caloporeur et du modérateur a été transférée hors site ; les activités de séchage de chiffons humides sont terminées.

4.5.10 Sols

Le Tableau 4-29 montre les moyennes annuelles historiques des concentrations de Be-7, Cs-137 et K-40 dans le sol des fermes R.L. (Ferme Nord), K.D (Ferme Est) et F.R. (Ferme Sud).

Tableau 4-29 : Concentrations moyennes annuelles de Be-7, Cs-137 et K-40 dans le sol des fermes

Année	Moyenne annuelle des concentrations (Bq/kg)		
	Be-7 ¹	Cs-137	K-40
2016	7,90	4,21	844
2017	12,03	6,03	684
2018	7,90	1,28	713
2019	2,87	3,87	699
2020	3,60	4,69	686
Moyenne	6,86	4,02	725

Note :

- 1. Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».

Recommandation :

- L'échantillonnage des sols pourrait être abandonné **immédiatement** aux fermes Nord et Est, mais maintenu par prudence à la ferme Sud plus proche des installations de Gentilly-2.

Justification :

- Les radioéléments mesurés sont des éléments radioactifs naturels (Be-7, K-40) ou anthropique (Cs-137), mais non reliés aux installations de Gentilly-2.

4.5.11 Fourrages

Le Tableau 4-30 montre les données historiques des concentrations de H-3, Be-7, Cs-137, K-40 et C-14 dans les fourrages des fermes R.L. (Ferme Nord), K.D (Ferme Est) et F.R. (Ferme Sud).

Tableau 4-30 : Concentrations historiques de H-3, Be-7, Cs-137, K-40 et C-14 dans le fourrage des fermes

Date	Ferme	H-3	Be-7	Cs-137	K-40	C-14
		Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg-C
2016-06-20	Ferme R.L.	3	72	< 0,65	702	240
2016-06-20	Ferme F.R.	3	43	< 0,52	600	242
2016-06-20	Ferme K.D.	< 3	89	< 0,56	876	233

Date	Ferme	H-3	Be-7	Cs-137	K-40	C-14
		Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg-C
2017-06-06	Ferme R.L.	< 3,4	82	1,7	526	273
2017-06-06	Ferme R.L.	-	92	1,5	567	-
2017-06-12	Ferme F.R.	6	50	< 0,48	583	239
2017-06-19	Ferme K.D.	< 4	135	0,8	464	244
2017-06-19	Ferme K.D.	-	150	0,8	503	-
2017-06-27	Ferme R.L.	-	154	0,8	752	-
2018-06-13	Ferme F.R.	7	36	<0,57	710	173
2018-06-13	Ferme K.D.	7	46	<0,59	691	211
2018-06-19		<3	113	<0,44	687	188
2019-06-17	Ferme F.R.	7	202	<0,44	709	205
2019-06-17	Ferme K.D.	3	71	<0,58	714	217
2019-06-23	Ferme R.L.	13	210	<0,39	459	189
2020-06-16	Ferme R.L.	< 3	47	< 0,62	853	167
2020-06-16	Ferme F.R.	< 4	52	< 0,59	679	179
2020-06-16	Ferme K.D.	< 4	43	< 0,45	692	191

Recommandations :

- L'analyse des fourrages pour le Be-7, Cs-137, K-40 et C-14 pourrait être abandonné **immédiatement**.
- L'échantillonnage des fourrages pour le H-3 pourrait être abandonné aux fermes R.L. (Nord) et K.D. (Est) **après que le rejet atmosphérique de tritium est confirmé en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1**, mais maintenu par prudence à la ferme F.R. (Sud) plus proche des installations de Gentilly-2.

Justifications :

- Les concentrations de H-3 dans les fourrages sont sous les seuils de détection ou très faibles.
- Les concentrations de C-14 dans les fourrages sont au niveau de l'activité de fond naturelle [31] ; avec l'atteinte du déclencheur #0 et la baisse notée des émissions atmosphériques de C-14 (Figure 4-2), le risque d'émission soudaine de grande quantité de C-14 atmosphérique n'est plus présent.
- Les autres radioéléments mesurés sont des éléments radioactifs naturels (Be-7, K-40) ou anthropique (Cs-137), mais non reliés aux installations de Gentilly-2.

4.5.12 Fruits et légumes

Le Tableau 4-31 montre les données historiques des concentrations de H-3, Be-7, Cs-137, K-40, Co-60 et C-14 dans les fruits et légumes de Bécancour et de Sainte Gertrude.

Tableau 4-31 : Concentrations historiques de Be-7, Cs-137 et K-40 dans les fruits et légumes

Date	Nature	Origine	H-3	Be-7	Cs-137	K-40	Co-60	C-14
			Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg-C
2016-09-12	Carottes	Bécancour	< 4	2,7	< 0,32	998	< 0,40	192
2016-09-12	Choux	Bécancour	< 5	< 2,9	< 0,37	891	< 0,47	148
2016-08-31	Tomates	Bécancour	< 5	5,4	< 0,36	1590	< 0,51	217
2016-08-31	Pommes	Ste-Gertrude	< 4	4,6	< 0,27	279	< 0,30	210
2017-09-06	Carottes	Bécancour	< 5	< 2,1	< 0,28	949	< 0,37	216
2017-08-29	Choux	Bécancour	< 5	< 2,8	< 0,36	1040	< 0,49	209
2017-09-06	Tomates	Bécancour	< 5	2,6	< 0,40	1590	< 0,57	223
2017-09-14	Pommes	Ste-Gertrude	< 4	6,9	< 0,31	295	< 0,38	252
2018-09-04	Carottes	Becancour	< 5	< 2,8	< 0,31	884	< 0,40	189
2018-08-21	Choux	Becancour	< 5	< 3,3	< 0,42	942	< 0,50	196
2018-08-21	Tomates	Becancour	< 5	3,7	< 0,42	1670	< 0,55	191
2018-09-04	Pommes	Ste-Gertrude	< 6	4,1	< 0,27	362	< 0,32	185
2019-09-04	Carottes	Becancour	< 5	< 2,4	< 0,29	880	< 0,36	212
2019-09-04	Choux	Becancour	5	< 3,8	< 0,42	980	< 0,53	229
2019-09-16	Tomates	Becancour	< 5	8,0	< 0,41	1670	< 0,58	186
2019-09-16	Pommes	Ste-Gertrude	< 4	5,6	< 0,29	408	< 0,36	217
2020-10-07	Carottes	Bécancour	10	< 2,2	< 0,27	765	< 0,34	223
2020-09-24	Choux	Bécancour	< 3	< 3,1	< 0,41	1010	< 0,50	213
2020-09-09	Tomates	Bécancour	< 5	8,2	< 0,52	1590	< 0,66	242
2020-10-08	Pommes	Ste-Gertrude	< 5	8,6	< 0,25	230	< 0,29	226

Recommandations :

- L'échantillonnage des fruits et légumes pour le Be-7, Cs-137, K-40, Co-60 et C-14 pourrait être abandonné **immédiatement**.
- L'échantillonnage des fruits et légumes pour le H-3 pourrait être abandonné **après que le rejet atmosphérique de tritium est confirmé en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1.**

Justifications :

- Voir justifications pour les fourrages pour le H-3, Be-7, Cs-137, K-40 et C-14 (section 4.5.11).
- Les concentrations en Co-60 sont historiquement sous le seuil de détection.

4.5.13 Sirop d'érable

Le Tableau 4-31 montre les données historiques des concentrations de H-3, Cs-137, K-40 dans l'eau et le sirop d'érable.

Tableau 4-32 : Concentrations historiques de Cs-137, K-40 et H-3 dans le sirop et l'eau d'érable

Date	Eau d'érable H-3	Sirop d'érable Cs-137	Sirop d'érable K-40
	Bq/L	Bq/kg	Bq/kg
2016	< 4	4,4	115
2017	5	2,9	81
2018	10	3,9	98
2019	5	2,8	82
2020	< 5	2,6	75

Recommandations :

- L'échantillonnage de l'eau et du sirop d'érable pour le Cs-137 et le K-40 pourrait être abandonné **immédiatement**.
- L'échantillonnage pour le H-3 pourrait être abandonné **après que le rejet est confirmé en baisse significative (concentration mesurée s'approche du niveau de fond naturel) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1**.

Justification :

- Voir justifications pour les fourrages pour le H-3, Cs-137, et K-40 (section 4.5.11).

4.5.14 Eau de boisson et autre

Le montre la teneur en tritium mesurée dans l'eau potable des municipalités de Champlain et de Gentilly, dans la rivière Saint-Maurice à Trois-Rivières et dans les précipitations de Lamothe.

Tableau 4-33 : Concentrations historiques en H-3 dans l'eau de potable des municipalités de Champlain et Gentilly

Date	Concentration H-3 (Bq/L)			
	Champlain	Gentilly	Trois-Rivières (Saint-Maurice)	Lamothe (pluie)
2018-01-08	< 4	< 4	< 4	4
2018-04-05	< 6	< 6	< 6	6
2018-07-02	< 5	< 5	< 5	< 5
2018-11-09	4	< 4	< 4	4
2019-01-08	< 5	< 5	< 5	< 5
2019-04-01	< 4	< 4	< 4	< 3
2019-07-03	< 4	< 4	< 4	< 4
2019-11-16	< 6	< 6	< 6	< 6
2020-01-07	< 5	< 5	< 5	< 5
2020-04-01	< 5	< 5	< 5	< 5
2020-07-06	< 4	< 4	< 4	< 4
2020-10-06	< 4	< 4	< 4	< 4

Recommandation :

- L'échantillonnage du tritium dans l'eau potable des municipalités de Champlain et Gentilly, dans la rivière Saint-Maurice à Trois-Rivières et dans les précipitations de Lamothe pourrait être abandonné **immédiatement**.

Justification :

- Les mesures sont historiquement toutes sous le seuil de détection, sauf pour les quatre qui sont toutefois au niveau du seuil de détection des autres mesures.

4.6 Sigles et acronymes

Sigles ou acronymes	Définition
ACNOR	Association canadienne de normalisation (maintenant groupe CSA)
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
ASDR	Aire de stockage des déchets radioactifs
ASSCI	Aire de stockage à sec du combustible irradié
BS	Bâtiment des services
CANDU®	Canada Deutérium Uranium
CANSTOR®	CANDU Storage
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CIPR	Commission internationale de protection radiologique

Sigles ou acronymes	Définition
COG	« CANDU Owners Group »
CRMC	Centre de récupération des matières contaminées
CSA	« Canadian Standards Association » (maintenant Groupe CSA)
DFA	Déchets de faible activité
DMA	Déchets de moyenne activité
EDC	Eau de circulation
EDFMA	Enceinte de déchets de faible et moyenne activité
ERE	Évaluation des risques environnementaux
ERET	Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques
ESFU	Enceinte de stockage de filtres usagés
ESRU	Enceinte de stockage de résines usées
IAEA	« International Atomic Energy Agency »
ICRP	« International Commission on Radiation Protection »
IGDRS	Installation de gestion des déchets radioactifs solides
IMPACT	« Integrated Model for the Probabilistic Assessment of Contamination Transport »
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IRSN	Institut de recherche et de sûreté nucléaire
LOD	Limite opérationnelle dérivée
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
NCRP	National Council on Radiation Protection
ORNL	« Oak Ridge National Laboratory »
PSRE	Plan de surveillance radiologique de l'environnement
REGDOC	Document d'application de la réglementation de la CCSN
SCR	Station de contrôle radiologique
U.S. EPA	« U.S. Environmental Protection Agency »

4.7 Références

- [1] ICRP, «Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public,» ICRP Publication 101a. Ann ICRP 36 (3), 2006.
- [2] Groupe CSA, «Guide de calcul des limites opérationnelles dérivées de matières radioactives dans les effluents gazeux et liquides durant l'exploitation normale des installations nucléaires, norme,» N288.1-F14, mise à jour 3 de juin 2018, 2014.
- [3] F. Lemay, «Limites opérationnelles dérivées conformes à la norme ACNOR N288.1-14,» Rapport G2-RT-2015-16000-011, révision 3, février 2017.

- [4] ■ «Qualité des eaux de surface dans l'environnement de la centrale nucléaire Gentilly-2 (modélisation de contaminations au fleuve),» Rapport ISR R1115-06, Version 1, octobre 2003.
- [5] F. Lemay, «Limites opérationnelles dérivées conformes à la norme CSA N288.1-08,» Rapport technique Hydro-Québec G2-RTI-2010-16000-057, 2011.
- [6] Hydro-Québec, «Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour,» juin 2002.
- [7] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr,» juin 2017.
- [8] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2015,» Rapport technique G2-RT-2016-00518-004, Version finale, avril 2016.
- [9] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2016,» Rapport technique G2-RT-2017-00518-002, Version finale, avril 2017.
- [10] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2017,» Rapport technique G2-2018-00518-002, Version finale, avril 2018.
- [11] Hydro-Québec Production, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2018,» Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, Version finale, avril 2019.
- [12] Hydro-Québec, «Résultats de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2019,» Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, Version finale, avril 2020.
- [13] Hydro-Québec, «Résultats de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2020,» Rapport technique G2-RT-2021-00518-001, Version finale, avril 2021.
- [14] R. Moffett et C. Barbeau, «Estimation des limites opérationnelles dérivées préalable au prolongement de la ligne de rejet d'effluents liquides radioactifs,» Rapport ISR 8033-01-01, Version 2, mars 2017.
- [15] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population, année 2016,» Rapport technique Hydro-Québec G2-Rt-2017-16000-005, Révision 0, mai 2017.
- [16] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement au membre représentatif de la population, année 2017,» Rapport technique Hydro-Québec G2-RT-2018-16000-003, Révision 0, mars 2018.
- [17] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population, année 2018,» Rapport Calian HYDROQ-0004-01, Révision 2, avril 2019.

- [18] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2019,» Rapport Calian HYDROQ-0012-01, révision 1.0, avril 2020.
- [19] R. Moffett, «Calcul de la dose de rayonnement aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2020,» Rapport Calian HYDROQ-0014-01, révision 2.0, avril 2021.
- [20] G. Richardson, «Compendium of Canadian Human Exposure Factors for Risk Assessment,» Rapport O'Connor Associates Environmental Inc., 1997.
- [21] C. Rommens, «Études d'impact radiologique autour des sites nucléaires: une revue des données de mode de vie; bes budgets de temps et autres paramètres (hors alimentaires),» *Radioprotection*, vol. 34, n° %12, pp. 177-193, 1999.
- [22] Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), «Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine,» février 2012.
- [23] Ministère de l'agriculture, pêcheries et alimentation du Québec (MAPAQ), «Bottin Statistique de l'alimentation,» Éditions 2002.
- [24] [REDACTED], «IMPACT Theory Manual Version 5.5.2,» avril 2017.
- [25] CANDU Owners Group, «Derived Release Limits Guidance,» Rapport COG-06-3090-R2-I, novembre 2008.
- [26] Hydro-Québec, «Rapport de sûreté de la centrale nucléaire Gentilly-2, Partie 2: Analyse des accidents, Volume 5,» 2015.
- [27] C. Barbeau, «Qualité de l'air dans l'environnement de la centrale nucléaire de Gentilly-2 (modélisaiton de l'impact des émissions),» Rapport International Safety Research (ISR) No. R1115-05, Version 1.0, septembre 2003.
- [28] ISR, «Étude sectorielle - Effets environnementaux liés à la réfection et à la poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire Gentilly-2,» Rapport ISR R-1280-1, version 1.1, octobre 2005.
- [29] NCRP, «Screening Models for Releases of Radionuclides to Atmosphere, Surface Water and Ground,» National Council on Radiation Protection Measurement, Rapport NCRP No. 123I, janvier 1996.
- [30] C. Barbeau, «Qualité des eaux souterraines dans l'environnement de la centrale nucléaire de Gentilly-2 (modélisation de l'impact de contaminations),» Rapport ISR R1115-04, version 1.0, septembre 2003.
- [31] IRSN, «Radionuclide Fact Sheet: Carbon-14 and the environment,» 2010.
- [32] BIOMOVS II, «Validation Test for Carbon-14 Migration and Accumulation in a Canadian Shield Lake,» Technical Report No. 14, 1996.
- [33] S. Mobbs, K. Smith, M. Thorne et G. Smith, «Modelling Approaches to C 14 in Soil-Plant Systems and in Aquatic Environments,» Swedish Radiation Safety Authority Research 2014:30 , 2014.

- [34] K. F. Eckerman et R. W. Leggett, «DCFPACK: Dose Coefficient Data File Package for Sandia National Laboratory,» Oak Ridge National Laboratory Report ORNL/TM-13347., Oak Ridge, TN., 1996.
- [35] ICRP, «Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients,» ICRP Publication 72. Ann. ICRP 26 (1), 1995.
- [36] US Environmental Protection Agency, «External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil,» US EPA Federal Guidance Report #15, August 2019.
- [37] ICRP, «The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection,» ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.
- [38] ICRP, «Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations,» ICRP Publication 107. Ann. ICRP 38 (3), 2007.
- [39] ICRP, «ICRP Publication 119 - Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60,» 2012.
- [40] Canada, «Règlement sur la radioprotection,» DORS/2000-203, dernière modification le 25 novembre 2020, à jour au 2 décembre 2020.
- [41] Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), «Rayonnement naturel de fond,» 24 11 2020. [En ligne]. Available: <https://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/fact-sheets/natural-background-radiation.cfm>. [Accès le 05 03 2021].
- [42] Commission canadienne de sûreté nucléaire (CNSC), «Modèle linéaire sans seuil,» avril 2013. [En ligne]. Available: <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/reading-room/healthstudies/Fact-Sheet-Linear-Non-Threshold-Model-2013.pdf>. [Accès le 08 10 2021].
- [43] Statistique Canada, «Les principales causes de décès, population totale, selon le groupe d'âge,» [En ligne]. Available: <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1310039401>. [Accès le 04 03 2021].
- [44] Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), «Protection de l'environnement - Contrôle des rejets dans l'environnement,» CCSN REGDOC-2.9.2 (ébauche)., mars 2021.
- [45] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research,» IAEA-TECDOC-1000, 1998.
- [46] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection,» IAEA, 2018 Edition.
- [47] Groupe CSA, «Programmes de surveillance de l'environnement aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium.,» N288.4-F10, 2010.

5. ÉVALUATION DES RISQUES ÉCOLOGIQUES LIÉS AUX CONTAMINANTS NON RADIOACTIFS

Le volet de l'évaluation des risques écologiques (EREco) de l'évaluation non radiologique a permis d'évaluer les risques pour la santé des récepteurs qui pourraient entrer en contact avec les milieux environnementaux (c.-à-d. le sol, les eaux souterraines ou les effluents) et/ou les éléments du régime alimentaire (c.-à-d. les proies, les plantes) qui pourraient être affectés par les contaminants non radioactifs rejetés à la suite des activités historiques et actuelles du site. Cette section se concentre sur les risques pour la santé écologique dus aux contaminants non radioactifs et aux facteurs de stress physique.

Une discussion sur les risques pour la santé écologique résultant des activités futures sur le site (évaluation prédictive des effets) est fournie à la fin de l'EREco, à la section 5.6.

5.1 Cadre réglementaire

Cette section donne un aperçu des caractéristiques spécifiques du site et du cadre réglementaire qui ont été utilisés pour identifier les contaminants potentiellement préoccupants (CPP) dans le sol, les eaux souterraines et les effluents pour l'EREco. Il est à noter que, bien qu'il existe des sources d'émissions atmosphériques sur le site provenant de la combustion des moteurs et de la possible perte de gaz réfrigérants (halocarbures), l'exposition aux émissions atmosphériques est considérée comme négligeable et n'est pas prise en compte dans la présente évaluation. Ce point est abordé plus en détail dans la section 5.1.2.4 ci-dessous.

5.1.1 Caractéristiques du site

La section 3.1.1 du **chapitre 3** présente une description des caractéristiques du site qui ont été prises en compte lors du choix des critères d'examen préalable approprié pour le site.

5.1.2 Critères de dépistage

Les critères de dépistage ont été choisis en fonction des valeurs de dépistage pour les eaux souterraines non potables et les sols à gros grains selon les caractéristiques du site décrites précédemment dans la section 3.1.1 du **chapitre 3**.

Bien que le site appartienne à Hydro-Québec, ses activités sont supervisées par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) et, à ce titre, l'évaluation des risques a été réalisée en conformité générale avec les directives fédérales en matière d'évaluation des risques de Santé Canada, du Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCF) et du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). Cependant, étant donné que le site est au Québec, l'identification des CPP a nécessité un dépistage par rapport aux directives fédérales et

québécoises stipulées par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Les critères de qualité des sols et des eaux souterraines sont définis dans le document d'orientation intitulé *Guide d'intervention - Protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* [1], ci-après appelé Guide d'intervention du MELCC [1].

5.1.2.1 Sol

Directives fédérales

Le CCME définit des directives génériques pour évaluer les impacts chimiques dans les sols. Les *Recommandations pour la qualité des sols (RQS) du CCME pour la protection de l'environnement et de la santé humaine* sont des recommandations numériques fondées sur les risques et divisées en catégories selon l'utilisation des terres [2]. Comme le site est considéré comme une utilisation industrielle des terres, on a utilisé les directives pour le dépistage industriel. Les RQS du CCME sont disponibles pour des voies d'exposition humaines et/ou écologiques spécifiques (p. ex. ingestion de sol par les humains, contact avec le sol par les récepteurs écologiques). Le CCME fournit des RQS pour les métaux et les matières inorganiques, le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes (BTEX) et les hydrocarbures pétroliers (HCP). Les concentrations de HCP F1 à F4 ont été comparées au *standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers dans le sol* du CCME (SP-HCP) ; [3]), aux sols de surface à gros grains [3].

Directives du Québec

Le Guide d'intervention du MELCC [1] décrit les trois niveaux suivants de critères génériques pour évaluer la qualité du sol sur les sites contaminés :

- Niveau A : Concentrations de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques ;
- Niveau B : Concentrations maximales acceptables pour les sites résidentiels, récréatifs ou institutionnels et les sites commerciaux situés dans des secteurs résidentiels ; et
- Niveau C : Concentrations maximales acceptables pour les sites industriels et commerciaux situés dans des secteurs non résidentiels.

Étant donné que le site est considéré comme un terrain industriel, les critères du niveau C du MELCC sont utilisés comme critères de dépistage pour la qualité du sol. Les résultats des sols ont également été comparés aux valeurs limites énumérées à l'annexe I du *Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés* (RESC), qui définit les concentrations maximales de contaminants au-dessus desquelles les sols ne peuvent être éliminés dans un site d'enfouissement de sols contaminés. Les valeurs limites de l'annexe I du RESC sont communément appelées critères de niveau D.

5.1.2.2 Eaux souterraines

Directives fédérales

L'utilisation des Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines (RFIQES) pour évaluer la qualité des eaux souterraines a été approuvée dans le cadre du PASCF et est présentée dans le document intitulé *Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines sur les sites contaminés fédéraux*, juin 2016 [4]. Les RFIQES sont des directives fondées sur les risques qui ont été élaborées pour protéger les récepteurs humains et écologiques des effets néfastes potentiels et sont divisées en catégories en fonction de l'utilisation des terres et de la granulométrie du sol. En ce qui concerne la protection de la vie aquatique, les RFIQES sont basées sur le transport des eaux souterraines vers les eaux de surface à au moins 10 m de la contamination [4]. Les RFIQES suivent un cadre à plusieurs niveaux, conforme aux RQS du CCME. Les directives du niveau 1 du RFIQES appliquent la directive la plus restrictive de toutes les voies d'exposition évaluées. Les directives de niveau 2 du RFIQES tiennent compte des voies d'exposition spécifiques à la santé écologique, y compris la vie aquatique d'eau douce exposée aux eaux de résurgences dans les eaux de surface (effet chronique) et les organismes en contact direct avec les eaux souterraines (invertébrés du sol, plantes, etc.). Dans le cas des métaux qui dépendent du pH et/ou de la dureté (ammoniac, aluminium, cadmium, cuivre, plomb et nickel), le document d'orientation du PASCF s'en remet aux directives sur la qualité de l'eau du CCME [5]. En l'absence d'une directive fédérale, on a utilisé la directive plus prudente du CCME sur les rejets d'eaux souterraines dans les eaux de surface (c.-à-d., aiguës ou chroniques ; voir ci-dessous).

Il est à noter que le MELCC fournit des directives sur les eaux souterraines spécifiques aux voies d'exposition et ne fournit pas de directives génériques sur les eaux souterraines, comme discuté ci-dessous. Par conséquent, pour comparer les concentrations dans les eaux souterraines aux directives fédérales et québécoises, seules les directives spécifiques aux voies d'exposition ont été utilisées. Plus précisément, pour les RFIQES du PASCF, seules les directives du niveau 2 seront appliquées.

Directives du Québec

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines est basée sur la présence ou l'absence de récepteurs potentiels dans la zone d'étude. Si un ou plusieurs récepteurs sont identifiés, les critères de dépistage appropriés, qui sont choisis en fonction du ou des récepteurs pertinents, doivent être utilisés pour évaluer la qualité des eaux souterraines. Les récepteurs à considérer sont discutés dans la section 3.1.1.5 du **chapitre 3**.

Le MELCC fournit des directives spécifiques aux voies d'exposition aux eaux souterraines, y compris la voie d'exposition provenant de la décharge des eaux souterraines dans les eaux de surface (pour la protection de la vie aquatique). Ces directives sont présentées à l'annexe 7 du Guide d'intervention pour la protection des sols et la réhabilitation des sites contaminés [1].

Lorsque les recommandations pour les métaux dépendent de la dureté, MELCC s'en remet à son mémorandum pour le calcul des critères de qualité de l'eau pour les métaux [6]. Une valeur de dureté de 100 mg/L CaCO₃ basée sur neuf stations d'eau de surface dans le fleuve Saint-Laurent (c.-à-d., les stations #89-94, 98-100) a été jugée appropriée pour le site puisque ces stations sont situées à proximité.

En l'absence d'une directive fédérale et d'une directive du MELCC pour la protection de la vie aquatique, la directive approuvée sur la qualité de l'eau du ministère de l'Environnement et du Changement climatique de la Colombie-Britannique (ENV) a été utilisée. [7]. Il s'agit d'une approche communément utilisée dans les évaluations de risques.

5.1.2.3 *Effluent liquide*

Les effluents liquides provenant des eaux radioactives, des eaux usées sanitaires, des eaux pluviales, des eaux brutes de refroidissement (EBR) et des eaux de surface à proximité de l'ancien site d'élimination de la neige sont réglementés par le MELCC au moyen de critères de rejet présentés dans les rapports semestriels et annuels de surveillance environnementale du site. Ces critères sont des limites imposées par le MELCC pour réguler tout effluent avant son rejet dans le fleuve Saint-Laurent. Cependant, le MELCC ne fournit pas de critères de rejet pour tous les contaminants mesurés dans les effluents.

Pour les paramètres mesurés sans critère de rejet des effluents du MELCC, les valeurs de toxicité pour la vie aquatique et les valeurs aiguës finales à l'effluent (VAFe) sont disponibles auprès du MELCC [8]. Le MELCC fournit des critères de toxicité aiguë et chronique pour la vie aquatique afin d'évaluer directement la toxicité d'une source de contamination avant son mélange dans le milieu aquatique. Une valeur de 100 est divisée par les résultats des tests de toxicité spécifiés par le MELCC (p. ex., la concentration létale qui entraîne une mortalité de 50 % des organismes testés [LC₅₀], la concentration sans effet nocif observé [CSENO] ou la concentration inhibitrice, c.-à-d qui entraîne des effets autres que la mortalité, comme la croissance par exemple, pour 25 % des organismes testés [LC₂₅]) et est comparée à un critère de 1 unité de toxicité. L'unité de toxicité aiguë (UTa) de 1 est considérée comme applicable pour évaluer la toxicité des effluents. La VAFe du MELCC est la limite de toxicité aiguë des effluents avant mélange avec un milieu. Plus précisément, il s'agit de la concentration qui peut entraîner une mortalité de 50 % des organismes sensibles qui y sont exposés. Pour plusieurs paramètres métalliques, la VAFe est basée sur la dureté du plan d'eau récepteur. Une dureté moyenne de 100 mg/L CaCO₃ associée à neuf stations d'eau de surface (Stations #89-94 et 98-100) à proximité du site a été considérée comme applicable pour dériver les valeurs VAFe [9].

De plus, la ville de Bécancour réglemente les rejets dans le réseau d'égouts municipal [10]. Bien que non directement applicables aux installations de Gentilly-2, ces limites municipales sont utilisées comme valeurs repères pour la comparaison avec les paramètres mesurés dans les effluents sanitaires et pluviaux.

5.1.2.4 Émissions atmosphériques

Les sources d'émissions atmosphériques sur le site comprennent la combustion de produits pétroliers et les possibles rejets de gaz réfrigérants (halocarbures).

L'utilisation de produits pétroliers (c.-à-d. le propane, l'essence et le diesel) sur le site est associée aux véhicules d'Hydro-Québec ainsi qu'aux génératrices et pompes stationnaires destinées à l'alimentation électrique d'urgence ou au système d'eau d'incendie. Les émissions atmosphériques proviennent principalement des tests opérationnels périodiques des génératrices d'urgence. Les normes d'émission pour les essais périodiques sont régies par l'article 52 du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA) [11] pour les moteurs fixes et ont été respectées chaque année [12].

Les gaz réfrigérants sont utilisés dans les unités de climatisation ou de réfrigération du site ; toutefois, les émissions ne sont susceptibles de se produire qu'en cas de fuite de l'équipement. Toute fuite accidentelle est strictement réglementée par le MELCC, car elle doit être signalée et résolue conformément aux conditions de l'article 33 du *Règlement sur les halocarbures* [12] [13].

Étant donné que les émissions atmosphériques associées aux génératrices de secours respectent continuellement les normes d'émission, et que toute fuite accidentelle associée aux gaz réfrigérants est immédiatement notifiée aux organismes de réglementation en matière environnementale, l'exposition aux émissions atmosphériques est considérée comme une voie négligeable et n'est pas prise en compte plus avant dans cette évaluation.

5.2 Formulation du problème

La première étape de l'EREco est la formulation du problème. L'objectif de la formulation du problème est d'identifier les CPP, les récepteurs potentiels et les voies d'exposition. Ces trois éléments forment la base du modèle conceptuel de site (MCS) qui illustre les voies d'exposition des contaminants depuis leur source jusqu'aux récepteurs d'intérêt pour les milieux environnementaux pertinents. La formulation du problème examine ces trois éléments (récepteurs, contaminants et voies d'exposition) en détail afin d'identifier les combinaisons raisonnablement prévues où les trois éléments sont présents, ce qui correspond à des voies d'exposition complètes. Les voies incomplètes sont éliminées de toute considération ultérieure ou sont écartées. En outre, les voies d'exposition complètes sont également évaluées quant à leur importance par rapport à l'exposition globale. Dans certains cas, les voies d'exposition peuvent être complètes, mais sont considérées comme des contributeurs non significatifs à l'exposition globale et ne sont donc pas reportées pour être évaluées par l'EREco.

5.2.1 Sélection des récepteurs (composante valorisée de l'écosystème)

Un écosystème fonctionnel implique l'interaction de multiples espèces et chaque espèce réagit différemment aux CPP et/ou aux facteurs de stress physique. Comme il n'est pas possible

d'évaluer directement le risque pour chaque espèce individuelle, l'écosystème a été divisé en composantes (p. ex. plantes, invertébrés, oiseaux, mammifères, poissons). Pour les oiseaux, les mammifères et les poissons, un nombre limité d'espèces a été sélectionné dans chacune des composantes pour être représentatif de l'ensemble de la composante. Pour les plantes et les invertébrés, les espèces individuelles n'ont pas été sélectionnées, mais ces récepteurs ont été définis au niveau des composantes (p. ex. les plantes terrestres, les invertébrés du sol, les plantes aquatiques, le phytoplancton, le zooplancton et les invertébrés benthiques). Les récepteurs écologiques ont été sélectionnés pour l'EREco en tenant compte des critères suivants :

- Espèces et habitats observés sur le site, tels que documentés dans les études environnementales précédentes (voir les sections 2.2.3 à 2.2.5 du **chapitre 2**) ;
- Représentation de tous les principaux groupes de plantes et d'animaux présents sur le site (p. ex. espèces d'oiseaux ayant un habitat terrestre et aquatique, invertébrés du sol et benthiques, etc) ;
- Des récepteurs qui reflètent les intérêts de l'installation, des organismes de réglementation, des populations autochtones locales et des parties prenantes de la communauté ;
- Potentiel d'exposition (c.-à-d. le régime alimentaire, les préférences en matière d'habitat et les comportements qui rendent l'espèce susceptible d'entrer en contact avec les CPP) ;
- Les récepteurs qui jouent un rôle important dans la structure et la fonction de la communauté (p. ex. producteurs primaires, les prédateurs supérieurs, et les principaux herbivores) ;
- Les récepteurs qui ont une importance culturelle ou socio-économique ;
- La disponibilité d'informations sur le récepteur, y compris les données relatives à l'exposition et les données écotoxicologiques ; et
- Les espèces ayant un statut de conservation (p. ex. les espèces vulnérables, menacées ou en voie de disparition).

Les espèces et les habitats observés sur le site sont résumés dans la section 2.2 du **chapitre 2**, y compris les inventaires de la flore terrestre et/ou aquatique (arbres et plantes), de la faune (herpétofaune, oiseaux et mammifères), des organismes aquatiques et des poissons qui ont été documentés sur le site.

Des composantes valorisées de l'écosystème (CVE) ou des récepteurs ont été identifiés dans des études environnementales antérieures réalisées pour le site. Les CVE identifiées ont été prises en compte dans la sélection des récepteurs pour l'EREco actuelle. Dans certains cas, les CVE identifiées étaient difficiles à évaluer ou n'étaient pas représentatives des récepteurs associés aux expositions les plus élevées (et donc aux risques) signalées sur le site. Dans ces cas, les CVE identifiées ont été représentées par des espèces écologiquement similaires dont les facteurs d'exposition sont mieux connus et les expositions prévues plus élevées dans l'EREco. Des espèces de substitution associées à chaque niveau trophique ont été identifiées pour représenter les espèces observées sur le site.

Les mammifères et les oiseaux omnivores n'ont pas été retenus pour l'évaluation. L'évaluation des risques pour les autres mammifères et oiseaux qui se nourrissent presque exclusivement de plantes, d'invertébrés ou de petits mammifères est considérée comme englobant celle pour les animaux omnivores dont le régime alimentaire est composé de plus petites portions de chacun de ces aliments. Les plus grands mammifères (p. ex. le cerf de Virginie) n'ont pas été sélectionnés pour l'évaluation parce qu'ils sont généralement moins sensibles aux produits chimiques que les petits mammifères en raison de leur taux métabolique plus faible qui minimise l'exposition. De plus, le plus grand domaine vital des grands mammifères minimise le temps passé sur le site par rapport aux espèces plus petites et minimise donc l'exposition. L'évaluation des petits mammifères est considérée comme une représentation prudente de l'exposition et du risque pour les grands mammifères qui ont été documentés sur le site.

Une attention particulière a été accordée aux espèces en péril (EEP) afin de protéger et de conserver la flore et la faune rares. Une évaluation des EEP a été effectuée par revue de littérature pour déterminer la possibilité que les espèces en péril énumérées dans la Loi sur les espèces en péril (LEP) soient présentes sur le site. Cette évaluation est présentée à l'**Annexe A**. Les EEP ont été identifiées comme étant les espèces évaluées par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) et/ou désignées en vertu de la LEP comme étant préoccupantes, menacées ou en voie de disparition. Le potentiel de présence de l'espèce a été déterminé par la probabilité d'occurrence, où un classement de probabilité modérée à élevée indique un plus grand potentiel de présence de l'espèce sur le site et dans la zone d'exclusion.

D'après l'information tirée de l'évaluation de l'habitat et de l'examen des dossiers du site et des environs, treize (13) EEP ont une probabilité modérée à élevée d'être présentes sur le site :

- Petite chauve-souris brune (*Myotis lucifugus*)
- Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*)
- Engoulevent de l'Est (*Astrostomus vociferus*)
- Tortue serpentine (*Chelydra serpentina*)
- Monarque (*Danaus plexippus*)
- Vespertilion nordique (*Myotis septentrionalis*)
- Paruline du Canada (*Cardellina canadensis*)
- Gros-bec errant (*Coccothraustes vespertinus*)
- Fouille-roche gris (*Percina copelandi*)
- Pipistrelle de l'Est (*Perimyotis subflavus*)
- Engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*)
- Petit blongios (*Ixobrychus exilis*)
- Chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*)

Parmi ces espèces, le secteur d'étude offre au fouille-roche gris (*Percina copelandi*) un habitat adéquat dans les herbiers aquatiques du fleuve Saint-Laurent ou à l'embouchure de la rivière Gentilly et d'autres petits cours d'eau [14]. Un rapport réalisé par QSAR Inc. en 2002 confirme également que le secteur d'étude offre un habitat de reproduction adéquat pour le monarque (*Danaus plexippus*) associé aux fleurs sauvages dans les espaces ouverts et le long des sentiers, ainsi que pour le petit blongios (*Ixobrychus exilis*), qui niche habituellement dans les marais d'eau douce à végétation dense présents le long du fleuve Saint-Laurent [14] [15]. Ces deux

espèces ont été observées dans la zone d'étude lors de relevés antérieurs [15]. La présence des autres espèces en péril n'a pas été confirmée dans l'évaluation actuelle des EEP (**Annexe A**).

Étant donné la rareté des données relatives à l'exposition pour certaines de ces espèces ou le fait que ces espèces peuvent être moins exposées que d'autres espèces signalées sur le site, ces espèces ont été représentées par des espèces écologiquement similaires dont les facteurs d'exposition sont mieux connus et les expositions plus élevées dans l'EREco.

Les récepteurs terrestres et aquatiques sélectionnés pour l'EREco sont présentés au Tableau 5-1 et au Tableau 5-2 respectivement. La justification de la sélection de ces récepteurs est également fournie dans les tableaux.

Tableau 5-1 : Récepteurs terrestres et justification de la sélection

Récepteur terrestre	Justification de la sélection
Plantes terrestres	<ul style="list-style-type: none"> Potentiel élevé d'exposition aux produits chimiques en raison du contact des racines avec les sols Les producteurs primaires jouent un rôle essentiel dans l'environnement terrestre Source de nourriture pour la faune
Invertébrés du sol	<ul style="list-style-type: none"> Étroitement associés au sol car ils y vivent et s'y nourrissent Jouent un rôle essentiel dans la fertilité du sol et le cycle des nutriments Source de nourriture pour la faune
Mammifères	
Campagnol des champs (<i>Microtus pennsylvanicus</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Petit mammifère herbivore Habite les champs herbeux, les marais et les tourbières Documenté sur (dans la zone protégée) et autour du site Potentiel élevé d'exposition aux produits chimiques en raison des habitudes alimentaires (consomme des plantes en grande quantité par rapport au poids corporel) Joue un rôle clé dans la chaîne alimentaire (fait partie du régime alimentaire des grands mammifères et des oiseaux de proie) Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles Représentatif des autres mammifères herbivores recensés sur le site, notamment le cerf de Virginie (le cerf serait moins exposé que le campagnol en raison de son taux d'ingestion de nourriture plus faible, de son poids corporel plus élevé et de son domaine vital plus étendu)

Récepteur terrestre	Justification de la sélection
Grande musaraigne (<i>Blarina brevicauda</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Petit mammifère insectivore ou vermivore • Habite les forêts, les zones humides et les prairies. La forêt et les zones humides sont des habitats écologiques présents dans la zone d'exclusion • Observations documentées sur le site • Taux élevé de consommation alimentaire par rapport au poids corporel, ce qui augmente l'exposition potentielle aux produits chimiques • Joue un rôle clé dans la chaîne alimentaire (fait partie du régime alimentaire des grands mammifères et des oiseaux de proie) • Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles • Représentatif d'autres espèces, y compris les EEP (petite chauve-souris brune, vespertilion nordique et chauve-souris tricolore)
Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Mammifère carnivore • Se nourrit principalement de petits mammifères et d'oiseaux • Se rencontrent dans de nombreux habitats, mais préfèrent un mélange de forêts et d'habitats ouverts, qui sont présents dans la zone d'exclusion • Observations documentées sur le site • Joue un rôle clé dans le réseau alimentaire (carnivore) • Indicateur de l'exposition à des substances chimiques susceptibles de se bioaccumuler/se bioamplifier dans la chaîne alimentaire terrestre • Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles
Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Se nourrit de plantes aquatiques, les quenouilles étant l'un des aliments végétaux les plus importants • Habite les ruisseaux d'eau douce, les cours d'eau, les lacs, les marais et les étangs. La zone d'exclusion comprend les cours d'eau douce, les rivières, les marais et les zones humides • Consomme environ 1/3 de son poids chaque jour, ce qui augmente l'exposition potentielle aux produits chimiques • Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles • Des quenouilles à feuilles étroites ont été observées dans la zone d'exclusion
Musaraigne palustre (<i>Sorex palustris</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Plonge au fond des cours d'eau ou d'autres habitats aquatiques et se nourrit d'insectes aquatiques (larves et nymphes de trichoptères, d'éphémères, d'éphémères et de perles) • Joue un rôle clé dans la chaîne alimentaire (fait partie du régime alimentaire des grands mammifères et des oiseaux de proie)

Récepteur terrestre	Justification de la sélection
Vison d'Amérique (<i>Neovison vison</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Mammifère carnivore dont le régime alimentaire est composé de poissons Utilise des habitats aquatiques tels que les cours d'eau, les lacs et les marais. La zone d'exclusion comprend les cours d'eau douce, les rivières, les marais et les zones humides Indicateur de l'exposition à des substances chimiques susceptibles de se bioaccumuler ou de se bioamplifier dans la chaîne alimentaire aquatique Observations documentées sur le site Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles
Oiseaux	
Tourterelle triste (<i>Zenaida macroura</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Oiseau herbivore dont le régime alimentaire est composé à 99 % de graines Plus commun dans les bois ouverts et les lisières de forêts près des prairies et des champs Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles Représentatif d'autres oiseaux herbivores recensés sur le site, notamment le junco aux yeux sombres, le bruant chanteur et le gros-bec errant, qui est un EEP (statut de conservation « préoccupant »)
Bécasse d'Amérique (<i>Scolopax minor</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Oiseau vermicole 50 à 90 % du régime alimentaire est constitué de vers de terre, d'où un potentiel d'exposition élevé aux contaminants du sol Vit dans les bois humides de début de succession près des champs ouverts ou des clairières forestières, des champs abandonnés, des bords de ruisseaux et d'étangs Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles Représentative d'autres vermicoles/insectivores dont les observations ont été documentées sur le site, y compris les EEP tels que l'hirondelle rustique et l'engoulevent d'Amérique
Hibou des marais (<i>Asio flammeus</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Oiseau carnivore qui mange des petits mammifères Vit dans des zones ouvertes telles que les prairies, les marais et la toundra. Des prairies humides ont été identifiées dans la zone d'exclusion Joue un rôle clé dans la chaîne alimentaire (prédateur supérieur) Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles Statut de conservation (« préoccupation spéciale ») Indicateur de l'exposition à des substances chimiques susceptibles de se bioaccumuler ou de se bioamplifier dans la chaîne alimentaire terrestre Représentatif d'autres rapaces, y compris la buse pattue qui a été observée sur le site
Sarcelle à ailes vertes (<i>Anas carolinensis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Petit canard qui se nourrit principalement de plantes aquatiques Observations documentées dans le corridor du Saint-Laurent

Récepteur terrestre	Justification de la sélection
Bécasseau semipalmé (<i>Calidris pusilla</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Se nourrit principalement d'invertébrés benthiques, d'où un potentiel d'exposition élevé aux produits chimiques présents dans les sédiments Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles
Martin-pêcheur d'Amérique (<i>Megacyrle alcyon</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Oiseau piscivore Taux d'ingestion de nourriture plus élevé que celui des autres piscivores recensés sur le site (y compris le pygargue à tête blanche et la grande aigrette), d'où un risque d'exposition plus élevé aux produits chimiques Les informations sur le cycle de vie sont facilement disponibles
Reptiles et amphibiens	
Couleuvre verte (<i>Opheodrys vernalis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Reptile qui consomme des insectes terrestres Se trouve dans les zones herbeuses humides, généralement dans les prairies, les pâturages et les prés, les marais et les bords de lac. On peut également la trouver dans les zones forestières ouvertes. Des bas et hauts marais ont été identifiés dans la zone d'exclusion
Tortue serpentine (<i>Chelydra serpentina</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Reptile omnivore (invertébrés, vertébrés, plantes) qui consomme également des insectes aquatiques Préfère les eaux peu profondes avec un substrat de fond mou et une certaine végétation submergée et émergente Statut de conservation (« préoccupation spéciale ») EEP pour le site
Couleuvre rayée commune (<i>Thamnophis sirtalis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Reptile carnivore (stade adulte) qui se nourrit principalement de petits mammifères tels que les souris Se trouve dans les zones plates, marécageuses ou partiellement drainées. Plusieurs marais ont été identifiés dans la zone d'exclusion Statut de conservation (« en danger ») Considérée comme représentative des autres reptiles carnivores dont les observations ont été documentées sur le site, y compris la couleuvre à collier
Couleuvre d'eau (<i>Nerodia sipedon sipedon</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Reptile piscivore, qui se nourrit également d'amphibiens Utilise de nombreux habitats aquatiques différents tels que les rivières, les ruisseaux, les bourbiers, les lacs, les étangs, les tourbières et les marais. Ces habitats (p. ex. les rivières, les ruisseaux, les marais) existent dans la zone d'exclusion
Rainette faux-grillon de l'Ouest (<i>Pseudacris triseriata</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Amphibien qui consomme des insectes terrestres Se trouve dans une variété d'habitats, y compris les marais, les prairies, les baïssières et autres zones ouvertes. Des marais et d'autres zones ouvertes existent dans la zone d'exclusion Statut de conservation (« menacé ») Représentante du crapaud d'Amérique qui a été observé sur le site

Récepteur terrestre	Justification de la sélection
Triton vert (<i>Notophthalmus viridescens vir.</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Amphibien qui consomme des insectes aquatiques Habite les forêts de conifères et de feuillus ; vit dans de petites étendues d'eau douce pendant les stades larvaire et adulte (étangs, petits lacs, fossés et marais), le stade postérieur étant entièrement terrestre

Références pour noms français : [16] [17].

Tableau 5-2 : Récepteurs aquatiques et justification de la sélection

Récepteur aquatique	Justification de la sélection
Plantes aquatiques	<ul style="list-style-type: none"> Fournissent un habitat (c.-à-d. de la nourriture, un abri et des zones de fraîcheur) à de nombreux animaux, tant aquatiques que terrestres Présentes dans les zones humides (p. ex. marais, marécages) et les eaux peu profondes le long du fleuve Saint-Laurent
Zooplancton	<ul style="list-style-type: none"> Source de nourriture importante pour d'autres formes de vie aquatique, notamment les poissons <i>Ceriodaphnia dubia</i> et <i>Daphnia magna</i> sont des organismes de test courants dans les tests de toxicité en laboratoire pour un certain nombre de raisons, notamment leur large distribution dans les systèmes d'eau douce, leur importance dans la chaîne alimentaire aquatique, leur sensibilité à une large gamme de produits chimiques et leur cycle de vie relativement court qui permet de réaliser des tests de toxicité chronique Grande base de données toxicologiques pour des espèces telles que <i>C. dubia</i> et <i>D. magna</i> Des espèces de zooplancton ont été identifiées dans le fleuve Saint-Laurent
Invertébrés benthiques	<ul style="list-style-type: none"> Jouent un rôle essentiel dans le cycle des nutriments et la décomposition des détritus dans l'environnement aquatique Présence documentée dans le fleuve Saint-Laurent, ils appartiennent à six phyla : Plathelminthes, Nemertes, Nématodes, Mollusques, Annélides et Arthropodes Source de nourriture importante pour les poissons, les oiseaux et les amphibiens Vivent et se nourrissent dans les sédiments, ce qui maximise le potentiel d'exposition Animaux sessiles, ce qui maximise le potentiel d'exposition Puissent être sensibles à la contamination

Récepteur aquatique	Justification de la sélection
Achigan à petite bouche (<i>Micropterus dolomieu</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Carnivore et insectivore • Espèce de poisson d'eau chaude, fraie au printemps dans les substrats sablonneux • Une espèce importante pour la pêche sportive • Connue pour la bioaccumulation des produits chimiques en raison de sa position dans la chaîne alimentaire • Représentatif des espèces similaires d'eau chaude, comme la perchaude et le grand brochet, qui ont été observées dans le fleuve Saint-Laurent
Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Espèce d'eau profonde qui fraie dans les zones rocheuses du littoral en automne • Mangeur de fond, insectivore/carnivore • Substitut pour d'autres espèces ayant des habitats et des cycles biologiques similaires (c.-à-d. les poissons « pélagiques » hauturiers, y compris la carpe et le doré jaune, qui ont été observés dans le fleuve Saint-Laurent)
Méné à tache noire (<i>Notropis hudsonius</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Espèces de poissons d'eau chaude • Espèce-proie importante pour d'autres poissons, notamment le grand brochet, qui a été observé dans le fleuve Saint-Laurent • Un poisson-appât important pour les pêcheurs à la ligne • Substitut d'autres espèces ayant des habitats et des cycles biologiques similaires, y compris le fouille-roche gris (statut de conservation « préoccupant »), le méné jaune qui a été observé dans le fleuve Saint-Laurent, ou d'autres cyprinidés
Meunier noir (<i>Catostomus commersoni</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Présent dans les lacs et les rivières • L'une des espèces les plus couramment observées le long du fleuve Saint-Laurent • Mangeur de fond • Importante espèce-proie pour d'autres poissons, notamment le grand brochet, les oiseaux et les mammifères

Références pour noms français: [16] [17].

5.2.2 Évaluation des paramètres de mesure

Les paramètres d'évaluation sont des énoncés narratifs qui décrivent les valeurs environnementales à protéger, mais ils peuvent rarement être mesurés directement. Les paramètres de mesure sont les études, les tests ou les modèles qui peuvent être réalisés et qui servent de substitut aux paramètres d'évaluation. Ils constituent le moyen par lequel l'évaluateur des risques atteindra le paramètre d'évaluation.

À l'exception des EEP, qui sont évalués au niveau individuel, les paramètres d'évaluation des récepteurs écologiques sont définis au niveau de la population ou de la communauté. Les EEP sont évaluées au niveau individuel parce que le déclin des individus peut mettre en péril les populations.

Le critère de mesure pour les plantes terrestres et les organismes du sol est la comparaison des concentrations dans le sol avec les valeurs toxicologiques de référence dérivées de la littérature, sans effets délétères sur la survie, la croissance, le développement ou la reproduction. Pour les mammifères et les oiseaux, le critère de mesure est la comparaison des doses alimentaires modélisées avec les valeurs toxicologiques de référence (VTR) issues de la littérature, sans effets délétères sur la survie, la croissance, le développement ou la reproduction. On considère que les concentrations et les doses inférieures aux valeurs dérivées de la littérature présentent des risques négligeables pour les plantes terrestres, les organismes du sol, les mammifères et les oiseaux.

Les paramètres de survie, de croissance et de reproduction sont généralement considérés comme étroitement liés au succès de la population, c'est pourquoi ils sont pris en compte dans l'élaboration des repères toxicologiques. Les concentrations inférieures aux valeurs dérivées de la littérature sont considérées comme présentant des risques négligeables pour les récepteurs aquatiques.

Il y a un manque général de données concernant l'exposition et les effets des produits chimiques sur les reptiles et les amphibiens. Cela représente une incertitude pour la quantification des risques posés par les produits chimiques à ces animaux en utilisant les mêmes critères que ceux utilisés pour les mammifères et les oiseaux. Le paramètre de mesure utilisé pour les reptiles et les amphibiens est la comparaison des zones d'impact identifiées du site avec les zones dont il a été démontré qu'elles constituent un habitat approprié pour ces animaux. S'il n'existe pas d'habitat approprié pour les amphibiens et les reptiles dans les zones d'impact identifiées, on considère que ces zones présentent des risques négligeables pour les reptiles et les amphibiens.

5.2.3 Identification des contaminants potentiellement préoccupants et des facteurs de stress physique

Comme l'indique la section 3.2.2 du **chapitre 3**, plus de 50 études environnementales ont été réalisées sur le site depuis le début des années 1990. La majorité des données sur la qualité de l'environnement étaient axées sur les contaminants radiologiques ; toutefois, les sous-sections suivantes détaillent les données non radiologiques qui ont été jugées adéquates pour appuyer les objectifs et l'approche de l'EREco. Il est à noter que les génératrices diesel sont testées périodiquement ; toutefois, étant donné la rareté et la courte durée de ces essais, l'exposition aux particules en suspension dans l'air est considérée comme négligeable et n'est pas prise en compte dans la présente évaluation.

D'après les informations présentées ci-dessous, aucun CPP lié à la santé écologique n'a été identifié sur le site.

5.2.3.1 Sol

Voir la section 3.2.2.1 du **chapitre 3** pour plus de détails sur les études de sol précédentes. Les données sur les sols recueillies en 2021 [18] étaient disponibles pour les métaux et les matières inorganiques, les HCP et les BTEX. Les paramètres liés au sel tels que le sodium et les chlorures ont également été évalués étant donné la présence d'une zone de stockage de la neige. Sur la base de l'examen préalable présenté dans les tableaux 3-2, 3-3 et 3-4 du **chapitre 3**, les résultats analytiques pour tous les paramètres étaient inférieurs à leurs critères respectifs (voir la section 5.1.2.1 pour plus de détails sur les critères pertinents relatifs aux sols). Par conséquent, aucun CPP n'a été retenu dans le sol pour l'ERECO.

5.2.3.2 Eaux souterraines

Voir la section 3.2.2.2 du **chapitre 3** pour plus de détails sur les enquêtes précédentes sur les eaux souterraines. Les échantillons d'eau souterraine de 2021 qui sont considérés comme applicables pour évaluer le risque pour les récepteurs écologiques ont été analysés pour une suite de métaux dissous et de matières inorganiques, y compris le cadmium, le chrome, le cuivre, le fer, le plomb, le zinc, le chlorure, la conductivité électrique, les sulfates et le pH (présentés au Tableau C-2 de l'Annexe C) ainsi que les BTEX et les HP (C_{10} -C₅₀) (présentés au Tableau C-1 de l'Annexe C). Ces données ont été collectées en novembre 2021 [19].

En ce qui concerne les métaux (Tableau C-2 de l'Annexe C), les procédures d'échantillonnage sur le terrain pour les métaux dans les programmes de surveillance annuels et semestriels précédents ne comprenaient pas de filtration des échantillons pour évaluer les concentrations dissoutes. Par conséquent, ces données historiques n'ont pas été utilisées, et seules les données recueillies en novembre 2021 ont été utilisées pour représenter les concentrations de métaux et de matières inorganiques dans les eaux souterraines du site.

La profondeur des eaux souterraines ne devrait pas entraîner de contact avec les plantes, les mammifères ou les invertébrés du sol, comme indiqué au tableau 3-1. En effet, la profondeur moyenne des eaux souterraines mesurée à partir des piézomètres en 2021 était de 3,6 m sous la surface du sol pour l'horizon A, 3,5 m pour l'horizon B et 3,1 m pour l'horizon C.

Sur la base du dépistage au Tableau C-2 de l'Annexe C, des dépassements pour le cuivre, le fer, le chlorure et les sulfates dans les eaux souterraines ont été identifiés.

Des dépassements de la recommandation chronique du MELCC pour le **cuivre** (0,00091 mg/L) ont été observés à P-36-C (0,0014 mg/L), P-5-B (0,0038 mg/L) et P-5-C (0,0014 mg/L), tandis que P-5-B (0,0038 mg/L) dépassait à la fois le critère de dépistage chronique du MELCC et la RFIQES applicable du PASCF (0,00236 mg/L). La RFIQES 2016 du PASCF pour le cuivre est basé sur les Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique du CCME [5]. En général, le PASCF applique un facteur de dilution de 10 comparativement aux critères adoptés pour les eaux de surface afin de tenir compte de la dilution des eaux

souterraines vers un plan d'eau de surface. Cette approche est conforme à celle d'autres instances, comme le CCME, le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et le ministère de l'Environnement, de la Conservation et des Parcs de l'Ontario. Il est à noter que la RFIQES du PASCF pour le cuivre, qui a été tirée du CCME, ne comprend pas le facteur de dilution de 10 qui tient compte du transfert des eaux souterraines aux plans d'eau de surface et, par conséquent, la RFIQES du PASCF pour le cuivre est très conservatrice. Aux fins de la présente EREco, le facteur de dilution de 10 devrait être pris en compte, et il est probablement encore très conservateur étant donné qu'une dilution rapide est prévue à mesure que les eaux souterraines se mobilisent dans le fleuve Saint-Laurent, dont le débit est considérable. Par conséquent, le facteur de dilution de 10 a été appliqué à la RFIQES du PASCF sur le cuivre, ce qui donne une valeur ajustée de 0,023 6 mg/L pour la RFIQES. La concentration maximale rapportée de cuivre dans les eaux souterraines (0,0038 mg/L) n'est pas dépassée. De même, l'application d'un facteur de dilution de 10 pour la recommandation chronique de cuivre du MELCC donne une valeur de 0,0091 mg/L et la concentration maximale de cuivre dans les eaux souterraines ne la dépasse pas. Par conséquent, le cuivre n'a pas été retenu comme une CPP pour l'EREco.

Les **sulfates** ont seulement dépassé la RFIQES du PASCF, car il n'existe pas de directives du MELCC. La RFIQES 2016 du PASCF pour les sulfates est tirée à partir d'une version périmée du Contaminated Sites Regulation (CSR) de la Colombie-Britannique (C.-B.). La version actualisée du CSR de la C.-B. (2021) [20] pour les sulfates est de 3 090 mg/L (en supposant que les concentrations de dureté varient de 76 à 180 mg/L de CaCO₃). Notez que lorsque le PASCF a adopté les valeurs du CSR de la C.-B. dans le cadre du document d'orientation de 2016, il a supprimé le facteur de dilution de 10 qui tient compte du transfert des eaux souterraines vers les masses d'eau de surface. Aux fins de la présente EREco, le facteur de dilution de 10 n'a pas été supprimé, car on s'attend à une dilution rapide lorsque les eaux souterraines se mobilisent dans le fleuve Saint-Laurent. En se basant sur la mise à jour de la directive du CSR de la B.-C. sur le sulfate (c.-à-d. 3 090 mg/L), le sulfate (concentration maximale rapportée de 323 mg/L) n'a pas été retenu comme une CPP pour l'EREco.

Les concentrations de **fer** dans les eaux souterraines dépassaient la RFIQES du PASCF de 0,3 mg/L et la concentration maximale de fer mesurée dans les eaux souterraines était de 7,7 mg/L. Cependant, le fer est omniprésent dans l'environnement et dans les eaux souterraines en raison des conditions de réduction sous la surface. De plus, une étude menée par Abdullah et Javed (2006) a découvert que l'espèce de poisson *Cirrhina mrigala*, qui a montré une grande sensibilité au fer, avait une concentration létale (CL₅₀) de 50,11 mg/L [21]. Étant donné que la concentration maximale (7,7 mg/L) ne dépasse pas la concentration létale pour une espèce de poisson sensible au fer, il n'est pas retenu comme CPP pour l'EREco.

Les concentrations de **chlorure** dépassent les directives du MELCC pour la protection de la vie aquatique (aiguë et chronique), ainsi que les RFIQES du PASCF qui protègent également la vie aquatique (chronique). Il est à noter que plusieurs rapports de surveillance semestriels et annuels indiquent que les concentrations de chlorure sont d'origine naturelle, car les puits de roche profonde sont riches en sels minéraux en raison de l'ancienne présence d'eau marine (

[22] [23] [24] [25] [26]). De plus, le rapport de Nove Environnement Inc. [27] indique que le gradient hydraulique est faible sur le site et que, par conséquent, la mobilité des eaux souterraines vers les eaux de surface devrait être lente. Sur la base de ces informations, le chlorure n'a pas été retenu comme une CPP pour l'EREco.

Les données sur les eaux souterraines pour les **BTEX** et les **HCP** ont été considérées comme pertinentes pour l'EREco. Sur la base de l'examen préalable en Tableau C-1 de l'Annexe C tous les résultats d'analyse étaient inférieurs à leurs critères respectifs pour les BTEX et les HCP (voir la section 5.1.2.2 pour les critères pertinents pour les eaux souterraines).

5.2.3.3 *Effluents liquides*

Les effluents liquides sont considérés comme des effluents provenant des effluents radioactifs, des eaux usées sanitaires, des eaux pluviales, de l'ancien site d'élimination des neiges usées et de l'eau brute de refroidissement du site. Les concentrations de métaux et de produits chimiques généraux dans les effluents sont présentées au Tableau C-3 de l'Annexe C et les HP ($C_{10} - C_{50}$) et l'hydrazine sont présentés au Tableau C-4 de l'Annexe C. Comme discuté à la section 5.1.2.3, elles ont été comparées aux limites de rejet du MELCC. En l'absence de limites de rejet pour divers métaux et paramètres de chimie générale, les mesures des effluents ont également été comparées aux VAFe et aux valeurs de toxicité pour la vie aquatique du MELCC. Les eaux usées sanitaires et les eaux pluviales ont également été comparées aux normes de rejet au réseau d'égout de la ville de Bécancour.

Chimie générale

Pour la chimie générale, les mesures de rejet des effluents étaient inférieures aux critères de rejet du MELCC, à l'exception de l'oxygène dissous dans les eaux usées sanitaires, où des mesures inférieures au critère de $>2 \text{ mg/L}$ ont été signalées à chaque année, entre 2016 et 2020, ainsi qu'une mesure de $5\,190 \text{ mg/L}$ pour le total des solides en suspension (TSS) au point de sortie de l'ancien site d'élimination des neiges usées, supérieure au critère de rejet de 30 mg/L en 2015. On s'attend à ce que l'oxygène dissous soit plus faible en été et en automne, lorsque les températures de l'eau sont plus élevées et que les débits sont généralement plus faibles ; cela correspond aux résultats de 2019 et 2020. En ce qui concerne le dépassement des TSS mesurés en 2015, cela peut être dû à la remise en suspension des sédiments pendant le prélèvement des échantillons [28]. Un nouvel équipement d'échantillonnage dédié a été acquis pour l'échantillonnage ultérieur, qui n'a signalé aucun dépassement du total des solides en suspension en 2016. Aucun critère de décharge pour les TSS dans les eaux pluviales n'est fourni par le MELCC, par conséquent les TSS des eaux pluviales ont été comparées à la norme de la ville de Bécancour de 30 mg/L . Des dépassements ont été identifiés en 2015 et 2018, et la concentration maximale de TSS (109 mg/L) a été quantifiée en 2018. Bien qu'il y ait des dépassements d'oxygène dissous et de TSS dans les eaux usées sanitaires, les eaux pluviales ou l'eau du point de sortie de l'ancien site d'élimination des neiges usées, l'oxygène dissous et les

TSS sont ne sont pas des constituants chimiques et ne sont donc pas retenus comme CPP pour le site.

Métaux

Pour les métaux, il n'y a pas de critère de rejet d'effluents du MELCC disponible. Par conséquent, les VAFé du MELCC, les valeurs de toxicité aquatique et les normes de la ville de Bécancour ont été considérées applicables comme critères de dépistage pour le processus de sélection des résultats. Des dépassements de la VAFé du MELCC ont été identifiés pour le cuivre dans les effluents radioactifs liquides au cours de multiples événements d'échantillonnage de 2018 à 2020, où la concentration maximale mesurée de 210 µg/L a dépassé la VAFé du MELCC de 28 µg/L. Une concentration de chrome (52 µg/L) a été identifiée dans les eaux pluviales au-dessus de la VAFé du MELCC de 32 µg/L en 2018, cependant elle était inférieure à la norme de la ville de Bécancour pour les eaux pluviales de 1 000 µg/L. De plus, deux dépassements de fer dans les eaux pluviales ont été identifiés en 2018 où la concentration maximale de 10 200 µg/L a dépassé la VAFé de 6 900 µg/L. Cependant, la concentration maximale n'a pas dépassé la norme de 17 000 µg/L pour les eaux pluviales de la ville de Bécancour. Indépendamment des dépassements notés ci-dessus, toutes les mesures des tests de toxicité de l'eau radioactive étaient inférieures à l'unité de toxicité aiguë (UTa) et, par conséquent, les métaux dans les effluents radioactifs n'ont pas été considérés comme toxiques pour la vie aquatique. Aucune autre évaluation n'était justifiée dans le cadre de cette évaluation.

Les HP et l'hydrazine

Pour les hydrocarbures pétroliers, un dépassement (7 700 µg/L) de la limite de rejet du MELCC de 5 000 µg/L a été signalé en mars 2020 dans les réservoirs d'eau radioactive. Ce dépassement n'a été observé que lors d'un seul événement d'échantillonnage [29]. En général, les mesures sont restées inférieures à la limite de rejet des HP et étaient du même ordre de grandeur que les périodes d'échantillonnage précédentes. Étant donné que cela a été considéré comme un événement ponctuel, les HP n'ont pas été considérés comme des CPP dans cette évaluation.

Toutes les mesures d'hydrazine mesurées dans les eaux radioactives sont inférieures au critère de rejet applicable de 40 mg/L.

En résumé, les mesures des effluents liquides (c.-à-d. les eaux radioactives, les eaux usées sanitaires, les eaux pluviales, les eaux brutes de refroidissement ou les eaux de surface de l'ancien site d'élimination des neiges usées) étaient soit inférieures aux critères de rejet du MELCC, soit, en l'absence de tels critères, aux valeurs de toxicité pour la vie aquatique ou aux normes de la ville de Bécancour pour les réseaux d'égouts. Les effluents liquides ne sont donc pas considérés comme des CPP, et l'évaluation des risques pour la vie aquatique associés aux effluents liquides n'était pas justifiée dans le cadre de cette évaluation.

5.2.3.4 Facteurs de stress physiques

La norme CSA N288.6-12 [30] indique que les facteurs de stress physiques peuvent être évalués s'ils peuvent affecter les récepteurs humains ou écologiques.

Pendant l'exploitation de l'installation, le rejet thermique qui a affecté localement la température de l'eau était un facteur de stress physique important de l'installation. Le panache thermique généré pendant l'exploitation a modifié le gradient thermique du secteur sur une distance allant jusqu'à environ 600 m en aval. Cependant, il n'avait pas été anticipé que ce facteur affecte de manière significative la structure et le fonctionnement de la communauté locale de poissons [9]. Étant donné que l'effet était très localisé, et qu'il n'est plus possible maintenant que l'exploitation a cessé, il n'y a plus de rejets thermiques pour affecter les récepteurs écologiques.

Le Tableau 5-3 résume l'évolution de l'ensemble des facteurs de stress physique reliés aux récepteurs écologiques des installations de Gentilly-2. Avec l'approche de la phase de stockage sous surveillance, tous les facteurs de stress physique ont diminué significativement à l'exception de l'éclairage du site qui s'est maintenu. L'intensité de l'éclairage pourrait éblouir les oiseaux et engendrer des collisions avec les structures avoisinantes mais aucun évènement n'a été observé. Il n'y a donc pas de facteurs de stress physique significatifs sur les récepteurs écologiques.

Tableau 5-3 : Résumé de l'évolution des facteurs de stress physique reliés aux récepteurs écologiques des installations de Gentilly-2

Facteur de stress physique	Exploitation	Préparation au stockage sous surveillance	Stockage sous surveillance
Circulation	<ul style="list-style-type: none">Voitures d'environ 600 employés et 100 contractuels;Davantage durant les arrêts et durant la construction de l'IGDRS.	<ul style="list-style-type: none">Diminution du nombre d'employés à moins d'une centaine;Pas de travaux d'arrêt;Pas de construction ou de déconstruction d'ampleur.	<ul style="list-style-type: none">Diminution à moins de 25 employés pour Gentilly-2 (excluant ceux de la centrale de Bécancour et Trans-Énergie);Pas de construction ou de déconstruction d'ampleur.

Facteur de stress physique	Exploitation	Préparation au stockage sous surveillance	Stockage sous surveillance
Bruit	<ul style="list-style-type: none"> • Bruit résultant de la circulation; • Opération occasionnelle des vannes de rejet à l'atmosphère; • Opération de la grue portique et des camions pour le transfert du combustible irradié et autres déchets à l'ASSCI et à l'IGDRS; • Appels diffusés à l'extérieur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Opération de la grue portique et des camions pour le transfert du combustible irradié et autres déchets à l'ASSCI et à l'IGDRS; • Opération de la grue et de camions pour le projet de réduction de volume à l'ASDR. • Appels occasionnels diffusés à l'extérieur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de transfert de déchets. • Peu d'appels diffusés à l'extérieur.
Poussières	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux d'excavation; • Circulation chemin d'accès et stationnements. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sources réduites en raison de la diminution des travaux et du personnel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu de circulation sur le chemin d'accès.
Éclairage	<ul style="list-style-type: none"> • Éclairage intense des installations de stockage de déchets et du poste de sectionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de changement sur le site. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de changement sur le site.
Animaux tués sur le chemin d'accès et impact d'oiseaux	<ul style="list-style-type: none"> • En fonction de la circulation sur le chemin d'accès principal, dans les stationnements et sur les chemins donnant accès à diverses installations sur le site (p. ex. étang aéré, ASDR). 	<ul style="list-style-type: none"> • Moindre en raison de la baisse de circulation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encore moindre en raison de la baisse de circulation.
Panache thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Panache thermique dans le canal de rejet lors de l'exploitation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de panache thermique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de panache thermique.

Facteur de stress physique	Exploitation	Préparation au stockage sous surveillance	Stockage sous surveillance
Captage des poissons par la prise d'amenée.	<ul style="list-style-type: none"> Plein débit lors de l'exploitation : 2 x 12,3 m³/s eau de circulation (EDC), eau brute de refroidissement (EBR) et eau brute d'alimentation (EDA). 	<ul style="list-style-type: none"> Débit grandement réduit avec l'arrêt de l'eau de circulation (EDC) et de l'eau brute de refroidissement (EBR). Seules les pompes de l'eau brute d'alimentation (EBA) demeurent en fonction (~ 80 l/s). 	<ul style="list-style-type: none"> Seules les pompes de l'eau brute d'alimentation (EBA) demeureront en fonction.

5.2.4 Voies d'exposition

Les récepteurs entrent en contact avec les CPP par des voies d'exposition. Pour qu'une voie d'exposition existe, une source de contaminants, un mécanisme de rejet, un moyen de transport et un récepteur doivent être présents. Les voies inopérantes et/ou non significatives n'ont pas été évaluées dans l'EREco. Les voies d'exposition suivantes ont été considérées comme complètes :

Voies d'exposition terrestres

- Plantes : Contact direct et absorption par les racines avec le sol ;
- Invertébrés du sol : Contact direct avec le sol ; et
- Mammifères et oiseaux : Ingestion accidentelle de sol et exposition alimentaire (c.-à-d. ingestion de plantes, d'invertébrés du sol ou de petits mammifères qui ont accumulé des CPP).

Les amphibiens et les reptiles ont été évalués de manière qualitative dans l'EREco car il n'y a pas assez de données écotoxicologiques pour évaluer ces récepteurs de manière quantitative.

Plusieurs voies d'exposition terrestres et aquatiques aux CPP n'ont pas été évaluées dans le cadre de l'EREco. Les voies et la justification de leur exclusion de l'évaluation sont présentées ci-dessous :

Exclusion des voies d'exposition terrestres

- Contact cutané avec le sol par les mammifères et les oiseaux : L'exposition par cette voie devrait être négligeable, car la présence de plumes sur les oiseaux et de fourrure sur les mammifères limite le contact cutané avec le sol contaminé [31] [32]. De plus, les données

nécessaires à l'évaluation de l'exposition par contact cutané font souvent défaut [32] ou, si elles existent, elles sont basées sur des études dans lesquelles le produit chimique est appliqué directement sur la peau en rasant la fourrure des rongeurs de laboratoire [31], un type d'exposition qui ne se produirait pas dans l'environnement naturel.

- Inhalation des vapeurs du sol par les mammifères et les oiseaux : Cette voie est considérée comme négligeable, car les vapeurs seraient rapidement mélangées à l'air ambiant et diluées de telle sorte que les concentrations ne présenteraient pas de risque inacceptable pour les mammifères et les oiseaux. L'exclusion de cette voie d'exposition est également conforme à l'approche utilisée par le CCME [33] pour établir les recommandations pour la qualité des sols.
- Absorption par les tiges et le feuillage des plantes terrestres : La végétation terrestre peut être exposée aux CPP par l'absorption de l'air ambiant par les tiges et le feuillage ; toutefois, on suppose que les vapeurs présentes dans l'air extérieur se mélangerait rapidement à l'air ambiant et seraient diluées de sorte que les risques associés à cette voie d'exposition seraient négligeables. En outre, les informations sur l'exposition associées à cette voie sont sujettes à un degré élevé d'incertitude.
- Contact direct avec les eaux souterraines par des plantes à racines peu profondes : L'exposition par cette voie devrait être incomplète, car aucun CPP n'a été identifié dans les eaux souterraines du site.

Exclusion des voies d'exposition aquatique

- Les plantes aquatiques peuvent être exposées aux CPP par l'absorption de l'air ambiant par les tiges et le feuillage ; toutefois, aucun CPP volatile n'a été retenu. De plus, on suppose que les vapeurs présentes dans l'air extérieur se mélangerait rapidement à l'air ambiant et seraient diluées, de sorte que les risques associés à cette voie d'exposition seraient négligeables. En outre, les informations sur l'exposition associées à cette voie de pénétration sont sujettes à un degré élevé d'incertitude. Par conséquent, cette voie d'exposition a été considérée comme complète, mais non significative.
- Le contact cutané avec les eaux de surface et les sédiments pour les mammifères aquatiques et les oiseaux n'est pas considéré comme une voie d'exposition importante, car la présence de fourrure sur les mammifères et de plumes sur les oiseaux limite le contact cutané avec les sédiments et les eaux de surface contaminés [31] [32]. Voir ci-dessus pour une discussion plus approfondie sur le contact cutané avec les oiseaux et les mammifères.
- Le contact direct avec l'eau de surface par les récepteurs aquatiques a été considéré comme incomplet, car aucune CPP dans les eaux souterraines n'a été identifiée sur le site ; par conséquent, la migration des CPP dans les eaux souterraines vers le plan d'eau hors site le plus proche (le fleuve Saint-Laurent) n'est pas prévue.

5.2.5 Modèle conceptuel écologique du site

Les résultats de l'identification des récepteurs (CVE), du dépistage chimique et du dépistage des voies d'exposition sont résumés dans un modèle conceptuel du site (MCS), qui illustre graphiquement la source des CPP, les mécanismes de rejet, les voies de transport environnemental, , ainsi que les voies d'exposition pour chaque récepteur écologique recensé.

Les récepteurs écologiques peuvent être exposés aux CPP par des voies directes et indirectes. Les voies directes sont celles où le récepteur entre en contact direct avec la source des CPP (p. ex. ingestion de sédiments, de sol et d'eau de surface). Les voies d'exposition indirectes sont celles dans lesquelles l'exposition résulte de facteurs secondaires (p. ex. l'ingestion de végétation et/ou de proies, qui sont représentées par les invertébrés et les petits mammifères).

Le MCS pour les récepteurs terrestres et aquatiques est présenté à la Figure 5-1.

**Modèle conceptuel de site pour les récepteurs écologiques - Installations de Gentilly-2,
Québec**

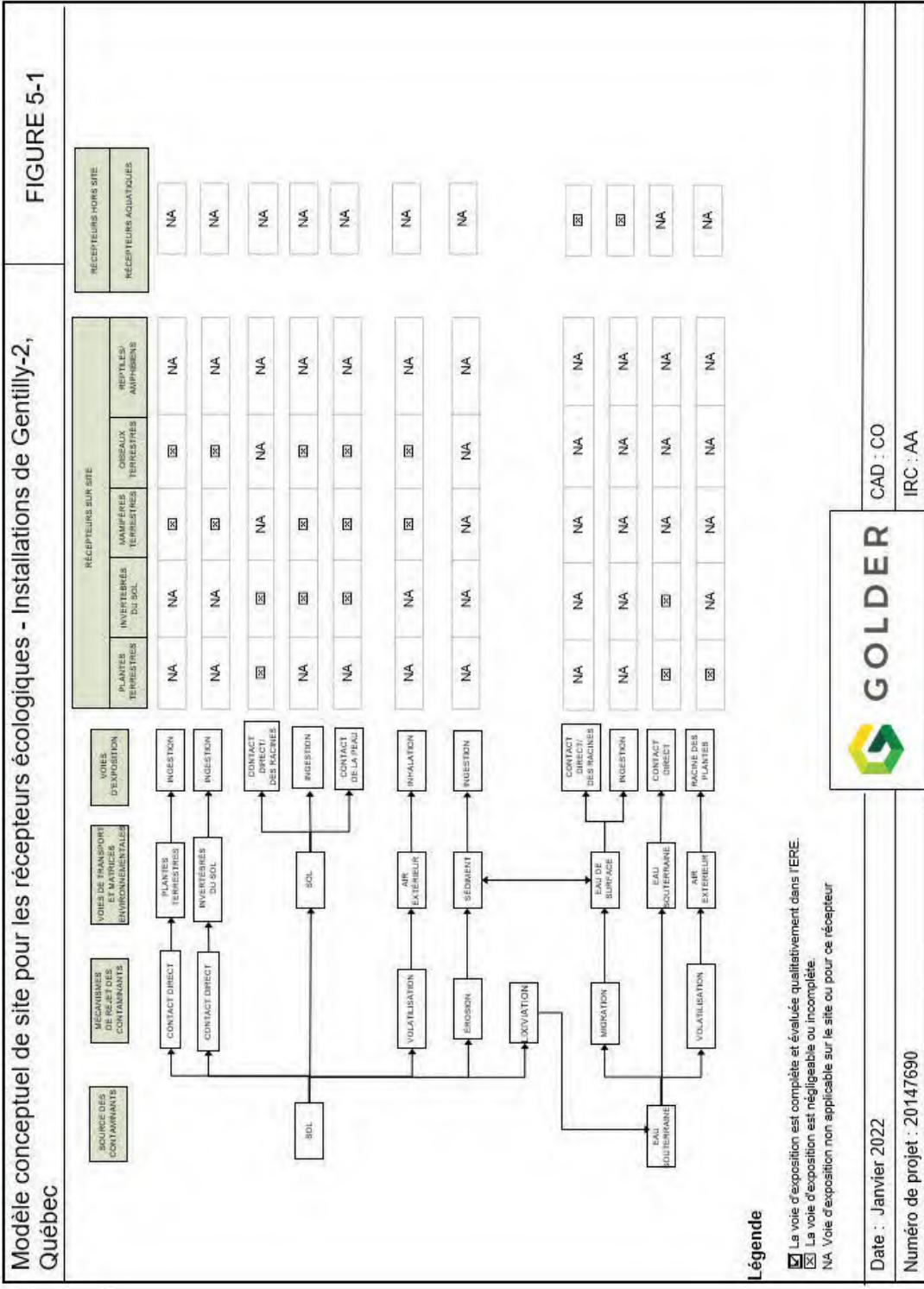


Figure 5-1 : Modèle conceptuel du site pour les récepteurs écologiques

5.3 Évaluation de l'exposition

L'évaluation de l'exposition estime la quantité d'un CPP à laquelle chacun des récepteurs écologiques est exposé. Des hypothèses d'exposition par défaut sont généralement utilisées pour chaque classe de récepteurs représentatifs ; toutefois, étant donné qu'aucun CPP n'a été identifié pour le site, cette évaluation n'était pas nécessaire.

5.4 Évaluation de la toxicité

L'évaluation des effets caractérise les effets potentiels associés aux CPP. Elle fournit une base pour évaluer ce qui constitue une exposition acceptable et le niveau d'exposition susceptible de nuire à la santé des récepteurs préoccupants (RP). Il s'agit d'identifier les effets potentiellement toxiques des CPP et de déterminer les concentrations ou les doses auxquelles les récepteurs peuvent être exposés sans effet néfaste. Pour les plantes terrestres et les invertébrés du sol, il s'agit d'une concentration acceptable dans le milieu auquel le RP est exposé (c.-à-d. le sol ou les eaux souterraines), appelée repère de toxicité. Pour les mammifères et les oiseaux, cette valeur est exprimée en tant que dose quotidienne acceptable et est appelée valeur toxicologique de référence (VTR). Ces valeurs sont utilisées comme seuils pour la comparaison avec les concentrations d'exposition (pour les plantes terrestres, les invertébrés du sol et la vie aquatique) et les doses totales (pour les mammifères et les oiseaux) pendant la caractérisation des risques.

Étant donné qu'aucun CPP n'a été identifié pour le site, cette évaluation n'était pas requise.

5.5 Caractérisation des risques

La caractérisation des risques détermine le potentiel d'apparition d'effets néfastes sur la santé. On l'évalue en comparant les expositions estimées (à partir de l'évaluation de l'exposition) avec les expositions jugées acceptables (à partir de l'évaluation de la toxicité).

Étant donné qu'aucun CPP n'a été identifié pour le site, les risques écologiques dus aux CPP non radioactifs sont considérés comme négligeables.

5.5.1 Discussion de l'incertitude

Une série d'hypothèses d'exposition standard ont été utilisées dans l'évaluation des risques, en conjonction avec les concentrations de CPP dans le sol, les eaux souterraines et les effluents, afin d'obtenir des estimations des risques pour les scénarios d'exposition évalués. Les principales sources d'incertitude associées à l'ER sont brièvement décrites ci-dessous (Tableau 5-4).

Tableau 5-4 : Incertitude liée à l'évaluation des risques environnementaux

Source d'incertitude	Direction
<p><i>Évaluation de l'exposition</i></p> <p>La procédure d'échantillonnage des métaux dans les eaux souterraines ne comprenait pas la filtration des échantillons pour évaluer les concentrations dissoutes. Comme tous les critères de dépistage pertinents pour les métaux sont basés sur des échantillons filtrés (c.-à-d. les concentrations dissoutes), il a été déterminé que les concentrations de métaux observées dans les eaux souterraines suite à leur échantillonnage ne sont pas représentatives des conditions des eaux souterraines et que, par conséquent, les données antérieures disponibles sur la qualité des eaux souterraines pour les métaux ne sont pas pertinentes pour l'évaluation des risques. L'incapacité à identifier les CPP potentiels dans les eaux souterraines peut sous-estimer l'exposition des récepteurs écologiques, compte tenu du potentiel de mobilisation des eaux souterraines vers les eaux de surface voisines. En conséquence, une campagne d'échantillonnage des eaux souterraines a été réalisée en 2021 en prenant soin de filtrer les échantillons.</p>	<p>Peut sous-estimer l'exposition</p>

5.6 Évaluation prédictive des effets

L'EREco réalisée pour les activités historiques récentes et en cours sur le site a conclu qu'il n'y a aucun CPP non radiologique contribuant à un risque écologique potentiel pour les récepteurs, que ce soit sur le site ou hors site. On s'attend à ce qu'il y ait encore moins de sources potentielles de contaminants présentes sur le site jusqu'à la dormance (phase de stockage sous surveillance) et, par conséquent, les risques devraient continuer à être négligeables.

5.7 Conclusions

L'EREco a évalué le risque pour les récepteurs écologiques terrestres et aquatiques, dans l'hypothèse d'une utilisation industrielle continue du site. Sur la base d'un examen approfondi des enquêtes environnementales précédentes sur le site, aucun CPP non radiologique n'a été identifié dans le sol, les eaux souterraines ou les effluents. Par conséquent, les risques ont été considérés comme négligeables pour tous les récepteurs identifiés en ce qui concerne l'exposition aux produits chimiques non radioactifs rejetés en raison des activités historiques, actuelles et futures sur le site.

Dans le cadre du programme de surveillance environnementale des installations de Gentilly-2, il est recommandé de mettre à jour les procédures internes d'Hydro-Québec pour l'échantillonnage des eaux souterraines afin d'inclure la filtration sur le terrain des échantillons qui seront analysés pour les métaux, étant donné que les critères de dépistage des métaux pertinents pour les eaux souterraines sont basés sur des échantillons filtrés (c'est-à-dire les concentrations dissoutes). Pour cette EREco, l'évaluation des risques pour les eaux souterraines associés aux concentrations de métaux a été basée sur une série de données mesurées en novembre 2021. L'échantillonnage semestriel des eaux souterraines, selon une procédure interne adaptée, pourrait fournir une indication de la variabilité saisonnière.

Il est noté que les effluents liquides d'eau radioactive, d'eau usées sanitaire, d'eau pluviale, d'eau brute de refroidissement et d'eau de surface à proximité de l'ancien site d'élimination des neiges usées sont réglementés par le MELCC par le biais de critères/limites. Toutefois, ces critères de rejet ne sont pas prévus pour tous les contaminants mesurés dans les effluents. Par conséquent, les résultats des effluents sans critères de rejet du MELCC ont été comparés aux valeurs de VAFé et de toxicité pour la vie aquatique du MELCC. Les eaux usées et les eaux pluviales ont également été comparées aux normes de la ville de Bécancour pour le rejet au réseau d'égouts. Les rapports semestriels et annuels de surveillance de l'environnement devraient envisager l'utilisation de lignes directrices de dépistage alternatives telles que celles mentionnées ci-dessus pour les contaminants sans critères de rejet du MELCC, afin de fournir une discussion sur les dépassemens et les impacts potentiels de tous les contaminants dans les effluents.

5.8 Acronymes et abréviations

Acronyme ou abréviation	Définition
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes
C.-B.	Colombie-Britannique
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
CPP	Contaminant potentiellement préoccupant
CSENO	Concentration sans effet nocif observé
CSR	« Contaminated Sites Regulation »
CVE	Composante valorisée de l'écosystème
EEP	Espèces en péril
ENV	Environnement et changement climatique (C.-B.)
EREco	Évaluation des risques écologiques
Golder	Golder Associates Ltd.
HP	Hydrocarbures pétroliers
LC ₂₅	Concentration létale causant la mortalité de 25 % des organismes testés
LC ₅₀	Concentration létale causant la mortalité de 50 % des organismes testés

Acronyme ou abréviation	Définition
LDR	Limite de détection rapportée
LEP	Loi sur les espèces en péril
MCS	Modèle conceptuel du site
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la lutte contre le changement climatique
MES	Matières en suspension
PASCF	Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux
RAA	Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère
RESC	Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés
RFIQES	Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines (PASCF)
RP	Récepteur préoccupant
RQS	Recommandations sur la qualité des sols (CCME)
RSC	Règlement sur les sites contaminés
SP pour les HP	Standards pancanadiens relatifs aux hydrocarbures pétroliers (CCME)
TSS	Total des solides en suspension
UTa	Unité de toxicité aiguë
UTc	Unité de toxicité chronique
VAFe	Valeurs aiguës finales à l'effluent
VTR	Valeur toxicologique de référence

5.9 Références

- [1] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec, «Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés,» Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés, mai 2021.
- [2] CCME, «Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health (Industrial): Summary Table,» Accessed August 2021.
- [3] CCME, «Canada-Wide Standard for Petroleum Hydrocarbons (PHC) in Soil. Technical Supplement. Table 3 - Tier 1 Levels (mg/kg soil) for PHCs for coarse-grained surface soils.,» January 2008.
- [4] Federal Contaminated Sites Action Plan (FCSAP) , «Guidance Document on Federal Interim Groundwater Quality Guidelines for Federal Contaminated Sites (Version 4),» June 2016.
- [5] CCME, «Water Quality Guidelines of the Protection of Aquatic Life (freshwater, long-term): Summary Table,» [En ligne]. Available: <https://ccme.ca/en/summary-table>. [Accès le 08 2021].

- [6] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec, «Fichier de calcul des critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux (Freshwater/Eau Douce, CVAA Protection of Aquatic Life - Acute Effect/Protection de la vie aquatique - efft aigu. [Available online] Accessed online: <https://www.environnement.gouv.ca/>,» 2021.
- [7] British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy (BC ENV), «Guideline Look-up Table. Available online: https://bcgov-env.shinyapps.io/bc_wqg/,» Accessed 2021.
- [8] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec, «Critères de qualité de l'eau de surface: Fichier de calcul des critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux [VAF_e = Valeur aigue finale a l'effluent],» 2021. [En ligne]. Available: http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp.
- [9] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec, «Atlas de l'eau,» août 2021. [En ligne]. Available: <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas/atlas-argis/index.html>.
- [10] Ville de Bécancour, «RÈGLEMENT NUMÉRO 554: Règlement concernant les normes de construction d'utilisation et d'entretien des équipements d'aqueduc et d'égout et les normes sur les rejets au réseau d'égout,» 1 janvier 2020. [En ligne]. Available: <https://www.becancour.net/telechargement/1441/reglement-554-aqueduc-et-egout/>. [Accès le 12 04 2021].
- [11] Gouvernement du Québec, «Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère,» chapitre Q-2, r. 4.1, 15 juin 2021.
- [12] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2 - État de stockage sûr (en piscine),» rapport G2-RT-2014-00518-01, Révision 4, juillet 2018.
- [13] Gouvernement du Québec, «Règlement sur les halocarbures,» chapitre Q-2, r. 29, 15 juin 2021.
- [14] Hydro-Québec, «Modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2, Étude d'impact sur l'environnement, Révision 2, Volume 2, Rapport (chapitres 5 à 11),» Février 2006.
- [15] [REDACTED], «Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour,» Juin 2002.
- [16] Oiseaux.net, «Portail ornithologique Oiseaux,» Inconnu, [En ligne]. Available: <https://www.oiseaux.net/>. [Accès le 21 12 2021].
- [17] Gouvernement du Québec, «Données sur les espèces en situation précaire,» Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), 24 11 2021. [En ligne]. Available: <https://www.quebec.ca/gouvernement/gouvernement-ouvert/transparence-performance/indicateurs-statistiques/donnees-especes-situation-precaire>. [Accès le 20 12 2021].
- [18] Golder Associates Ltd. and WSP Global Inc., «Surface Soil Investigation at Gentilly 2 Nuclear Facility,» September 2021.

- [19] T. Roselli et M. Z'Graggen, «2021 Groundwater Sampling Results - Hydro Quebec: Gentilly 2 Facility (Draft),» 2021.
- [20] British Columbia Contaminated Sites Regulation (BC CSR), «British Columbia Environmental Management Act : Contaminated Sites Regulation,» B.C. Reg. 375/96. Deposited December 16, 1996 and effective April 1, 1997. Last amended March 11, 2021, March 2021.
- [21] S. Abdullah et M. Javed, «Studies on Acute Toxicity of Metals to the Fish, Catla catla.,» *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 9, n° %19, pp. 1807-1811, 2006.
- [22] [REDACTED], «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2. Rapport annuel 2019, Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, Version finale,» avril 2020.
- [23] [REDACTED], «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril 2020 à septembre 2020. Version finale,» décembre 2020.
- [24] [REDACTED], «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2. Rapport annuel 2017. Rapport technique G2-RT-2018-00518-002, Version finale.,» avril 2018.
- [25] [REDACTED], «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2. Rapport annuel 2018, Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, Version finale,» avril 2019.
- [26] Hydro-Québec, «Caractérisation chimique des eaux souterraines au site de la centrale nucléaire de Gentilly-2. Avis technique N01025-2.2.1,» 2003.
- [27] [REDACTED] «Modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2, Évaluation de la perception des risques et des impacts psychosociaux, Étude sectorielle, G2-APR-3-0108-RAPP-005,» décembre 2003.
- [28] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2015,» Rapport technique G2-RT-2016-00518-004, Version finale, avril 2016.
- [29] Hydro-Québec, «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril 2020 à septembre 2020,» Version finale, décembre 2020.
- [30] Groupe CSA, «Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration,» N288.6-F12 , 2012.
- [31] US EPA, «Guidance for Developing Ecological Soil Screening Levels (Eco-SSL),» OSWER Directive 9285.7-55. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC. Issued November 2003, Revised February 2005, 2005.
- [32] B. E. Sample et G. W. Suter II, «Estimating Exposure of Terrestrial Wildlife to Contaminants,» ES/ER/TM-125, September 1994.
- [33] CCME, «A Protocol for the Derivation of Environmental and Human Health Soil Quality Guidelines,» 2006.

- [34] [REDACTED] génie), «Rapport-lettre des travaux de caractérisation environnementale suite au déversement accidentel du réservoir du bâtiment ESR de la Centrale Gentilly 2.,» septembre 2014.
- [35] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2016,» Rapport technique G2-RT-2017-00518-002, Version finale, avril 2017.
- [36] Hydro-Québec Production, «Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2017,» Rapport technique G2-2018-00518-002, Version finale, avril 2018.
- [37] Hydro-Québec Production, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2018,» Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, Version finale, avril 2019.
- [38] Hydro-Québec, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2019,» Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, avril 2020.
- [39] Hydro-Québec, «Résultats de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2020,» Rapport technique G2-RT-2021-00518-001, Version finale, avril 2021.
- [40] Hydro-Québec, «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2. Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril à septembre 2019,» Version finale, décembre 2019.
- [41] Hydro-Québec, «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: octobre 2019 à mars 2020,» Version finale, juin 2020.
- [42] Hydro-Québec, «Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriete d'Hydro-Québec. Semestre: octobre 2020 a mars 2021. Version finale.,» juin 2021.

6. ÉVALUATION DES RISQUES ÉCOLOGIQUES DUS AUX CONTAMINANTS RADIOACTIFS

6.1 Formulation du problème

6.1.1 Sélection et caractérisation des récepteurs (composants valorisés de l'écosystème)

6.1.1.1 Sélection des récepteurs

Les récepteurs écologiques choisis pour l'évaluation des risques ainsi que le processus et la justification de leur sélection sont décrits dans l'évaluation des risques écologiques (EREco) pour les contaminants non radiologiques (voir section 5.2.1). Les récepteurs représentatifs ont été choisis pour l'évaluation radiologique en fonction du modèle d'exposition, comme décrit dans les paragraphes suivants et résumé au Tableau 6-1.

Le modèle d'exposition radiologique et les paramètres associés pour l'EREco sont principalement basés sur deux paramètres : les facteurs d'exposition (p. ex., les facteurs de bioaccumulation et les facteurs de transfert) et les coefficients de dose (CD). Comme le recommande la norme CSA N288.6-12 [1] les références suivantes ont été utilisées pour déterminer les facteurs d'exposition :

- Norme CSA N288.1-14 (R2019) [2] ou
- Outil ERICA 2.0 - Ecological Risk from Ionizing Contaminants: Assessment and Management (Évaluation et gestion du risque écologique des contaminants ionisants) [3].

En outre, l'outil ERICA a été utilisé pour les CD, la plupart des rapports de concentration (RC) et les coefficients de partage K_d , conformément à la norme N288.6-12 [1].

L'outil ERICA extrait les données de plusieurs bases de données dans le but d'estimer les concentrations de radionucléides dans les milieux environnementaux, ainsi que les concentrations d'activité radiologique et les débits de dose (gamma, beta et alpha) pour le biote non humain. La dernière mise à jour de l'outil ERICA date de 2021. Pour cette raison, les paramètres EREco publiés dans l'outil ERICA sont utilisés lorsque nécessaire. En effet, dans certains cas, les paramètres de l'outil ERICA ne sont pas nécessaires : p. ex., le coefficient de partage K_d de ERICA n'est pas nécessaire lorsqu'une concentration est mesurée directement dans le milieu visé, ou dans le cas où la concentration du C-14 dans le biote aquatique est établie selon le modèle d'activité spécifique recommandé dans la norme N288.1.

La base de la sélection des récepteurs pour l'EREco est l'utilisation d'organismes de référence, ce qui est conforme aux recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) [4]. Comme défini dans l'outil ERICA, un organisme de référence est :

"une série d'entités qui fournissent une base pour l'estimation du débit de dose de rayonnement à une gamme d'organismes qui sont typiques, ou représentatifs, d'un environnement contaminé. Ces estimations, à leur tour, fourniraient une base pour évaluer la probabilité et le degré des effets du rayonnement." [3]

Le but de l'utilisation générique d'organismes de référence dans une évaluation quantitative préliminaire des risques (EQPR) radiologiques est d'appliquer des paramètres d'exposition (p. ex., des rapports de concentration et des coefficients de dose) qui s'appliquent généralement à un ensemble donné de biotes. Si le quotient de danger (QD) résultant est proche de 1 ou supérieur à 1, un examen plus détaillé des organismes spécifiques et de leurs paramètres d'exposition sera nécessaire dans une évaluation quantitative détaillée des risques (EQDR) ; sinon, l'utilisation d'organismes de référence est jugée appropriée pour conclure qu'il n'y a pas de risques radiologiques pour l'ensemble de biotes représenté.

Pour des raisons de cohérence tout au long de cette EQPR, chaque récepteur sélectionné pour l'EREco non radiologique s'est vu attribuer un organisme de référence représentatif, comme le montre le Tableau 6-1. La totalité de l'évaluation radiologique du biote non humain a été effectuée pour les organismes de référence ; on a supposé que les résultats relatifs à l'exposition et au risque s'appliquent également à tous les récepteurs représentés par l'organisme de référence.

Les écosystèmes d'eau douce comptent à la fois des poissons benthiques et des poissons pélagiques. Les poissons benthiques sont ceux qui vivent et se nourrissent sur ou près du fond d'un plan d'eau. La barbue de rivière est un exemple de poisson benthique. Les poissons pélagiques sont ceux qui résident au milieu de la colonne d'eau, en pleine eau. La perchaude est un exemple de poisson pélagique. Les poissons pélagiques et les poissons benthiques ont été choisis comme récepteurs représentatifs car il existe des données de surveillance environnementale (c'est-à-dire la concentration de radionucléides dans les tissus) sur les cinq dernières années. Les autres biotes ont été représentés par des organismes de référence génériques, à l'aide de coefficients de dose et de rapports de concentration tels que spécifiés dans l'outil ERICA. Un mammifère aquatique a été inclus comme récepteur pour représenter les mammifères terrestres qui sont exposés à l'environnement aquatique (c'est-à-dire le rat musqué et la musaraigne).

Tableau 6-1 : Récepteurs représentatifs de l'EREco

Récepteurs EREco non radiologique	Récepteurs représentatifs EREco radiologique
Biote terrestre	
Plantes terrestres	Arbre Graminées et herbes
Invertébrés du sol	Invertébrés du sol
Campagnol des champs (<i>Microtus pennsylvanicus</i>) Musaraigne à queue courte du Nord (<i>Blarina brevicauda</i>) Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i>) Rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>) Musaraigne (<i>Sorex palustris</i>) Vison d'Amérique (<i>Neovison vison</i>)	Grand mammifère (cerf) Petit mammifère (renard roux) Mammifère aquatique
Tourterelle triste (<i>Zenaida macroura</i>) Bécasse d'Amérique (<i>Scolopax minor</i>) Hibou des marais (<i>Asio flammeus</i>) Sarcelle à ailes vertes (<i>Anas carolinensis</i>) Bécasseau semi-palmé (<i>Calidris pusilla</i>) Martin-pêcheur d'Amérique (<i>Megacyrle alcyon</i>)	Oiseau
Couleuvre verte (<i>Ophiodrys vernalis</i>) Tortue serpentine (<i>Chelydra serpentina</i>) Couleuvre rayée (<i>Thamnophis sirtalis</i>) Couleuvre d'eau (<i>Nerodia sipedon sipedon</i>) Rainette faux-grillon de l'ouest (<i>Pseudacris triseriata</i>) Triton vert (<i>Notophthalmus viridescens vir.</i>)	Amphibiens
Biote aquatique	
Plantes aquatiques	Plantes d'eau douce
Zooplancton	Invertébrés d'eau douce
Invertébrés benthiques	Larves d'insectes (eau douce)
Meunier noir (<i>Catostomus commersonii</i>)	Poissons benthiques
Achigan à petite bouche (<i>Micropterus dolomieu</i>) Méné à tache noire (<i>Notropis hudsonius</i>) Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)	Poissons pélagiques

6.1.1.2 Description des récepteurs

Une description de chacun des récepteurs représentés par des organismes de référence aux fins de l'évaluation radiologique est fournie aux tableaux 5-1 et 5-2.

Comme le montre la Figure 6-1, un seul emplacement a été choisi pour tout le biote terrestre et un autre pour le biote aquatique. On suppose que le biote terrestre réside autour de l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR), où sont mesurées les plus fortes concentrations de contaminants dans l'air. On suppose que le biote aquatique réside au fond dans le canal de rejet

(à l'emplacement ci-après nommé B' comme à la Figure 6-4), où sont mesurées les plus fortes concentrations de contaminants dans l'eau de surface, les sédiments et les tissus de poisson⁴.

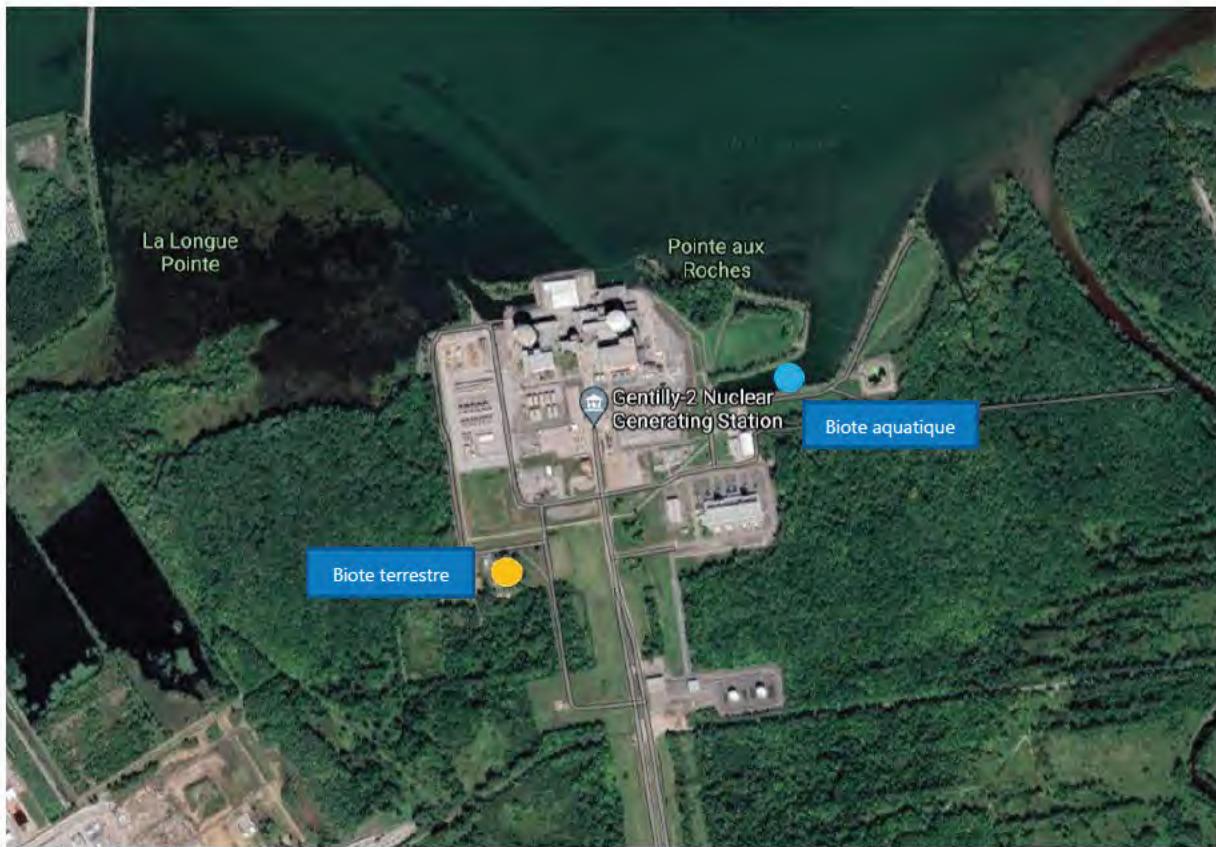


Figure 6-1 : Emplacement des récepteurs écologiques

Lorsqu'il n'existe pas de mesures sur site pour les milieux nécessaires à la réalisation des calculs de dose, des études de terrain ont d'abord été réalisées. Cela a été fait pour le sol du site avec une campagne d'échantillonnage achevée en juin 2021. Lorsque les concentrations des contaminants sélectionnés sur site étaient sous le seuil de détection, les concentrations ont plutôt été calculées à l'aide d'IMPACT en utilisant les concentrations mesurées dans l'air.

Cinq années de données (2016-2020) ont été utilisées et les mesures ont été corrigées afin de soustraire le bruit de fond à l'aide de mesures prises dans des stations de référence, situées hors site ou en amont. Les moyennes annuelles ont été calculées en utilisant les mesures corrigées du

⁴ Il convient de noter que les tissus proviennent des poissons capturés au point B, qui se trouve à environ 200 m du point B'. En raison de leur nature migratoire, on suppose que les poissons capturés à l'emplacement B sont exposés aux conditions de l'eau et des sédiments limnotropes à l'emplacement B' et représentent l'exposition maximale.

bruit de fond. Les données de surveillance environnementale terrestre et aquatique prises en compte dans l'évaluation comprennent les mesures des éléments suivants :

Terrestre

- L'air : Tritium (H-3), Carbone-14 (C-14) et aérosols bêta/gamma dans l'air, mesurés à 25 endroits sur le site et dans la région environnante.

Aquatique

- Sédiments : Cobalt-60 (Co-60), Césium-137 (Cs-137), Uranium-235 (U-235) et Uranium-238 (U-238) dans les sédiments, mesurés à trois endroits : dans le canal de rejet (B'), à l'embouchure du canal de rejet (B) et dans la Baie Lemarier (C), à environ deux kilomètres en aval du canal de rejet - voir Figure 6-4.
- Eau de surface : H-3 et C-14, dans l'eau de surface, mesurés aux trois mêmes endroits échantillonnés pour les sédiments.
- Plantes aquatiques : C-14, Co-60 et Cs-137 à un site de référence A, dans le canal de rejet (B') et à un autre emplacement situé à environ deux kilomètres en aval (PA-2 près de l'emplacement C).
- Chair et coquille de mollusque : C-14, Co-60, et Cs-137 à l'emplacement C.
- Poissons : Cs-137, C-14 et H-3 dans la chair de différentes espèces de poissons, capturés à Baie Lemarier et dans le canal de rejet.

Les détails des méthodes d'échantillonnage, de la fréquence et de l'analyse de la surveillance environnementale se trouvent au Tableau 6-2. Tous les emplacements d'échantillonnage terrestres et aquatiques sont illustrés à la Figure 6-2, à la Figure 6-3 et à la Figure 6-4. Le point d'échantillonnage aquatique en amont (A), un échantillon qui était considéré comme représentatif du fond naturel et des sources anthropiques dans le fleuve Saint-Laurent, a été abandonné à la suite d'une mise à jour du " *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* " (PSRE) en 2017. [5].

Divers autres radionucléides ont été surveillés lors de l'échantillonnage du sol, des sédiments et des eaux de surface. Cependant, ils ont été éliminés s'ils ont été quantifiés de façon constante sous le niveau de détection pendant plusieurs années consécutives ou s'ils ont été considérés comme étant d'origine naturelle. La section 6.1.3 donne un aperçu de l'évaluation des données de surveillance environnementale prises en compte pour l'EREco.

Tableau 6-2 : Méthodes d'échantillonnage, fréquence et analyse de la surveillance environnementale de Gentilly-2

Matrice	Paramètres pris en compte dans l'ERECO	Caractéristiques et fréquence des méthodes	Échantillonnage et analyse
Terrestre			
Air	Tritium (H-3)	<ul style="list-style-type: none"> • Tamis moléculaire • Échantillonnage continu sur un mois 	<p>L'air est aspiré par une pompe dans une cellule contenant un tamis moléculaire.</p> <p>Le débit est contrôlé et modifié selon les saisons pour tenir compte des variations de l'humidité de l'air. Pendant l'échantillonnage, l'humidité de l'air est adsorbée sur le tamis moléculaire. Un intégrateur de volume est utilisé pour déterminer le volume total d'air aspiré, qui est utilisé pour les calculs d'activité volumique.</p> <p>L'échantillonnage est effectué en continu sur une période d'un mois. La cellule est chauffée en laboratoire pour récupérer l'eau. L'eau recueillie est analysée par scintillation liquide.</p>
	Carbone 14 (C-14)	<ul style="list-style-type: none"> • Échantillonnage passif, collecté mensuellement 	<p>Un bac en polyéthylène contenant une solution d'hydroxyde de potassium est placé dans une station de contrôle. La solution basique permet de capter le CO₂ atmosphérique. Le bac est changé après un mois. L'échantillon est acidifié pour extraire le CO₂, qui est recueilli et concentré dans un cocktail scintillant ayant la propriété d'absorber le dioxyde de carbone. L'échantillon est analysé par scintillation liquide.</p>
	Aérosols bêta/gamma	<ul style="list-style-type: none"> • Une analyse gamma est effectuée si l'activité β totale dépasse un certain seuil • Échantillonnage continu sur un mois 	<p>Les aérosols sont aspirés à l'aide d'une pompe et recueillis sur un filtre en fibre de verre. L'échantillonnage est effectué en continu pendant un mois. Le débit d'échantillonnage est contrôlé. Le filtre est analysé avec un compteur alpha bêta.</p>
	Sol	<ul style="list-style-type: none"> • Spectrométrie gamma réalisée sur les échantillons collectés lors de l'étude sur le terrain, achevée en juin 2021 	<p>Des échantillons de sol superficiel ont été prélevés à 19 endroits sur le site. Les échantillons de sol ont été prélevés de la surface à une profondeur d'environ 20 cm, puis préparés et transportés au laboratoire pour la spectrométrie gamma.</p>
Aquatique			
Sédiments	Cobalt-60 (Co-60) Césium-137 (Cs-137) Uranium-235 (U-235) Uranium-238 (U-238)	<ul style="list-style-type: none"> • Échantillonnage des sédiments dynamiques : les particules en 	<p>Les particules en suspension dans l'eau sont recueillies dans des bacs de sédimentation de 0,2 m² spécialement conçus. Les sédiments sont accumulés pendant 4 à 6 semaines, trois fois par an. Les sédiments sont séchés et broyés. L'échantillon est placé dans un Marinelli et analysé par spectrométrie gamma à</p>

Matrice	Paramètres pris en compte dans l'EREco	Caractéristiques et fréquence des méthodes	Échantillonnage et analyse
Eaux de surface	H-3 C-14	<ul style="list-style-type: none"> • suspension présentes dans l'eau du fleuve • Échantillons collectés trois fois par an 	L'aide d'un détecteur à base de Germanium de haute pureté (HPGe).
Poissons	Cs-137 C-14 H-3	<ul style="list-style-type: none"> • Les eaux de surface sont captées dans le fleuve Saint-Laurent • Échantillonnage mensuel, lorsque le fleuve est accessible (normalement de mai à octobre) • Les poissons sont capturés avec un filet • Échantillonnage mensuel lorsque le fleuve est accessible (normalement de mai à octobre) 	L'eau recueillie est analysée par scintillation liquide. Un échantillon composite est évaporé sur une planchette et analysé par un compteur alpha bête. La planchette est analysée par spectrométrie gamma à l'aide d'un détecteur HPGe si l'activité bête totale dépasse un certain seuil.
Plantes aquatiques	C-14 Émetteurs gamma	<ul style="list-style-type: none"> • Collecte annuelle (normalement en septembre ou octobre) 	Après avoir été mesurés et pesés, les poissons sont découpés en filets et réduits en purée. Une fraction de la chair est séchée pour l'analyse du C-14. Une spectrométrie gamma utilisant un détecteur HPGe est effectuée. Une combustion de l'échantillon séché est effectuée dans une bombe à oxygène. Le CO ₂ formé lors de cette combustion est recueilli dans un cocktail scintillant. L'échantillon est ensuite analysé par scintillation liquide.
Mollusques	C-14 Émetteurs gamma	<ul style="list-style-type: none"> • Collecte annuelle (normalement en mai) 	Les plantes aquatiques sont recueillies à la fin de l'été à l'aide d'un râteau. L'échantillon est séché et broyé. Une spectrométrie gamma utilisant un détecteur HPGe est effectuée. Une combustion de l'échantillon séché est effectuée dans une bombe à oxygène. Le CO ₂ formé lors de cette combustion est recueilli dans un cocktail scintillant. L'échantillon est ensuite analysé par scintillation liquide.
			Les mollusques sont capturés par dragage et traités comme le poisson.



Figure 6-2 : Sites d'échantillonnage terrestre sur le site

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2



Figure 6-3 : Stations régionales d'échantillonnage et station de référence

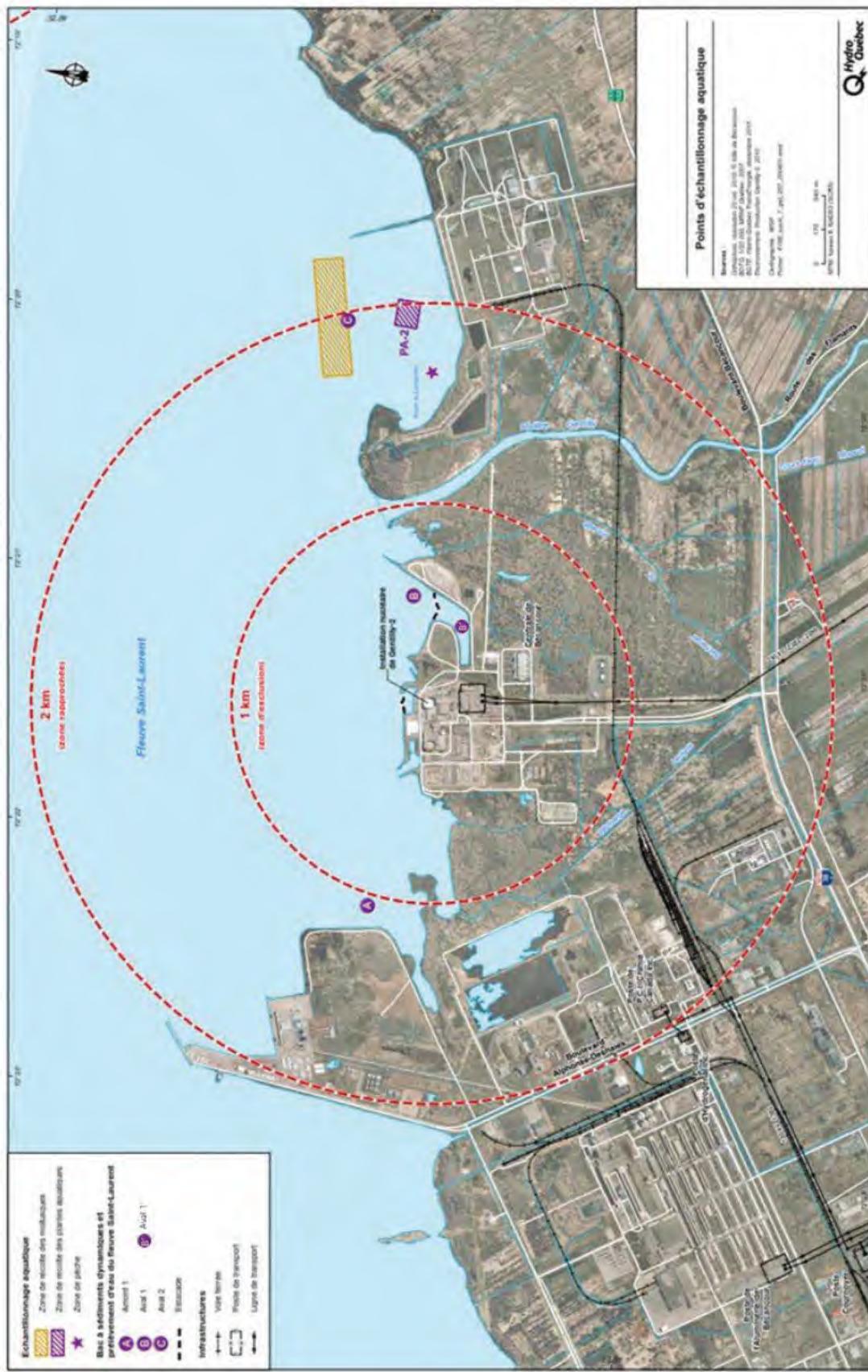


Figure 6-4 : Sites d'échantillonnage aquatique

6.1.2 Paramètres d'évaluation et de mesure

Les paramètres d'évaluation sont l'expression explicite des valeurs environnementales à protéger [6]. Les paramètres d'évaluation doivent inclure la composante valorisée de l'écosystème (CVE) et l'attribut de la CVE à protéger (p. ex., l'abondance et la viabilité). Pour la plupart des CVE, le paramètre d'évaluation est la viabilité de la population. Cela implique que des zones d'effet très localisées sur des individus peuvent être tolérées, sur la base d'un effet minimal attendu au niveau de la population. Pour les espèces en péril (EEP), le paramètre d'évaluation est la santé des individus, en reconnaissant que chaque individu est important pour la population [6].

La survie, la croissance et la reproduction des individus sont les paramètres d'évaluation les plus appropriés pour les espèces menacées et en voie de disparition, car l'altération des individus peut mettre en danger les populations. Comme la reproduction est pertinente pour la viabilité des populations et que les paramètres d'évaluation au niveau de la population sont difficiles à évaluer, ce paramètre d'évaluation (survie, croissance et reproduction des individus) a été utilisé pour tous les récepteurs identifiés pour l'EQPR.

Les paramètres de mesure sont conceptuellement liés aux paramètres d'évaluation et sont définis comme les outils utilisés pour mesurer l'exposition ou les effets sur chaque CVE. Sur la base de ces mesures, on peut déduire un effet potentiel sur l'attribut d'un paramètre d'évaluation. Les paramètres de mesure constituent la base des éléments de preuve utilisés pour estimer les risques pour les CVE [6].

Le débit de dose de rayonnement absorbé par le biote non humain est utilisé comme paramètre de mesure pour déterminer le risque radiologique. Les critères de décision sont basés sur des valeurs de référence de dose de rayonnement établies et publiées par le Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) et d'autres organisations (voir section 6.3.1).

6.1.3 Sélection des contaminants radiologiques

Les radionucléides sélectionnés pour l'évaluation de l'exposition du biote terrestre sont :

- Tritium (H-3);
- C-14 ; et
- Co-60 (représentant les aérosols bêta/gamma).

Le Co-60 a été choisi comme radionucléide émetteur bêta/gamma représentatif pour des raisons de cohérence avec l'évaluation des risques pour la santé humaine (ERSH). Comme le conclut l'ERSH, le Co-60 est le plus restrictif des radionucléides qui sont couramment présents

dans les effluents gazeux, ce qui entraîne une estimation prudente du risque associé aux aérosols bêta/gamma.

Historiquement, l'iode, les radionucléides émetteurs alpha et les gaz nobles étaient surveillés à Gentilly-2. Cependant, ces contaminants étaient strictement associés à l'exploitation du réacteur de puissance à Gentilly-2, qui est à l'arrêt depuis 2012. Ces contaminants ont diminué au fil des ans et ne sont plus mesurés.

Le sol et le fourrage sont périodiquement mesurés hors site dans des fermes situées dans la région. Les données hors site ne seraient pas représentatives des conditions limites puisque les plus fortes concentrations de contaminants dans l'air sont mesurées sur le site. Par conséquent, ces données ne sont pas utilisées dans l'évaluation de l'exposition du biote terrestre.

Afin de recueillir des données sur le sol du site, une campagne d'échantillonnage du sol superficiel a été réalisée en juin 2021. Le tritium, le C-14 et les émetteurs bêta/gamma (Co-60 et Cs-137) n'ont pas été détectés ou correspondaient à des mesures hors site, considérées comme représentatives des niveaux de fond. Par souci de prudence, les concentrations de contaminants radiologiques dans le sol ont plutôt été calculées dans IMPACT version 5.5.2 (IMPACT) à l'aide des données de surveillance de l'air sur site. Les résultats ont été intégrés dans l'évaluation de l'exposition du biote terrestre.

Les radionucléides sélectionnés pour l'évaluation de l'exposition du biote aquatique sont :

- Tritium (H-3)
- C-14
- Co-60
- Cs-137
- U-235
- U-238

En ce qui concerne les radionucléides surveillés dans les eaux de surface, le H-3 et le C-14 sont les seuls mesurés au-dessus des limites de détection au cours des cinq dernières années, à l'exception du K-40 qui est un radionucléide naturel, avec un petit nombre de mesures supérieures à la limite de détection.

Le tritium et le bêta total sont mesurés dans les eaux de surface autour de l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR), de l'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI) et de l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS). Cependant, les eaux de surface du site sont principalement alimentées par les précipitations et par la fonte des neiges en période printanière. Des mesures sont également effectuées dans les cours d'eau ou les zones de résurgence lorsqu'ils sont disponibles. Ceux-ci ne sont pas considérés comme des habitats aquatiques et n'ont pas été inclus dans l'évaluation de l'exposition du biote aquatique.

En ce qui concerne les radionucléides surveillés dans les sédiments, le Cs-137 et le Co-60 sont les seuls émetteurs bêta/gamma mesurés au-dessus des limites de détection, à l'exclusion du Be-7 et du K-40 qui sont présents à l'état naturel et dont il a été démontré qu'ils présentaient des concentrations comparables ou supérieures en amont [7]. Bien que l'U-235 et l'U-238 ne soient pas attendus ou surveillés dans les émissions, ils sont détectés au-dessus des niveaux de fond dans les sédiments et ont été inclus.

En ce qui concerne les radionucléides surveillés dans les tissus des poissons, le tritium (HTO), le C-14 et le Cs-137 sont les seuls mesurés au-dessus des limites de détection au cours des cinq dernières années et ont été inclus dans l'évaluation de l'exposition du biote aquatique.

Les plantes aquatiques sont analysées pour le C-14 et les émetteurs gamma. Le K-40, le Nb-95 et l'I-131 ne sont pas pris en compte dans l'évaluation, car le K-40 est d'origine naturelle, les concentrations de Nb-95 sont systématiquement inférieures à la limite de détection et l'I-131 est inférieur au niveau de fond ou de détection à cause de sa courte demi-vie (8 jours). Les autres radionucléides inclus dans l'évaluation sont le C-14, le Co-60 et le Cs-137.

Bien que des mesures aient été prises pour les concentrations de radionucléides dans les mollusques, tous les emplacements de mesure sont situés à 2 kilomètres de Gentilly-2. Cela ne serait pas représentatif des conditions limites du biote aquatique vivant dans le canal de rejet, où sont mesurées les plus fortes concentrations de contaminants dans les eaux de surface et les sédiments.

Par conséquent, les données disponibles pour les mollusques n'ont pas été utilisées dans l'évaluation de l'exposition du biote aquatique. La dose reçue par les invertébrés (représentant les mollusques) a été modélisée à l'aide des paramètres par défaut spécifiés dans l'outil ERICA.

6.1.4 Sélection des voies d'exposition

La dose de rayonnement reçue par le biote non humain est classée en deux types de voies d'exposition : l'exposition externe et l'exposition interne.

Les voies d'exposition externe pour le biote terrestre comprennent :

- L'immersion dans l'air (exposition aux radionucléides gazeux présents dans l'air) ; et
- L'irradiation externe provenant des dépôts au sol (exposition aux aérosols radioactifs présents sur le sol, principalement des aérosols bêta/gamma).

Les voies d'exposition externe pour le biote aquatique comprennent :

- L'immersion dans l'eau (exposition à des particules radioactives dans l'eau) ; et
- L'irradiation externe provenant des sédiments (exposition à des particules radioactives sur ou dans les sédiments).

Le cas échéant, l'exposition interne est basée sur les concentrations mesurées dans les tissus du biote échantillonnés et analysés dans le cadre de la surveillance environnementale. Pour tous les autres biotes, les voies d'exposition interne sont examinées de manière inhérente avec l'utilisation des RC, qui établissent une corrélation entre les concentrations de radionucléides dans les milieux environnementaux et les concentrations dans les tissus. Les voies d'exposition interne prédominantes pour les biotes terrestres et aquatiques sont leurs chaînes alimentaires respectives, ou l'absorption d'eau pour les plantes.

6.1.5 Modèle conceptuel écologique

Cette évaluation s'est appuyée sur un modèle conceptuel simplifié décrit à la Figure 6-5 et à la Figure 6-6 pour le biote terrestre et le biote aquatique, respectivement.

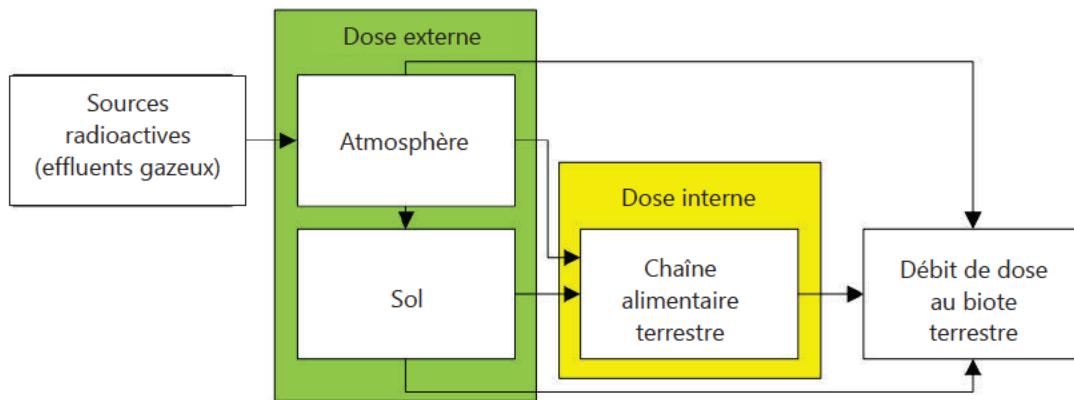


Figure 6-5 : Voies d'exposition pour le biote terrestre

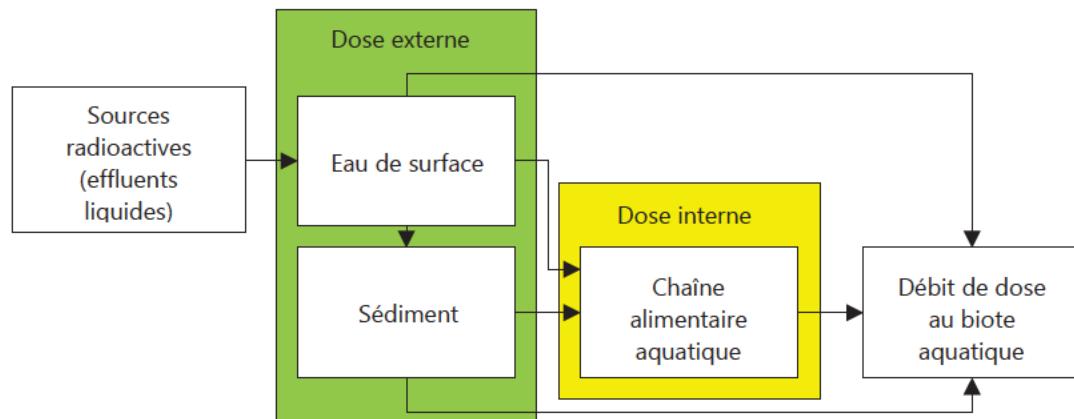


Figure 6-6 : Voies d'exposition pour le biote aquatique

6.2 Évaluation de l'exposition

L'évaluation de l'exposition est réalisée conformément au modèle conceptuel présenté à la Figure 6-5 et la Figure 6-6.

L'évaluation de l'exposition utilise les informations relatives aux contaminants, aux caractéristiques, au comportement et aux schémas d'activité des récepteurs pour quantifier l'exposition. Cette évaluation quantitative de l'exposition produit des concentrations pour chaque contaminant radiologique à chaque point d'exposition, qui sont les emplacements limites terrestres et aquatiques sélectionnés. Les concentrations aux points d'exposition sont utilisées pour calculer la dose correspondante à l'aide de facteurs d'exposition (voir ci-dessous).

Les doses résultantes sont ensuite comparées à des valeurs de référence radiologiques pour évaluer les effets écologiques (voir section 6.3).

Les éléments clés de l'évaluation de l'exposition pour les organismes de référence sont les facteurs d'exposition qui comprennent les éléments suivants :

1. Les RC empiriques qui établissent la corrélation entre la concentration de radioactivité dans les milieux environnementaux et celle dans les tissus du biote et qui dictent donc le niveau d'exposition interne ;
2. Les coefficients de partage dérivés empiriquement qui mettent en corrélation la concentration de radioactivité entre les milieux environnementaux (p. ex., entre les eaux de surface et les sédiments) ;
3. Les coefficients de dose (CD) qui établissent la corrélation entre le débit de dose et la concentration dans les tissus (pour une exposition interne) ou dans les milieux environnementaux (pour une exposition externe) ; et
4. Les facteurs d'occupation (FO) qui représentent le temps pendant lequel le biote est exposé à l'environnement contaminé.

Les éléments clés énumérés ci-dessus constituent la base d'une méthode simplifiée, mais complète pour calculer le débit de dose au biote non humain en $\mu\text{Gy}/\text{h}$.

6.2.1 Points d'exposition

Les points d'exposition des récepteurs écologiques sont les endroits où l'exposition aux contaminants est évaluée et représentent la plus forte exposition susceptible d'être reçue par ce récepteur.

Comme indiqué à la section 6.1.1.2, un seul emplacement a été choisi pour tout le biote terrestre et un autre pour tout le biote aquatique. On suppose que le biote terrestre réside autour de l'ASDR, où sont mesurées les plus fortes concentrations de contaminants dans l'air. On suppose que le biote aquatique réside dans le canal de rejet, où sont mesurées les plus

fortes concentrations de contaminants dans l'eau de surface, les sédiments et les tissus des poissons. Les lieux d'exposition du biote terrestre et aquatique sont illustrés à la Figure 6-1.

6.2.2 Fréquence et durée de l'exposition

Pour les récepteurs écologiques relativement immobiles (p. ex., les plantes et les invertébrés), on a supposé à juste titre que le biote était exposé en permanence aux concentrations maximales de radionucléides dans l'air, le sol, l'eau ou les sédiments. La même hypothèse a été utilisée pour les récepteurs plus mobiles (p. ex., mammifères, oiseaux, amphibiens et poissons). Il s'agit d'une hypothèse très prudente étant donné la nature migratoire de ces espèces et le fait que la taille de leur domaine vital est beaucoup plus grande que la zone spatiale où les concentrations maximales de radionucléides sont observées.

6.2.3 Caractérisation des récepteurs

Les régimes alimentaires spécifiques des organismes de référence sélectionnés pour cette ERE ont été intrinsèquement pris en compte grâce à l'utilisation des RC publiés dans la norme CSA N288.1-14 [8] et de l'outil ERICA [3], qui sont décrits dans la section suivante. Par conséquent, les RC incluent implicitement les taux d'ingestion de nourriture, d'eau, de sol et de sédiments.

Les RC sont dérivés de manière empirique à partir d'un examen approfondi des publications contenant des données qui établissent une corrélation entre les concentrations environnementales et les concentrations tissulaires. Lorsque de telles données n'étaient pas disponibles pour les combinaisons organisme de référence-radionucléide, l'outil ERICA utilise les approches suivantes [3] :

- Une valeur RC disponible pour un organisme de taxonomie similaire dans cet écosystème pour le radionucléide évalué ;
- Une valeur RC disponible pour un organisme de référence similaire ;
- Les valeurs de RC recommandées dans des examens antérieurs ou dérivées d'examens publiés antérieurement ; et
- Les modèles d'activité spécifiques pour le tritium et le C-14.

Le calcul des RC est abordé à la section 6.2.5.1.

Les effets des rayonnements émis par les radionucléides à l'intérieur et à l'extérieur des organismes de référence sont quantifiés par les coefficients de dose, qui sont inclus dans l'outil ERICA et examinés dans la section 6.2.5.3.

6.2.4 Concentrations au point d'exposition

Les concentrations mesurées utilisées pour l'évaluation de l'exposition sont discutées ci-dessous. Dans les cas où une concentration mesurée n'est pas fournie, la concentration est modélisée en utilisant les facteurs d'exposition discutés à la section 6.2.5.

6.2.4.1 *Environnement terrestre*

Comme le montre la Figure 6-5, le débit de dose au biote terrestre est calculé sur la base des concentrations de radionucléides dans l'air et le sol.

Air

La concentration de tritium dans l'air est mesurée à 25 endroits sur le site et dans la région environnante, dont neuf entourent les zones de gestion des déchets sur le site, l'ASDR et l'IGDRS (Figure 6-2). L'échantillonnage du tritium dans l'air est effectué en continu sur une période d'un mois. Au cours de la période quinquennale de 2016 à 2020, la concentration moyenne annuelle maximale de tritium a été mesurée à ASDR-3, qui est situé à côté de la fosse A-13 où tous les filtres à eau lourde usagés ont été stockés. Comme le montre le Tableau 6-3, la concentration moyenne annuelle la plus élevée a été mesurée en 2016 à 2,45E+01 Bq/m³.

Le C-14 dans l'air est mesuré à un sous-ensemble de 14 des 25 endroits où les concentrations de tritium sont mesurées (Figure 6-2), il est échantillonné passivement et collecté mensuellement. Un examen des valeurs confirme que les niveaux de C-14 sont les plus élevés à l'ASDR, plus précisément à la station ASDR-1. Comme le montre le Tableau 6-3, au cours de la période de cinq ans de 2016 à 2020, la concentration moyenne annuelle la plus élevée a été mesurée en 2016 à 6,25E01 Bq/m³.

Les aérosols bêta/gamma sont mesurés à un sous-ensemble différent de 14 des endroits où les concentrations de tritium sont mesurées (Figure 6-2) et sont échantillonnés en continu pendant un mois. Les concentrations les plus élevées d'aérosols en suspension dans l'air ont été mesurées à la station de surveillance ASDR-3, qui est située à côté de la fosse A-13 où tous les filtres à eau lourde usagés ont été stockés. Comme le montre le Tableau 6-3, au cours de la période de cinq ans de 2016 à 2020, la concentration moyenne annuelle la plus élevée a été mesurée en 2019 à 8,49E04 Bq/m³.

Tableau 6-3 : Radioactivité atmosphérique à l'ASDR

Année	Concentration moyenne (Bq/m³) - Corrigée du niveau de fond naturel		
	H-3 (ASDR-3)	C-14 (ASDR-1) ^b	Aérosols (ASDR-3)
2016	2,45E+01	6,25E-01	2,73E-06
2017	1,83E+01	6,23E-01	-5,00E-06
2018	1,74E+01	4,99E-01	2,93E-04
2019	1,48E+01	5,82E-01	8,49E-04
2020	1,26E+01	4,90E-01	5,13E-04

Notes :

Les concentrations moyennes annuelles maximales sont indiquées **en gras**.

Les valeurs négatives indiquent des mesures qui étaient inférieures à la valeur de fond mesurée.

- a. Les valeurs de fond sont prises à une station de référence située à Trois-Rivières (Figure 6-3), qui se trouve à plus de 16 km au nord-ouest des installations de Gentilly-2.
- b. Le C-14 a été converti de ses unités de déclaration (Bq/Kg-C) en Bq/m³ à l'aide du facteur de conversion tiré de la norme CSA N288.1-14 (R2019) (0,000 21 kg-C/m³) [2].

Sol

Une campagne d'échantillonnage du sol a été réalisée en juin 2021 afin de recueillir des données sur le sol du site pour la présente évaluation. Des échantillons de sol superficiels ont été collectés à partir de 19 emplacements d'échantillonnage sur le site et ont été analysés par spectrométrie gamma. Les émetteurs bêta/gamma (Co-60 et Cs-137) n'ont pas été détectés ou étaient conformes aux mesures hors site, considérées comme représentatives des niveaux de fond. Par souci de prudence, les concentrations de contaminants radioactifs dans le sol ont plutôt été calculées dans IMPACT en utilisant les données de surveillance radiologique de l'air sur site. Dans IMPACT, le H-3 sous forme de HTO et le C-14 sous forme de gaz CO₂ ne se déposent pas; leurs concentrations dans le sol sont donc nulles. La concentration de Co-60 dans le sol à l'emplacement terrestre limitrophe a été calculée comme étant de 2,06E+01 Bq/kg(ps). Cette valeur calculée a été utilisée dans l'évaluation.

6.2.4.2 *Environnement aquatique*

Comme le montre la Figure 6-6, le débit de dose au biote aquatique est calculé sur la base des concentrations de radionucléides dans les eaux de surface et les sédiments. Les concentrations les plus élevées sont observées au site de surveillance B', situé dans le canal de rejet.

L'échantillonnage n'a pas été réalisé à l'emplacement B' en 2016 et ces données ont été complétées par des données recueillies à l'embouchure du canal de rejet, à l'emplacement B (illustré à la Figure 6-7).



Figure 6-7 : Lieux d'échantillonnage B et B'.

Eaux de surface

Les eaux de surface sont échantillonnées à trois endroits dans le fleuve Saint-Laurent : dans le canal de rejet (B'), à l'embouchure du canal de rejet (B) et à environ deux kilomètres en aval dans la Baie Lemarier (C). Les emplacements de surveillance sont illustrés à la Figure 6-4. Avant 2018, les eaux de surface étaient également échantillonnées à un emplacement en amont (A), représentant le bruit de fond de la radioactivité naturelle et anthropique.

Les échantillons d'eau de surface sont prélevés tous les mois, lorsque le fleuve est accessible et libre de glace, généralement de mai à octobre. Pour les radionucléides surveillés dans les eaux de surface, le H-3 et le C-14 sont les seuls radionucléides mesurés au-dessus des limites de détection au cours des cinq dernières années. Le lieu limite pour les mesures dans les eaux de surface est la station B', située dans le canal de rejet. Le Tableau 6-4 présente la concentration de radioactivité moyenne annuelle dans les eaux de surface mesurée à l'emplacement B'. Au cours de la période quinquennale de 2016 à 2020, les concentrations moyennes annuelles les plus élevées de tritium et de C-14 ont toutes deux été enregistrées en 2017, à $1,40E+04$ Bq/L et $5,49E+01$ Bq/L, respectivement. En raison de la mise en service du prolongement de la ligne des effluents liquides radioactifs au chenal sud du fleuve en novembre 2018, les niveaux de C-14 dans les eaux de surface ont diminué ces dernières années (2019-2020) pour se situer en dessous du niveau de détection aux emplacements B et B'.

Tableau 6-4 : Radioactivité dans les eaux de surface au site de surveillance B'

Année	Concentration moyenne – Corrigée du niveau de fond naturel (Bq/L) ^{a b}	
	H-3	C-14
2016	3,80E+01 ^c	-6,25E-02 ^c
2017	1,40E+04	5,49E+01
2018	1,85E+03	4,77E-01
2019	1,44E+01	1,99E-01
2020	1,97E+01	2,42E-01

Notes :

Les concentrations moyennes annuelles maximales sont indiquées **en gras**.

Les valeurs négatives indiquent des mesures qui étaient inférieures à la valeur de fond mesurée à la station A.

Toutes les mesures inférieures à la limite de détection ont été incluses comme étant à la limite de détection.

- a. Les valeurs de fond correspondent aux mesures effectuées à la station A, en amont de G-2 (Figure 6-4). La surveillance de cette station a été arrêtée en 2017, car l'historique des concentrations mesurées sur plusieurs années était stable [9].
- b. Pour les valeurs de concentration de fond pour 2018-2020, la moyenne des mesures de 2017 et 2016 de l'emplacement A a été utilisée. Les mesures de fond qui étaient <LD ont été supposées, de manière conservatrice, être de 0 Bq/L.
- c. Les mesures des eaux de surface pour l'emplacement B' n'étaient pas disponibles en 2016 et ont été remplacées par des mesures prises à l'emplacement B (Figure 6-7).

Sédiments

Les sédiments sont mesurés aux trois mêmes endroits que les eaux de surface, B', B et C, illustrés à la Figure 6-4. Les échantillons de sédiments sont collectés 3 fois par an, lorsque le fleuve est accessible et libre de glace, généralement de mai à octobre. Avant 2018, les sédiments étaient également mesurés à un emplacement en amont (A), représentant le fond de la radioactivité naturelle et anthropique. La concentration de fond moyenne mesurée à l'emplacement A pour 2016 et 2017 a été utilisée pour corriger les mesures prises à l'emplacement limitrophe.

Pour les radionucléides surveillés dans les sédiments, le Cs-137, le Co-60, l'U-235 et l'U-238 sont les seuls radionucléides mesurés au-dessus des limites de détection. Le lieu limite des mesures dans les sédiments est la station B', située dans le canal de rejet. Au cours de la période de cinq ans de 2016 à 2020, les concentrations maximales enregistrées pour chaque radionucléide sont présentées au Tableau 6-5.

Tableau 6-5 : Radioactivité dans les sédiments au site de surveillance B'

Année	Concentration moyenne - corrigée du niveau de fond naturel (Bq/kg) ^{a,b}			
	Co-60 ^c	Cs-137	U-235	U-238
2016	5,62E+01	1,90E+00	-3,33E-01	4,03E+00
2017	9,60E+03	2,43E+02	1,75E+00	-2,00E+00
2018	1,81E+03	4,12E+01	1,05E+00	-1,17E+01
2019	9,38E+02	2,75E+01	-1,87E-01	2,57E+01
2020	4,47E+02	2,14E+01	1,05E+00	4,25E+01

Notes :

Les concentrations moyennes annuelles maximales sont indiquées **en gras**.

Les valeurs négatives indiquent des mesures qui étaient inférieures à la valeur du niveau de fond mesurée à la station A.

Toutes les mesures inférieures à la limite de détection ont été incluses comme étant à la limite de détection.

- a. Les valeurs du niveau de fond correspondent aux mesures effectuées à la station A, en amont de G-2 (Figure 6-4). La surveillance de cette station a été arrêtée en 2017, car l'historique des concentrations mesurées sur plusieurs années était stable [9].
- b. Pour les valeurs de concentration du niveau de fond en 2018-2020, la moyenne des mesures de 2016 et 2017 du site d'échantillonnage A a été utilisée.
- c. Toutes les mesures du niveau de fond de Co-60 au site d'échantillonnage A étaient <LD et ont été supposées égales à 0 Bq/kg de manière conservatrice.

Tissu de poisson

Les concentrations dans les tissus des poissons étant aussi quantifiées, les concentrations maximales de tritium (sous forme de HTO), de C-14 et de Cs-137 de 2016 à 2020 ont été utilisées directement dans l'évaluation de la dose interne aux poissons. La radioactivité dans les tissus des poissons est mesurée chez diverses espèces de poissons capturés à l'embouchure du canal de rejet (Figure 6-4) et à la Baie Lemarier. Les poissons sont échantillonnés mensuellement pendant les mois où le fleuve est accessible et libre de glace, généralement de mai à octobre. Un examen des concentrations mesurées a confirmé que la concentration de contaminants était plus élevée dans les poissons échantillonnés à l'embouchure du canal de rejet (aux environs du site de surveillance B).

Les poissons pélagiques et les poissons benthiques ont été différenciés et les niveaux de C-14 ont été corrigés pour le niveau de fond naturel en utilisant le niveau moyen de C-14 dans les poissons mesurés à un emplacement représentant le niveau de fond naturel du lac Ontario pour 2016 -2019 [10] [11] [12] [13].

Tableau 6-6 : Radioactivité dans les tissus de poisson au site de surveillance B

	Concentration moyenne (Bq/kg pf)					
	Cs-137 ^a		C-14 (corrigée du niveau de fond naturel ^b)		HTO ^a	
	Année	Pélagique ^c	Benthique	Pélagique ^c	Benthique	Pélagique ^c
2016	1,35E+00	1,03E+00	7,11E+02	1,53E+02	4,74E+01	6,03E+01
2017	1,38E+00	6,90E-01	3,22E+02	3,07E+01	1,86E+03	4,65E+01
2018	1,16E+00	5,18E-01	6,27E+03	1,33E+03	3,04E+01	1,18E+03
2019	1,08E+00	4,53E-01	1,68E+03	9,23E+02	3,17E+01	1,32E+01
2020	8,22E-01	8,40E-01	3,25E+02	3,84E+02	1,92E+01	1,19E+01

Notes :

Les concentrations moyennes annuelles maximales sont indiquées **en gras**.

Toutes les mesures inférieures à la limite de détection ont été incluses comme étant à la limite de détection.

- a. Les concentrations de Cs-137 et de HTO dans les tissus des poissons ne sont pas mesurées à un emplacement représentant le niveau de fond naturel et ne sont pas corrigées en fonction du niveau de fond naturel.
- b. 223,75 Bq/Kg-C est utilisé pour la valeur de fond du C-14 dans les tissus des poissons, car il s'agit du niveau moyen de C-14 mesuré dans les poissons à un emplacement représentant le niveau de fond naturel du lac Ontario pour 2016-2019 [10] [11] [12] [13].
- c. Les espèces de poissons benthopélagiques ont été classées comme étant totalement pélagiques.

Plantes aquatiques

Les plantes aquatiques sont collectées annuellement dans le canal de rejet (emplacement B') et dans la Baie Lemarier. Les plantes aquatiques sont analysées pour le C-14 et les émetteurs gamma. Le K-40, le Nb-95 et l'I-131 ne sont pas pris en compte dans l'évaluation puisque le K-40 est d'origine naturelle, que les concentrations de Nb-95 sont systématiquement inférieures à la limite de détection et que l'I-131 est inférieur au niveau de fond ou de détection. Les concentrations moyennes annuelles maximales de C-14, Co-60 et Cs-137 de 2017 à 2020 ont été utilisées dans l'évaluation de la dose interne aux plantes aquatiques.

Tableau 6-7 : Radioactivité dans les plantes aquatiques au site de surveillance B'

Année	Concentration annuelle moyenne (Bq/kg pf)		
	C-14 (corrigée du niveau de fond naturel ^b)		Co-60
	Cs-137		
2016 ^a	s/o	s/o	s/o
2017	33 292	241	16
2018	202	81,2	24,7
2019	68	14,7	3,9
2020	55	44,7	5,0

Notes :

Les concentrations moyennes annuelles maximales sont indiquées **en gras**.

- a. En 2016, les concentrations ont été mesurées à l'emplacement A et non à l'emplacement B'.
- b. La concentration de C-14 à l'emplacement A en 2016 est utilisée comme concentration de fond (30 Bq/kg(pf)).

La chair et la coquille des mollusques

Les mollusques sont collectés annuellement à la Baie Lemarier (Figure 6-4). Les concentrations mesurées dans les mollusques ont été utilisées pour la comparaison avec les concentrations calculées dans les invertébrés d'eau douce à l'emplacement B' dans le canal de rejet. Les concentrations calculées dans les invertébrés d'eau douce au point B' sont plus élevées que les valeurs mesurées dans les mollusques de la Baie Lemarier. Par conséquent, l'évaluation utilise les doses calculées pour les invertébrés à l'emplacement B' du canal de rejet plutôt que de se baser sur la concentration mesurée dans les mollusques à la Baie Lemarier.

6.2.5 Facteurs d'exposition

Les facteurs d'exposition sont tous les paramètres utilisés pour calculer l'exposition aux contaminants.

Plusieurs facteurs d'exposition spécifiques au radionucléide et au biote sont nécessaires pour les calculs de dose discutés dans la section 6.2.6. Ces paramètres comprennent les RC, les coefficients de partage K_d, les CD et les FO.

6.2.5.1 Ratios de concentration

Lorsque les concentrations dans le biote n'étaient pas disponibles par analyses en laboratoire, les RC ont été tirées de l'outil ERICA [14] pour calculer la concentration de l'activité dans le biote.

Le projet ERICA a rassemblé une base de données de RC d'organismes entiers pour établir un lien entre la concentration de radioactivité dans l'environnement et la concentration de radioactivité trouvée dans les tissus du biote. Connaître la concentration dans l'air, le sol, l'eau et les sédiments permet aussi d'estimer la concentration dans les tissus du biote.

L'utilisation de RC dérivés empiriquement incorpore implicitement toutes les voies d'exposition interne puisqu'il s'agit du rapport entre la concentration mesurée dans les tissus du corps entier et la concentration dans le sol ou l'air. Les concentrations sont supposées à l'équilibre pour tous les milieux environnementaux.

L'outil ERICA spécifie les RC pour le biote terrestre et aquatique.

Pour le Co-60 présent dans le sol, le RC est défini comme suit [15] :

$$RC_{sol} = \frac{\text{Concentration dans le biote } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg(pf)}} \right)}{\text{Concentration dans le sol } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg(ps)}} \right)}$$

Pour les émissions atmosphériques de H-3 et de C-14, le RC est défini comme suit [15] :

$$RC_{air} = \frac{\text{Concentration dans le biote } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg(pf)}} \right)}{\text{Concentration dans l'air } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right)}$$

Pour les écosystèmes aquatiques, le RC est défini comme suit [16] pour tous les radionucléides sauf le C-14 :

$$RC_{eau} = \frac{\text{Concentration dans le biote } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg(pf)}} \right)}{\text{Concentration dans l'eau } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{L}} \right)}$$

Pour le C-14 dans le biote aquatique, le modèle d'activité spécifique de la norme CSA N288.1 est utilisé à la place des RC d'ERICA.

6.2.5.2 Coefficients de partage

La concentration dans les sédiments et l'eau est nécessaire pour déterminer les taux d'exposition externe des organismes aquatiques. Le coefficient de partage solide-liquide (K_d) peut être utilisé pour mettre en relation les concentrations dans l'eau et dans les sédiments et est calculé comme suit [1] :

$$K_d = \frac{\text{Concentration dans les sédiments } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \right)}{\text{Concentration dans l'eau } \left(\frac{\text{Bq}}{\text{L}} \right)}$$

Lorsque les concentrations dans les sédiments ou dans l'eau n'étaient pas disponibles, la valeur K_d a été tirée soit de l'outil ERICA [14] ou de la norme CSA N288.1-14, selon celle qui était la plus prudente, afin de calculer les concentrations d'activité dans les milieux.

6.2.5.3 Coefficients de dose

Les coefficients de dose (CD) sont des valeurs numériques utilisées pour calculer la dose à un récepteur en fonction de la quantité d'activité radiologique à laquelle le récepteur est exposé. Les CD de rayonnement utilisés pour le biote terrestre et aquatique proviennent de l'outil ERICA 2.0 [14]. Chaque CD correspond aux récepteurs radiologiques représentatifs énumérés dans le Tableau 6-1 et est spécifique à chaque voie d'exposition.

Les valeurs des CD pour le tritium de l'outil ERICA n'intègrent pas les facteurs de qualité du rayonnement pour l'efficacité biologique relative (EBR). Par conséquent, les composantes « bêta faible » des CD ont été multipliées par un facteur d'EBR de 3, qui est le facteur de pondération le

plus prudent recommandé dans la norme CSA N288.6-12 [1]. De même, une EBR de 10 a été utilisée pour la composante alpha de la dose interne provenant des émetteurs alpha.

6.2.5.4 Facteurs d'occupation

Le facteur d'occupation (FO) est défini comme la fraction de temps que l'espèce réceptrice passe dans ou sur divers milieux. Les FOs sont basés sur l'expérience et le jugement de l'évaluateur des risques et sur le comportement connu du récepteur. Les FOs utilisés dans l'estimation de la dose radiologique sont dérivés de l'outil ERICA [14].

6.2.6 Équations d'exposition et doses d'exposition

6.2.6.1 Équations d'exposition

Pour chaque radionucléide sélectionné pour l'évaluation de l'exposition du biote terrestre ou aquatique, la dose de rayonnement a été calculée pour chaque CVE à l'aide des équations indiquées ci-dessous, en suivant les directives fournies dans la norme CSA N288.6-12 [1].

La dose pour chaque radionucléide est composée d'une composante de dose interne et d'une composante de dose externe, qui provient de l'air, du sol, de l'eau et/ou des sédiments. Pour la dose interne au biote aquatique et terrestre, les RC ont été utilisés pour corrélérer la concentration dans les tissus à la concentration dans l'air, le sol, l'eau et/ou les sédiments. Tous les RC, coefficients de dose et FO ont été obtenus à partir des tableaux fournis dans l'outil ERICA. [3].

La dose de rayonnement pour le biote terrestre est déterminée par l'air et le sol et est estimée à l'aide des équations suivantes :

$$\begin{aligned} D_{\text{int}} &= CD_{\text{int}} C_t \\ D_{\text{ext,s}} &= CD_{\text{ext,s}} FO_s C_s \\ D_{\text{ext,ss}} &= CD_{\text{ext,ss}} FO_{\text{ss}} C_{\text{ss}} \\ D_{\text{ext,a}} &= CD_{\text{ext,a}} FO_a C_a \\ D &= D_{\text{int}} + D_{\text{ext,s}} + D_{\text{ext,ss}} + D_{\text{ext,a}} \end{aligned}$$

Où,

- D_{int} = dose interne de rayonnement ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)
- $D_{\text{ext,s}}$ = dose de rayonnement externe dans le sol ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)
- $D_{\text{ext,ss}}$ = dose de rayonnement externe à la surface du sol ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)
- $D_{\text{ext,a}}$ = dose de rayonnement externe dans l'air ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)
- CD_{int} = coefficient de dose interne du radionucléide dans le tissu ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
- $CD_{\text{ext,s}}$ = coefficient de dose externe pour le radionucléide dans le sol ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)

$CD_{ext,ss}$	= coefficient de dose externe pour le radionucléide à la surface du sol ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^2$)
$CD_{ext,a}$	= coefficient de dose externe du radionucléide dans l'air ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^3$)
FO_s	= fraction du temps passé en immersion dans le sol (sans unité)
FO_{ss}	= fraction du temps passé à la surface du sol (sans unité)
FO_a	= fraction du temps passé dans l'air (sans unité)
C_t	= concentration dans les tissus du corps entier ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}(pf)$)
C_s	= concentration dans le sol ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}(ps)$)
C_{ss}	= concentration à la surface du sol ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$)
C_a	= concentration du radionucléide dans l'air ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

La dose de rayonnement reçue par le biote aquatique est déterminée par la concentration dans l'eau et les sédiments. Le facteur 0,5 de l'équation correspond à une exposition semi-infinie à l'activité dans l'eau, pour le temps que l'organisme passe à la surface de l'eau ou à la surface des sédiments, et à une exposition semi-infinie à l'activité dans les sédiments, pour le temps que l'organisme passe à la surface des sédiments. La dose pour le biote aquatique a été calculée à l'aide des équations suivantes :

$$\begin{aligned} D_{int} &= CD_{int}C_t \\ D_{ext} &= CD_{ext}\{(FO_w + 0.5FO_{ws} + 0.5FO_{ss})C_w + (FO_s + 0.5FO_{ss})C_s\} \\ D &= D_{int} + D_{ext} \end{aligned}$$

Où,

D	= dose <i>totale</i> de rayonnement (μGy)
D_{int}	= dose de rayonnement interne ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)
D_{ext}	= dose de rayonnement externe ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)
CD_{ext}	= coefficient de dose externe du radionucléide ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
CD_{int}	= coefficient de dose interne du radionucléide dans le tissu ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
FO_s	= fraction de temps passé immergé dans les sédiments (sans unité)
FO_{ss}	= fraction du temps passé à la surface des sédiments (sans unité)
FO_w	= fraction du temps passé dans la colonne d'eau (sans unité)
FO_{ws}	= fraction du temps passé à la surface de l'eau (sans unité)
C_t	= concentration dans les tissus du corps entier ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}(pf)$)
C_w	= concentration dans l'eau ($\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$)
C_s	= concentration de sédiments ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}(pf)$)

Comme spécifié dans la norme CSA N288.6-12 [1], les CD internes pour les contaminants ont été mis à l'échelle par un facteur de 3 pour tenir compte de l'EBR accrue des particules bêta de faible énergie. Le cas échéant, une EBR de 10 a été utilisée pour la composante alpha de la dose interne provenant des émetteurs alpha (U-235 et U-238 dans le biote aquatique).

Les RC du tritium de l'outil ERICA pour le biote aquatique et terrestre tiennent compte à la fois du HTO et du tritium lié aux composés organiques (OBT) pour déterminer le tritium total dans

les tissus du biote exposé au HTO dans les milieux environnementaux. Par conséquent, lorsque des RC sont utilisés, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la dose d'OBT pour déterminer la dose totale de tritium reçue par le biote exposé au HTO dans l'environnement. Les RC ont été utilisés pour les biotes pour lesquels les concentrations n'étaient pas disponibles, c'est-à-dire tous les biotes sauf les poissons et les plantes aquatiques. Pour calculer la dose aux poissons, des mesures du HTO dans les tissus des poissons étaient disponibles et la concentration d'OBT dans les poissons a été calculée en multipliant la concentration de HTO dans les tissus par le ratio des facteurs de bioaccumulation (FBA) de l'OBT et du HTO figurant dans la norme CSA N288.1 [2].

Les équations spécifiques utilisées pour calculer la dose interne due au HTO et à l'OBT sont présentées ci-dessous, pour les cas suivants :

- i. Dose interne due au tritium lorsqu'aucune concentration de tritium dans les tissus n'est disponible ;
- ii. Dose interne due au HTO lorsque des concentrations de HTO dans les tissus sont disponibles, mais pas celles d'OBT dans les tissus ; ou
- iii. Dose interne due à l'OBT lorsque des concentrations de HTO dans les tissus sont disponibles, mais pas celles d'OBT dans les tissus.

i. Dose interne due au tritium (aucune concentration mesurée de tritium dans les tissus)⁵:

$$D_{\text{int tritium}} = (CD_{\text{int low } \beta} C_m RC W_{\text{low beta}}) + (CD_{\text{int normal } \beta} C_m RC W_{\text{normal beta}})$$

Où,

$CD_{\text{int low } \beta}$	= Coefficient de dose à faible énergie pour H-3 dans les tissus ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
$CD_{\text{int normal } \beta}$	= Coefficient de dose d'énergie normale pour H-3 dans les tissus ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
C_m	= Concentration de HTO dans les milieux environnementaux ($\text{Bq}/\text{m}^3\text{air}$ ou $\text{Bq}/\text{L eau}$)
RC	= Rapport de concentration (tritium dans les tissus Bq/kg par unité de concentration de tritium dans les milieux environnementaux)
$W_{\text{low beta}}$	= Facteur de pondération de 3 pour la faible énergie bêta (sans unité)
$W_{\text{normal beta}}$	= Facteur de pondération de 1 pour l'énergie normale bêta (sans unité)

⁵ Effectué pour tous les biotes à l'exception des poissons, puisque des mesures des concentrations de tritium dans les tissus des poissons étaient disponibles.

ii. Dose interne due au HTO (mesure de HTO dans les tissus disponibles, pas de mesure d'OBT dans les tissus)⁶:

$$D_{\text{int HT0}} = (CD_{\text{int low } \beta} C_t W_{\text{low beta}}) + (CD_{\text{int normal } \beta} C_t W_{\text{normal beta}})$$

Où,

$CD_{\text{int low } \beta}$	= Coefficient de dose à faible énergie pour H-3 dans les tissus ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
$CD_{\text{int normal } \beta}$	= Coefficient de dose d'énergie normale pour H-3 dans les tissus ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
C_t_{HTO}	= Concentration de HTO dans les tissus du corps entier ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{pf}$)
$W_{\text{low beta}}$	= Facteur de pondération de 3 pour la faible énergie bêta (sans unité)
$W_{\text{normal beta}}$	= Facteur de pondération de 1 pour l'énergie normale bêta (sans unité)

iii. Dose interne due à l'OBT (mesure d'HTO dans les tissus disponibles, pas de mesure d'OBT dans les tissus)⁷:

$$D_{\text{int OBT}} = (CD_{\text{int low } \beta} C_t W_{\text{low beta}}) + (CD_{\text{int normal } \beta} C_t W_{\text{normal beta}})$$

Où,

$CD_{\text{int low } \beta}$	Coefficient de dose à faible énergie pour H-3 dans les tissus ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
$CD_{\text{int normal } \beta}$	= Coefficient de dose d'énergie normale pour H-3 dans les tissus ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{kg}$)
C_t_{OBT}	= Concentration de l'OBT dans le tissu du corps entier, telle que calculée ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{pf}$)
$W_{\text{low beta}}$	= Facteur de pondération de 3 pour la faible énergie bêta (sans unité)
$W_{\text{normal beta}}$	= Facteur de pondération de 1 pour l'énergie normale bêta (sans unité)

Des mesures de HTO dans les tissus des poissons étaient disponibles, mais pas de mesures d'OBT. La concentration d'OBT dans les tissus des poissons par rapport à la concentration de HTO a été calculée en utilisant le FBA, comme suit :

$$C_{t_{\text{OBT}}} = \left(\frac{C_{t_{\text{HTO}}}}{\text{FBA}_{\text{HTO}}} \right) \text{FBA}_{\text{OBT}}$$

6.2.6.2 Doses d'exposition

En utilisant l'équation et les paramètres décrits dans la section précédente, les débits de dose interne, externe et totale calculés pour le biote terrestre et aquatique sont présentés au Tableau

⁶ Effectué uniquement pour les poissons, car des mesures des concentrations de HTO dans les tissus des poissons étaient disponibles.

⁷ Effectué uniquement pour les poissons, car des mesures des concentrations de HTO dans les tissus des poissons étaient disponibles.

6-8, à la Figure 6-8 et à la Figure 6-9. Les calculs détaillés du débit de dose utilisant les équations de la section précédente sont fournis à l'**Annexe D**.

Tableau 6-8 : Débits de dose interne, externe et totale calculés

Récepteur écologique	Débit de dose interne ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	Débit de dose externe ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	Débit de dose totale ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	Débit de dose totale (mGy/j)
<i>Biote terrestre</i>				
Arbre	5,44E-02	8,04E-03	6,24E-02	1,50E-03
Graminées et herbes	4,62E-02	9,90E-03	5,61E-02	1,35E-03
Petit mammifère	5,57E-02	2,47E-02	8,04E-02	1,93E-03
Grand mammifère	5,84E-02	5,36E-03	6,37E-02	1,53E-03
Oiseau	5,51E-02	1,01E-02	6,52E-02	1,56E-03
Amphibien	5,41E-02	2,68E-02	8,09E-02	1,94E-03
<i>Biote aquatique</i>				
Mammifère aquatique	9,84E+00	1,05E-04	9,84E+00	2,36E-01
Plantes d'eau douce	1,16E+00	6,77E+00	7,93E+00	1,90E-01
Invertébrés d'eau douce	5,30E+00	2,04E-04	5,30E+00	1,27E-01
Larves d'insectes	5,49E+00	1,35E+01	1,90E+01	4,56E-01
Poissons benthiques	3,25E-01	5,71E-05	3,25E-01	7,79E-03
Poissons pélagiques	4,77E-01	1,14E-04	4,77E-01	1,15E-02

Note : Les valeurs maximales pour le biote terrestre et aquatique sont **en gras**.

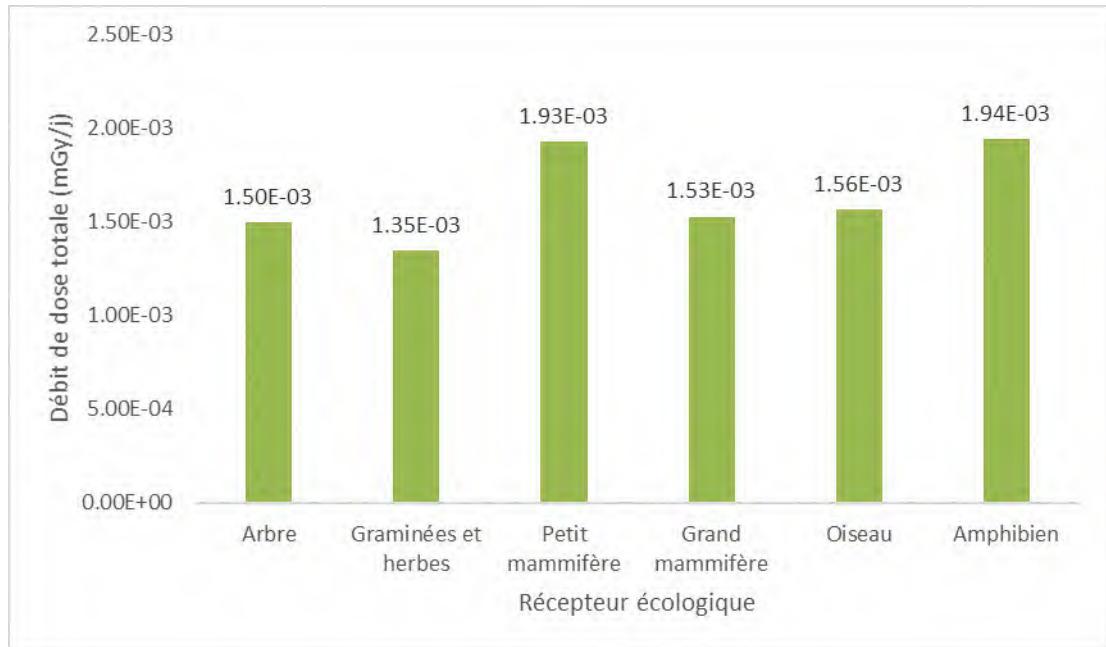


Figure 6-8 : Débit de dose totale aux récepteurs terrestres (mGy/j)

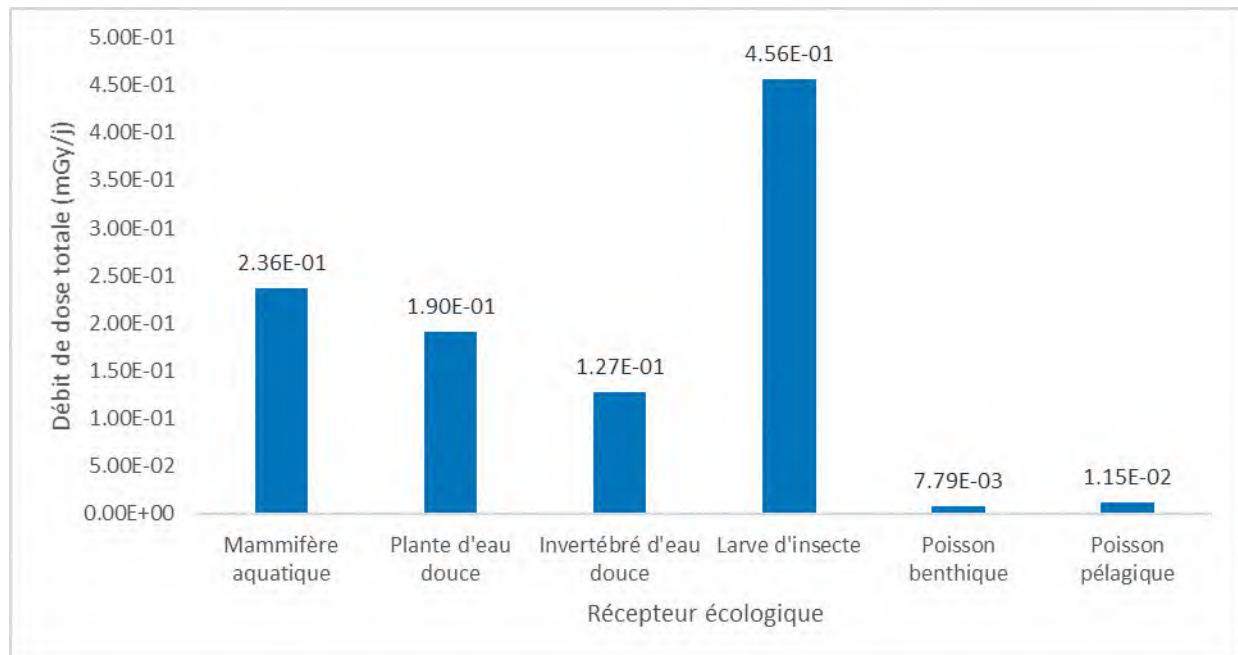


Figure 6-9 : Débit de dose totale aux récepteurs aquatiques (mGy/j)

Le récepteur terrestre ayant le débit de dose total le plus élevé est l'amphibiens de l'ASDR. Le débit de dose total est d'environ 1,94E-03 mGy/j. Il convient de noter qu'il n'y a pas d'habitat recensé pour les amphibiens à proximité de l'ASDR. Le débit de dose total reçu par le petit

mammifère est comparable, soit 1,93E-03 mGy/j, pour lequel il pourrait y avoir un habitat à proximité de l'ASDR.

Le débit de dose pour les espèces aquatiques varie considérablement de 7,79E-03 mGy/j (poisson benthique) au débit de dose totale le plus élevé de 4,56E-01 mGy/j pour les larves d'insectes. Pour le biote aquatique présentant les débits de dose les plus élevés (mammifères aquatiques, plantes d'eau douce, invertébrés d'eau douce et larves d'insectes), la majeure partie de la dose est attribuée soit à la dose interne de C-14, qui est calculée à partir des concentrations dans les eaux de surface, soit à l'exposition externe au Co-60 dans les sédiments.

Il est évident que les mesures de la radioactivité dans les tissus des poissons ont donné lieu à une dose interne calculée nettement inférieure aux doses internes des mammifères aquatiques, des invertébrés d'eau douce et des larves d'insectes (Tableau 6-8), qui ont été calculées avec des facteurs génériques basés sur les concentrations mesurées dans l'eau et les sédiments. Le débit de dose moyen pour les poissons (9,62E-03 mGy/j) est inférieur d'environ un ordre de grandeur à celui des autres récepteurs aquatiques considérés dans cette évaluation.

6.2.7 Incertitudes et hypothèses dans l'évaluation de l'exposition

Les sources d'incertitude prédominantes dans l'évaluation de l'exposition radiologique des récepteurs écologiques sont les suivantes :

- L'utilisation de données environnementales rapportées comme étant inférieures à une limite de détection (LD) ;
- L'utilisation de valeurs moyennes annuelles maximales pour les concentrations dans les milieux environnementaux. Plus précisément, il existe une incertitude importante sur la concentration moyenne de C-14 dans l'eau en raison des concentrations élevées mesurées en 2017. Dans ce cas, l'incertitude s'est traduite par un conservatisme dû à la forte concentration en C 14 mesurée qui coïncide avec la dernière campagne de transfert de résines usées ;
- L'utilisation de RC génériques pour les organismes de référence afin de quantifier l'absorption de radionucléides par la chaîne alimentaire ;
- L'utilisation de FO à 100 % pour les biotes sans mesures disponibles des concentrations dans les tissus ;
- L'utilisation de mesures d'une fraction des tissus de poissons pour représenter la concentration moyenne dans le corps entier du biote ;
- L'utilisation de concentrations calculées dans le sol sur le site au lieu de concentrations mesurées en raison du fait que les concentrations mesurées sont inférieures à la limite de détection ;
- L'utilisation du Co-60 comme radionucléide représentatif de tous les aérosols bêta/gamma.

L'évaluation utilise certaines données environnementales qui sont inférieures à une limite de détection (LD), mais qui, pour les besoins de l'évaluation, ont été considérées comme égales à la LD. Cela entraîne une surestimation des concentrations environnementales calculées.

Les biotes aquatiques présentant les débits de dose les plus élevés sont les plantes d'eau douce et ceux qui ne présentent pas de concentrations tissulaires mesurées (mammifères aquatiques, invertébrés d'eau douce et larves d'insectes).

Pour les mammifères et invertébrés aquatiques, la majorité de leur dose est attribuée à la dose interne de C-14, qui est calculée à partir des concentrations dans les eaux de surface. Toutefois, des mesures inhabituellement élevées de C-14 dans les eaux de surface ont entraîné une moyenne annuelle maximale anormalement élevée qui fut utilisée pour les calculs (5.49E+01 Bq/L en 2017, voir le Tableau 6-4). Les niveaux mesurés de C-14 dans les eaux de surface à l'emplacement B' sont soit inférieurs aux concentrations de fond (2016), soit inférieurs à la limite de détection et ont été pris à la limite de détection (2019 et 2020). Une mesure élevée de 272 Bq/L a été enregistrée en 2017 et était la conséquence d'une diminution du débit du canal de rejet, entraînant un pic temporaire de contaminants radioactifs avant que le point de rejet des effluents liquides radioactifs ne soit déplacé vers le chenal sud du fleuve Saint-Laurent. Comme l'échantillonnage des eaux de surface est effectué mensuellement, la mesure mensuelle élevée de 272 Bq/L a entraîné une moyenne annuelle biaisée vers le haut qui n'est pas représentative des conditions à l'emplacement B' ou de l'exposition annuelle. L'utilisation de la moyenne annuelle maximale élevée de 2017 pour calculer la dose au biote aquatique est une approche très conservatrice qui donne une dose supérieure à celle qui serait probablement observée naturellement. Ceci est confirmé par la comparaison de la dose à ces biotes avec la dose aux poissons, où des mesures de tissus étaient disponibles, qui est inférieure d'un ordre de grandeur.

Pour les plantes d'eau douce et les larves d'insectes, la dose provient principalement de l'exposition externe au Co-60 à la surface ou dans les sédiments.

Cette évaluation utilise les RC pour relier la concentration de radionucléides présents dans l'environnement à la concentration de radionucléides présents dans les tissus du biote, aux fins du calcul de la dose interne. En raison du manque de données empiriques provenant du site de Gentilly-2, l'outil ERICA a été utilisé comme source de RC. L'utilisation de RC génériques, bien que pour des espèces représentatives, fournit une relation approximative entre les concentrations environnementales et les concentrations dans les tissus, mais ne tient pas compte des relations particulières de la chaîne alimentaire qui peuvent exister sur le site de Gentilly-2.

Pour les récepteurs écologiques relativement immobiles (p. ex., les plantes et les invertébrés), on a supposé à juste titre que le biote était exposé aux concentrations maximales de radionucléides dans l'air, le sol, l'eau ou les sédiments de façon continue. La même hypothèse concernant la résidence a été utilisée pour les récepteurs plus mobiles (p. ex., mammifères, oiseaux,

amphibiens et poissons). Il s'agit d'une hypothèse très prudente étant donné la nature migratoire de ces espèces et le fait que la taille de leur domaine vital est beaucoup plus grande que la zone spatiale où les concentrations maximales de radionucléides sont observées. Il convient de noter que pour les poissons, les concentrations tissulaires mesurées étaient disponibles et incorporées dans les calculs de débit de dose, ce qui a amélioré leur précision. Cependant, il y a encore une certaine incertitude liée au fait que les poissons ont été collectés un peu plus loin de l'emplacement B' d'exposition maximale. Étant donné que les poissons sont mobiles, on suppose que ces mesures sont toujours valables et représentatives des poissons trouvés plus près de l'emplacement B'. En outre, la prise en compte de cette incertitude peut entraîner des doses plus élevées pour les poissons, mais elles resteraient bien inférieures aux valeurs de référence (VR) radiologiques pour le risque.

L'exposition (et le risque) pour les biotes semi-aquatiques, comme le mammifère aquatique qui subit également une exposition terrestre, a probablement été surestimée étant donné que ces récepteurs ont été considérés comme obtenant l'entièreté de leur dose du milieu aquatique, ce qui surestime l'exposition (et le risque) du milieu aquatique.

Lorsque des concentrations mesurées dans les tissus ont été utilisées dans l'évaluation, il y a une incertitude associée à l'hypothèse que les concentrations mesurées dans la chair sont représentatives de la concentration dans le corps entier du biote. Les concentrations dans la chair de poisson utilisées dans l'évaluation sont le Cs-137, le C-14 et le HTO. Les concentrations de C-14 par kg de poids frais de produit animal sont calculées à partir des concentrations de carbone stable [2]. Sur la base des modèles d'activité spécifique utilisés pour le tritium et le C-14, et des concentrations relatives d'eau et de carbone dans la chair par rapport aux autres tissus du biote (p. ex., les os), on suppose que ces concentrations calculées de tritium et de C-14 dans la chair représentent de manière prudente les concentrations dans le corps entier. Selon le document TRS-479 de l'AIEA [17], le facteur de conversion du muscle du poisson à l'organisme entier pour le Cs-137 est de 1,00 ; par conséquent, les concentrations de Cs-137 dans la chair du poisson devraient être comparables aux concentrations dans le corps entier.

L'analyse des échantillons du sol de surface recueillis en juin 2021 n'a pas détecté de Co-60 à aucun des 19 points d'échantillonnage sur le site. Au lieu d'utiliser la « valeur mesurée » de 0 Bq/kg(ps) pour l'évaluation, la concentration de Co-60 dans le sol a été calculée dans IMPACT (sur la base de la concentration atmosphérique moyenne annuelle la plus élevée mesurée à proximité de l'ASDR indiquée au Tableau 6-3) et utilisée dans l'évaluation. Cela a entraîné une surestimation de l'exposition au Co-60, avec une concentration calculée dans le sol de 2,06E+01 Bq/kg(ps).

Les concentrations aux points d'exposition utilisées dans les calculs de la dose au biote étaient la moyenne annuelle maximale des 5 dernières années (2016-2020). Depuis 2017, on observe une diminution notable de la concentration de la plupart des contaminants, à l'exception des aérosols bêta/gamma dans l'air (Tableau 6-3) et de l'U-235 et de l'U-238 dans les sédiments

(Tableau 6-5). Par conséquent, la dose calculée pour le biote pour tous les autres contaminants est probablement une surestimation des conditions environnementales actuelles.

Le Co-60 a été choisi comme radionucléide émetteur bêta/gamma atmosphérique représentatif pour des raisons de cohérence avec l'ERSH radiologique. Comme l'a conclu l'ERSH, le Co-60 est le plus restrictif des radionucléides qui sont couramment présents dans les effluents gazeux, ce qui entraîne l'estimation la plus prudente du risque associé aux aérosols bêta/gamma.

6.3 Évaluation des effets

6.3.1 Valeurs de référence radiologiques

Les valeurs de référence pour l'évaluation des effets radiologiques sont basées sur les recommandations de l'UNSCEAR [18] (traduction, emphase ajoutée) :

- *Il est peu probable que des débits de dose chronique inférieurs à **100 µGy/h** pour les individus les plus exposés aient des effets significatifs sur la plupart des communautés terrestres et que...*
- *Des débits de dose maximaux de **400 µGy/h** pour tout individu dans les populations d'organismes aquatiques seraient peu susceptibles d'avoir un effet néfaste au niveau de la population.*

Ces débits de dose correspondent à 2,4 mGy/j et 9,6 mGy/j pour les biotes terrestres et aquatiques respectivement. Le dépassement de ces valeurs de référence indiquerait un potentiel d'effets néfastes.

Néanmoins, conformément au principe du niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre pour les doses de rayonnement, il est recommandé que les voies d'exposition qui contribuent le plus au débit de dose total se voient attribuer une plus grande priorité dans le cadre de la surveillance environnementale. Une discussion sur le débit de dose de rayonnement basé sur les voies individuelles d'exposition est fournie dans la section suivante.

6.3.2 Incertitudes et hypothèses dans l'évaluation des effets

Les valeurs de référence radiologiques fournies dans la section précédente sont basées sur les effets sur le biote non humain en corrélation avec les paramètres suivants : morbidité, mortalité ou reproduction. Comme le débit de dose spécifique associé à chaque effet peut varier d'un ordre de grandeur, les valeurs de référence radiologiques présentent un degré élevé d'incertitude. Cependant, les valeurs de référence de dose de rayonnement choisis suivent les normes UNSCEAR [18] et CSA N288.6-12 [1] en accordant plus de crédibilité aux valeurs basées sur des études de laboratoire contrôlées et des niveaux d'effet faibles démontrés.

L'un des aspects de l'incertitude dans l'évaluation des effets est la sensibilité aux rayonnements aux premiers stades de la vie. S'il est généralement admis que les espèces sont plus radiosensibles aux premiers stades de leur vie, les valeurs de référence radiologiques pour le biote non humain n'en tiennent pas compte. Dans l'évaluation de l'exposition, une larve d'insecte aquatique a été, en partie, choisie comme invertébré benthique pour examiner les effets sur une espèce au stade larvaire de son cycle de vie.

6.4 Caractérisation des risques

6.4.1 Estimation du risque

La caractérisation des risques est l'étape finale du processus d'évaluation des risques, au cours de laquelle les évaluations de l'exposition et des effets sont intégrées. Le processus de caractérisation des risques mené dans cette EQPR reflète l'approche conservatrice utilisée pour générer les estimations des risques. Le Tableau 6-9 montre le QD calculé pour chaque récepteur écologique, qui est le rapport entre l'exposition prévue et la VR radiologique applicable. Conformément à la norme N288.6-12 [1] si le QD résultant est proche de ou supérieur à 1, un examen plus détaillé des organismes spécifiques et de leurs paramètres d'exposition serait nécessaire dans une EQDR radiologique ; sinon, l'utilisation d'organismes de référence est jugée appropriée pour conclure qu'il n'y a pas de risque radiologique pour l'ensemble respectif du biote.

Puisque tous les QD sont inférieurs à 1, il est donc possible de conclure qu'il n'y ait pas de risque radiologique pour le biote non humain résultant des activités de préparation de la phase de stockage avec surveillance sur le site de Gentilly-2. Les doses au biote pour lesquelles des mesures de l'eau de surface sont utilisées donnent lieu à des doses calculées plus élevées et à des quotients de danger plus élevés. Comme discuté à la section 6.2.7, ceci est dû à l'inclusion d'une mesure élevée de C-14 dans l'eau de surface. Une mesure mensuelle élevée de 272 Bq/L a eu pour effet de biaiser la moyenne annuelle vers le haut, ce qui n'est pas représentatif des conditions habituelles à l'emplacement B' ou de l'exposition annuelle. Pour cette raison, la contribution du C-14 au quotient de danger présenté pour le biote aquatique au Tableau 6-9 pour lequel le C-14 dans le tissu est estimé à partir de la concentration dans l'eau (larves d'insectes, mammifères aquatiques) au lieu d'être basé sur une mesure directe dans les tissus (poissons, plantes aquatiques) est très conservatrice.

Tableau 6-9 : Quotient de danger pour le biote non humain

Récepteurs écologiques	Débit de dose totale (mGy/j)	Valeur de référence (mGy/j)	Quotient de danger ¹
<i>Biote terrestre</i>			
Arbre	1,50E-03	2,4	0,06 %
Graminées et herbes	1,35E-03	2,4	0,06 %
Petit mammifère	1,93E-03	2,4	0,08 %
Grand mammifère	1,53E-03	2,4	0,06 %
Oiseau	1,56E-03	2,4	0,07 %
Amphibien	1,94E-03	2,4	0,08 %
<i>Biote aquatique</i>			
Mammifère aquatique	2,36E-01	9,6	2,46 %
Plantes d'eau douce	1,90E-01	9,6	1,98 %
Invertébrés d'eau douce	1,27E-01	9,6	1,32 %
Larves d'insecte	4,56E-01	9,6	4,75 %
Poisson benthique	7,79E-03	9,6	0,08 %
Poisson pélagique	1,15E-02	9,6	0,12 %

Note 1 : Le quotient de danger est calculé comme le ratio du débit de dose totale sur la valeur de référence. Dans ce tableau, il est présenté sous forme de pourcentage.

6.4.2 Discussion sur les effets des rayonnements

Un examen plus détaillé de la contribution de chaque voie d'exposition au débit de dose totale est fourni dans cette section. L'objectif principal de cet examen est de fournir une justification basée sur le risque pour prioriser la surveillance de milieux et de radionucléides spécifiques dans le cadre du *Plan de surveillance radiologique environnementale*.

Les Figure 6-10 à Figure 6-15 montrent les contributions des radionucléides par voie d'exposition pour les récepteurs terrestres. Des similitudes sont observées dans les contributions relatives pour l'arbre, l'oiseau et les graminées et l'herbes ainsi qu'entre le petit mammifère et l'amphibien. Le grand mammifère présente une contribution de l'exposition interne provenant des aérosols bêta/gamma (Co-60), qui est négligeable chez les autres récepteurs terrestres. Pour tous les récepteurs terrestres, la majeure partie de la dose totale est attribuable à l'exposition interne au tritium et au C-14, et à l'exposition externe aux aérosols bêta/gamma (Co-60).

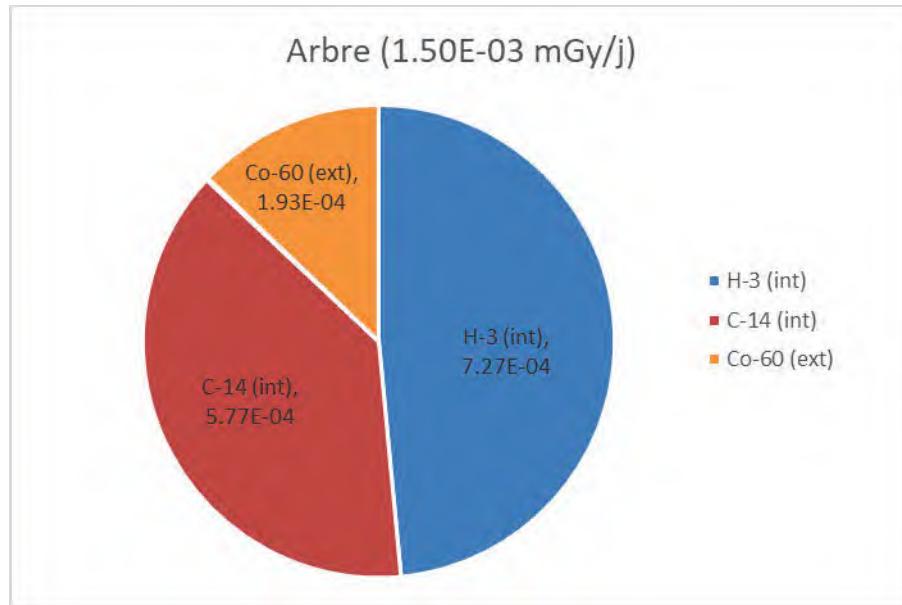


Figure 6-10 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Arbre

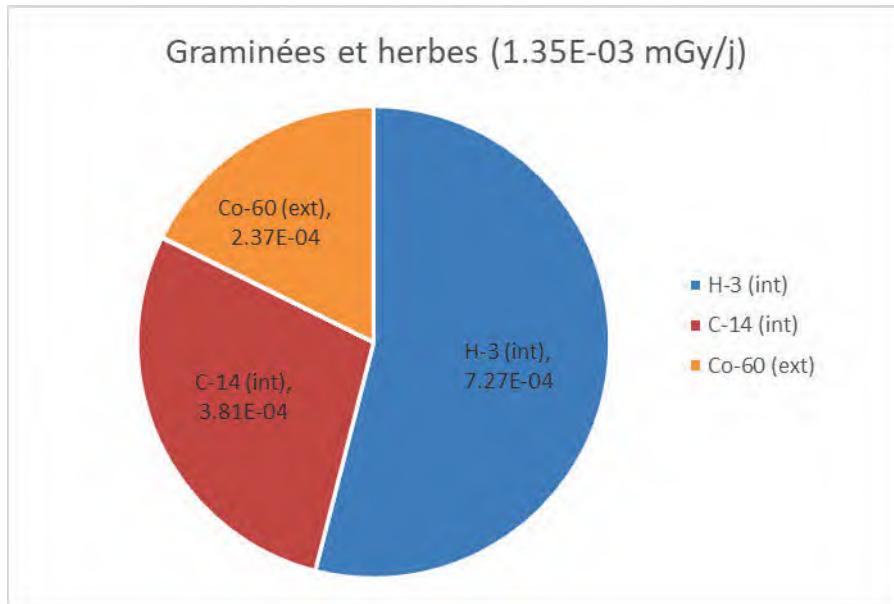


Figure 6-11 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Graminées et herbes

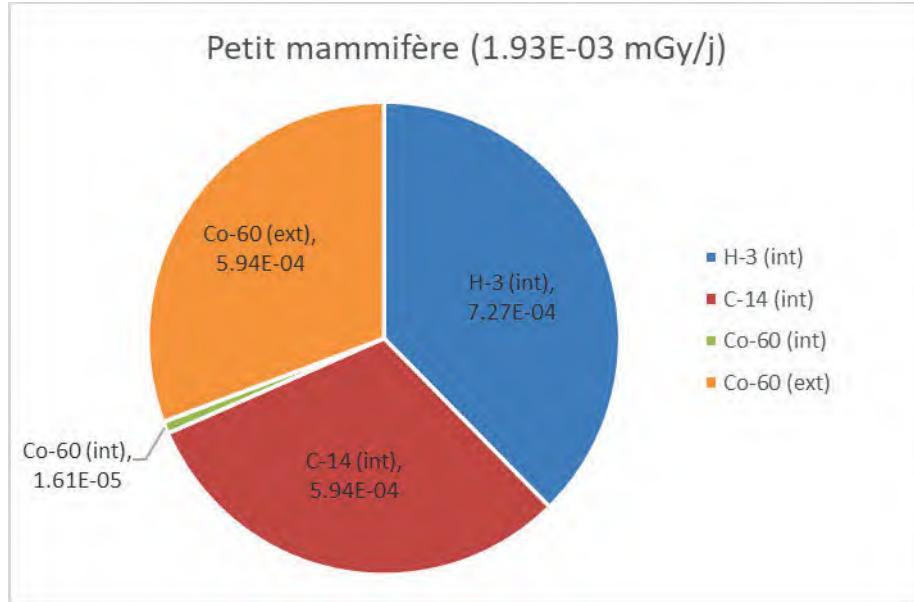


Figure 6-12 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Petit mammifère

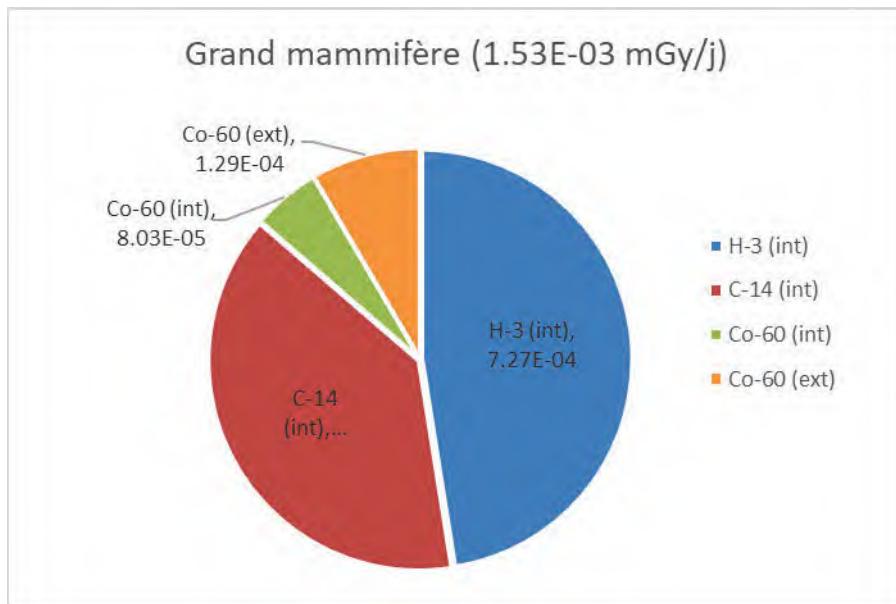


Figure 6-13 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Grand mammifère

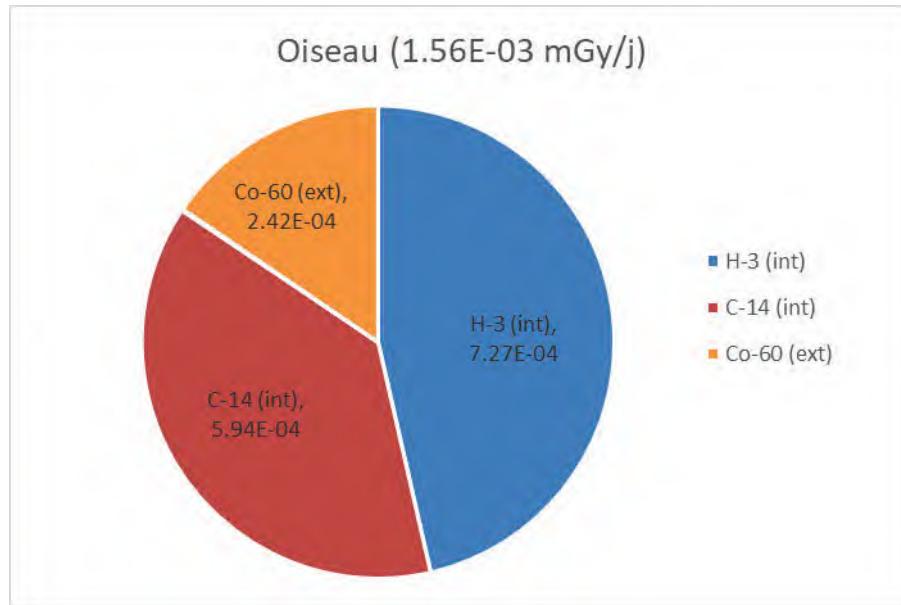


Figure 6-14 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Oiseau

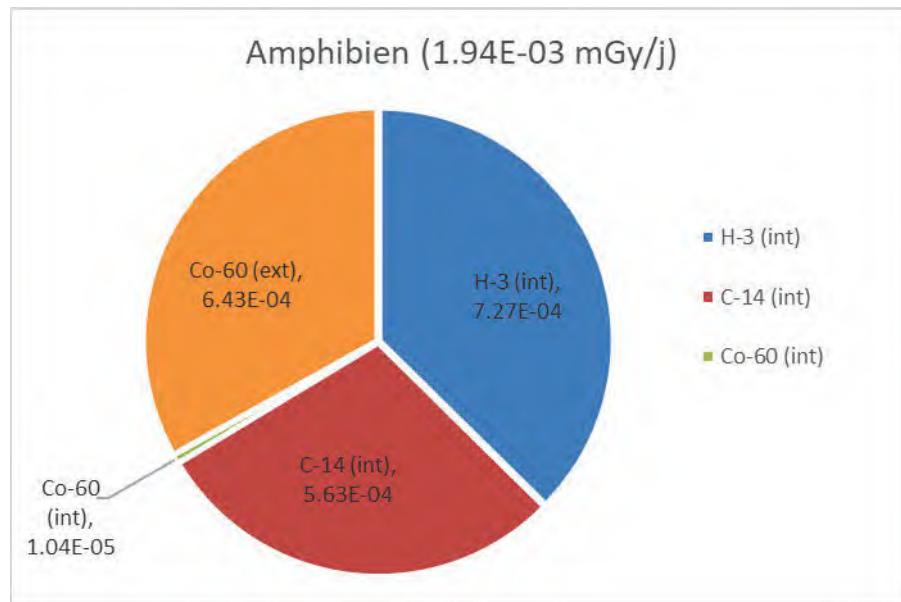


Figure 6-15 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Amphibien

Les Figures 6-16 à Figure 6-19 montrent les contributions des radionucléides par voie d'exposition pour les récepteurs aquatiques. Les contributions relatives aux larves d'insectes et aux plantes d'eau douce ainsi que celles des animaux aquatiques et des invertébrés d'eau douce étant similaires, seules les larves d'insectes et les mammifères aquatiques sont présentées ci-dessous (Figure 6-16 et Figure 6-17). Pour les mammifères aquatiques et les invertébrés d'eau douce, la dose est presque entièrement attribuable à l'exposition interne au C-14. Cela est dû à l'inclusion d'une mesure élevée de C-14 dans l'eau de surface en 2017, comme indiqué à la

section 6.2.7. Pour les larves d'insectes et les plantes d'eau douce, la dose est principalement attribuable à l'exposition externe provenant du Co-60 dans les sédiments ou à leur surface, qui était également distinctement plus élevée en 2017 (voir Tableau 6-5). Pour ces récepteurs, l'exposition interne au C-14 est le deuxième contributeur le plus important.

En revanche, le débit de dose total des poissons pélagiques et benthiques est inférieur d'un ordre de grandeur à celui des autres biotes aquatiques et le facteur dominant n'est pas l'exposition interne au C-14, mais plutôt l'exposition interne aux émetteurs alpha tels que l'U-238. Bien que la contribution des émetteurs alpha soit plus élevée chez les poissons, le débit de dose dû à l'exposition interne à l'U-238 ($6,18\text{E-}03 \text{ mGy/j}$) est comparable dans l'ensemble du biote aquatique, allant de $7,59\text{E-}04 \text{ mGy/j}$ chez les invertébrés et les larves d'insectes d'eau douce à $9,92\text{E-}03 \text{ mGy/j}$ chez le mammifère aquatique.

L'incorporation des données sur les tissus, combinée à l'absence de contribution significative d'exposition externe dans les calculs de la dose aux poissons, se traduit par un débit de dose interne total inférieur à celui des autres récepteurs aquatiques. La contribution relative des radionucléides est influencée par l'exposition au Co-60 dans les sédiments. La différence de contribution relative entre les biotes exposés aux sédiments (larves d'insectes) ou non est clairement illustrée en comparant la Figure 6-16 aux suivantes.

Pour les poissons benthiques et pélagiques, environ 79 % et 54 % des débits de dose respectifs sont attribués à l'exposition interne à l'U-238. Les mesures de l'U-238 et de l'U-235 dans les tissus des poissons n'étant pas disponibles, la contribution de ces radionucléides au débit de dose a été calculée en estimant les concentrations d'U-238 et d'U-235 dans les tissus à partir de la concentration dans l'eau qui est à son tour dérivée de celle dans les sédiments. L'utilisation de la moyenne annuelle maximale comme concentration limite dans l'évaluation est prudente, car les mesures d'U-238 et d'U-235 dans les sédiments ont été enregistrées en dessous des niveaux de fond certaines années, comme le montrent les valeurs négatives au Tableau 6-5. Les contributions plus importantes de l'U-238 et de l'U-235 au débit de dose interne sont dues aux CD internes et à l'EBR plus élevée pour les émetteurs alpha.

Pour les poissons, l'exposition interne est principalement attribuable au C-14, à l'U-235, à l'OBT et au HTO. Les débits de dose de tritium et de C-14 chez les poissons pélagiques sont légèrement supérieurs à ceux des poissons benthiques en raison des concentrations tissulaires plus élevées de ces radionucléides, comme le montre le Tableau 6-6.

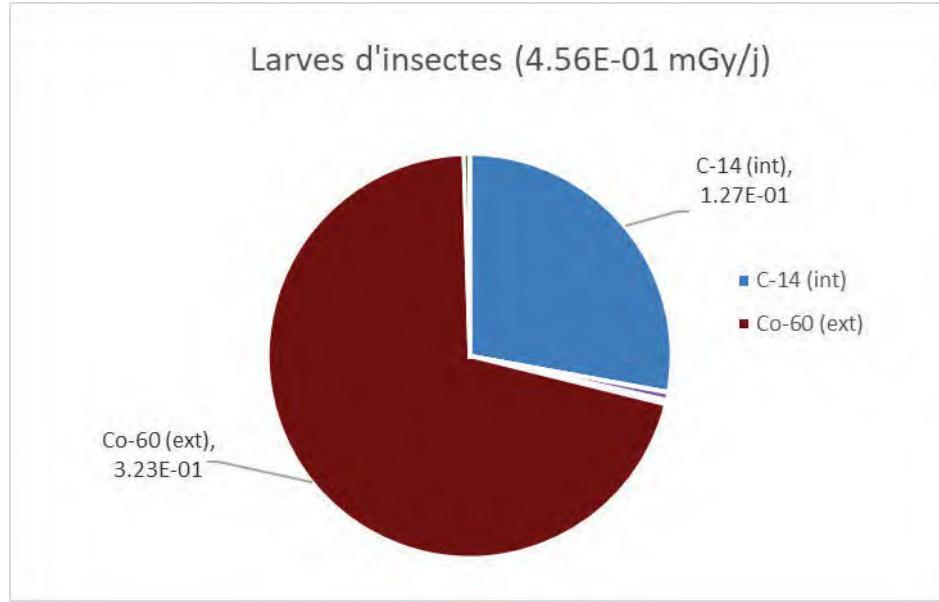


Figure 6-16 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Larves d'insectes (similaires aux plantes d'eau douce)

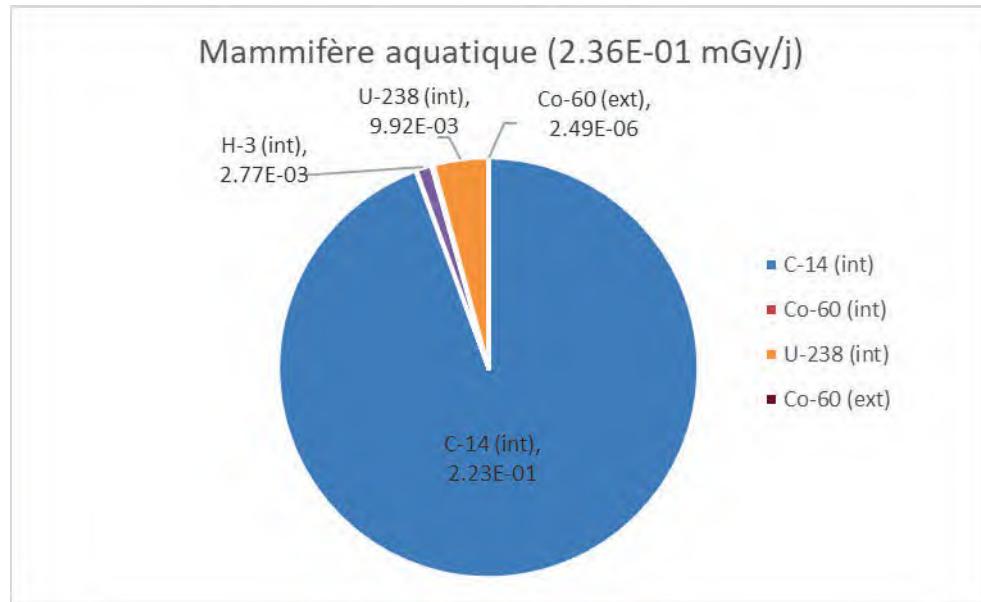


Figure 6-17 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Mammifère aquatique (semblable aux invertébrés d'eau douce)

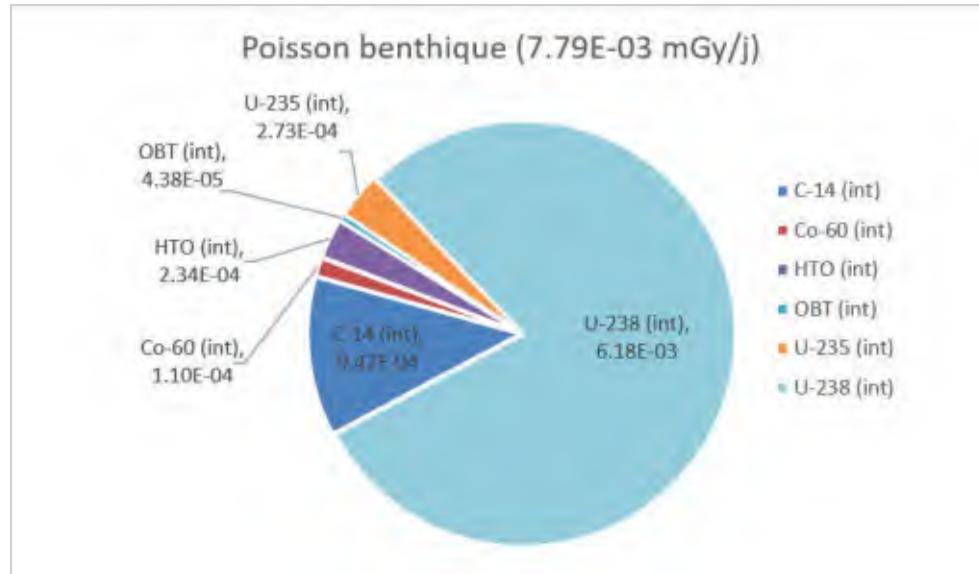


Figure 6-18 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Poisson benthique

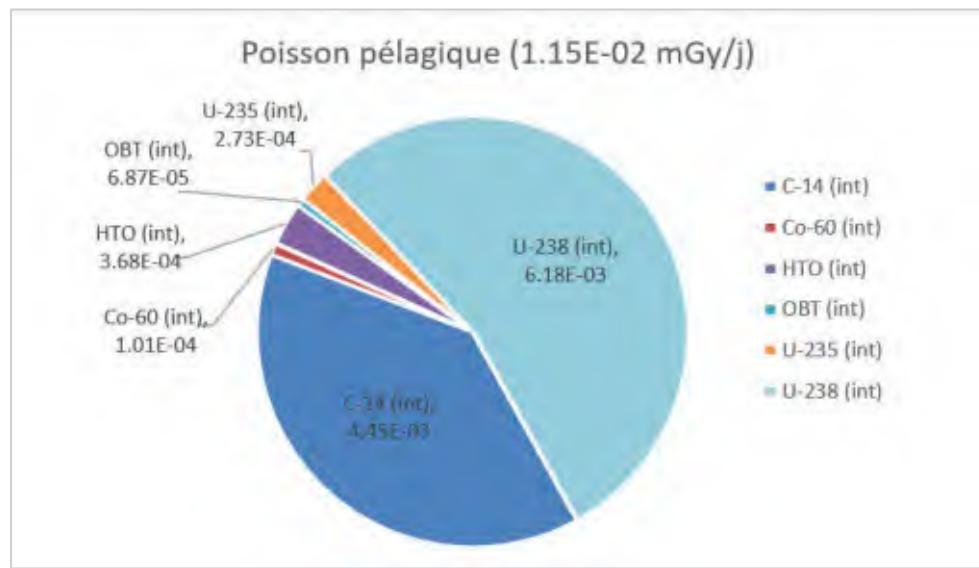


Figure 6-19 : Débit de dose (mGy/j) des voies d'exposition individuelles - Poisson pélagique

6.4.2.1 *Données de surveillance des effets*

Pour le biote terrestre, le QD limitatif de 0,08 % ne suggère aucun risque radiologique ou effet néfaste pour ces biotes entourant Gentilly-2.

Pour le biote aquatique, même avec d'importantes hypothèses conservatrices, le QD limitatif est encore inférieur à 5 % de la VR. Cela suggère qu'il n'y a pas de risque radiologique ou d'effet néfaste pour le biote aquatique non humain autour de Gentilly-2. Un QD plus réaliste pour le biote aquatique sans mesure de concentration tissulaire (larves d'insectes, mammifères

aquatiques et invertébrés d'eau douce) pourrait s'apparenter à celui des poissons pélagiques et benthiques où les concentrations tissulaires étaient disponibles et incorporées dans les calculs de débit de dose. Une comparaison entre les concentrations mesurées de C-14 dans les tissus des poissons et les concentrations calculées à l'aide de la concentration moyenne annuelle maximale dans les eaux de surface confirme que les concentrations mesurées dans les tissus des poissons utilisées pour l'évaluation ont été plus faibles que celles calculées au cours des cinq dernières années.

Le QD résultant pour les poissons est bien inférieur à celui des autres biotes aquatiques et similaire à celui du biote terrestre à 0,08 % et 0,12 % de la VR (Tableau 6-9).

À ce jour, aucune donnée ou information concernant la santé du biote local ne permet de penser qu'il existe une quelconque corrélation entre les faibles niveaux de radioactivité dans l'environnement et les effets néfastes sur la santé.

On ne s'attend pas à ce que les effets des rayonnements sur le biote soient mesurables lorsque les doses sont inférieures aux niveaux représentés par les valeurs de référence de l'UNSCEAR.

6.4.2.2 *Probabilité des effets*

Avec des débits de dose inférieurs aux VR, il est peu probable que des effets néfastes sur la santé soient mesurables au niveau de la population.

6.4.3 *Incertitudes et hypothèses dans la caractérisation des risques*

Les QD dérivés sont considérés comme étant surestimés compte tenu des hypothèses d'exposition et des facteurs d'incertitude appliqués dans la dérivation du débit de dose au biote non humain. Il est très probable que les méthodes conservatrices de traitement des incertitudes associées à l'évaluation de l'exposition (voir section 6.2.7) aient entraîné une surestimation du débit de dose de rayonnement pour le biote non humain. Les principales sources d'incertitude sont les concentrations de radioactivité dans les eaux de surface, les FO et l'utilisation de RC génériques pour corrélérer la concentration dans les milieux environnementaux à une concentration dans les tissus du biote.

Cette surestimation donne tout de même des débits de dose inférieurs aux VR ($QD < 1$). Elle est donc sans conséquence sur la caractérisation finale des risques, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de risque radiologique pour le biote non humain.

6.5 Conclusions et recommandations

6.5.1 Conclusions de l'EREco radiologique

Les débits de dose de rayonnement pour le biote non humain résidant sur ou près du site de Gentilly-2 sont inférieurs aux VR applicables de l'UNSCEAR. Avec des QD <1, et avec plusieurs incertitudes dans l'évaluation (p. ex., concentrations dans les eaux de surface, FO et paramètres d'ingestion) traitées de façon conservatrice, il n'y a pas de risque radiologique pour le biote non humain résultant des activités de préparation de la phase de stockage avec surveillance sur le site de Gentilly-2.

En plus d'évaluer le risque global pour le biote non humain, l'évaluation a examiné les contributions spécifiques de chaque radionucléide et de chaque voie d'exposition à la dose totale de rayonnement. Cette analyse du risque relatif fournit des informations pour les révisions ultérieures du *Plan de surveillance radiologique environnementale*.

6.5.2 Conclusions de l'EREco prédictif

Comme indiqué à la section 4.4.3, des travaux demeurent toujours à réaliser avant d'atteindre la phase de stockage sous surveillance. Ces activités peuvent également être une source de rejets radioactifs, qui pourraient entraîner une augmentation ponctuelle, principalement en tritium et en émetteurs bêta gamma, avant une diminution permanente. Ces activités peuvent être regroupées en déclencheurs, décrits à la section 4.4.3, et consistent généralement en la gestion de barils d'eau lourde, de transfert de matières radioactives, de décontamination et de drainage de systèmes sur l'ensemble du site de Gentilly-2.

Pour les récepteurs écologiques, une évaluation des effets et des risques est faite en analysant les émissions atmosphériques et liquides attendues de ces activités et en déterminant si elles sont bornées par des émissions antérieures. Puisque les émissions jusqu'à présent ont donné lieu à des QD inférieurs à 1, ou à un débit de dose inférieur à la valeur de référence, il est raisonnable de supposer que les émissions bornées par les conditions antérieures le seraient également en termes d'effets et de risques.

Comme le montre le Tableau 6-9, les émissions actuelles représentent un maximum de 0,08 % du débit de dose de référence pour le biote terrestre. Cela signifie que les émissions devraient augmenter de plus de trois (3) ordres de grandeur pour atteindre un QD de 1, ou la valeur du débit de dose de référence de 2,4 mGy/jour. On ne s'attend pas à ce que cela se produise avec l'achèvement des activités énumérées au déclencheur #1, qui sont aussi liées à la fin des principaux rejets dans l'atmosphère. Deux de ces activités sont déjà terminées : a) le transfert de l'eau lourde en barils et b) la décontamination des chiffons tritiés. Les activités restantes sont liées au séchage des barils, au transfert des filtres e

[REDACTED] et encore moins trois ordres de grandeur au-dessus des niveaux d'émission moyens. En résumé, les effets sur les récepteurs

terrestres dus aux émissions atmosphériques des activités mentionnées dans la section 4.4.3 devraient être négligeables. Ces activités pourraient entraîner une augmentation temporaire des émissions, mais ne sont pas identifiées comme ayant un effet négatif résiduel sur les récepteurs écologiques. Avec l'achèvement de ces activités et l'obtention par l'installation du statut de stockage sous surveillance, les rejets atmosphériques devraient diminuer de façon permanente pour atteindre des niveaux inférieurs aux niveaux actuels.

Les activités du déclencheur #2 entraîneront des rejets d'effluents liquides radioactifs dans le fleuve Saint-Laurent. Le tableau 4-15 de la section 4.4.3 résume le volume et l'activité radiologique dans l'eau des piscines de combustible irradié, des boucliers d'extrémité, du caisson du réacteur et de leurs circuits auxiliaires. L'activité totale sera entièrement rejetée dans le fleuve Saint-Laurent et devrait être libérée en un relativement court laps de temps, de l'ordre de quelques jours à quelques semaines. Les rejets liquides annuels historiques sont également affichés à des fins de comparaison. En ce qui concerne les rejets liquides, la principale activité remarquable est le drainage des piscines principales et auxiliaires de stockage de combustible usé et du caisson du réacteur, qui entraînera des rejets plus importants de H-3, de C-14 et de Co-60. Les autres contributeurs importants à la dose reçue par le biote aquatique, l'U-235 et l'U-238, dont la présence n'est pas prévue dans les rejets futurs.

Comme le montre le tableau 4-15, les rejets liquides de H-3 provenant des activités du déclencheur #2 ($1,70E+13$ Bq) devraient rester dans le même ordre de grandeur que les rejets annuels historiques ($1,97E+13$ à $2,17E+14$ Bq/a). Par conséquent, en supposant que les rejets liquides de H-3 resteront constants pendant la vidange de la piscine de combustible usé et du caisson et des boucliers du réacteur, le rejet maximal de H-3 est estimé de manière prudente à deux fois le rejet annuel historique. Pour tous les récepteurs aquatiques, l'exposition interne au H-3 résultant des rejets liquides actuels, représente une petite fraction du débit de dose total, comme le montrent les Figure 6-16 à Figure 6-19. On peut donc raisonnablement supposer que même si les activités futures entraînaient une hausse du double des émissions actuelles de H-3 liquide, cela n'entraînerait qu'une augmentation négligeable du débit de dose total et n'aurait encore pas d'effet néfaste sur le biote aquatique.

Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, l'exposition interne au C-14 est l'un des principaux facteurs contribuant au débit de dose aux récepteurs aquatiques ayant le QD le plus élevé. Comme le montre le tableau 4-15, les rejets liquides de C-14 provenant des activités du déclencheur #2 ($3,36E+06$ Bq) devraient rester inférieurs d'au moins un ordre de grandeur aux rejets historiques ($4,92E+07$ à $2,78E+11$ Bq/a). Par rapport aux émissions liquides de 2020, les rejets de C-14 prévus par les activités du déclencheur #2 représentent 7 % de la valeur de $4,92E+07$ Bq pour 2020. Par rapport aux rejets de 2017, qui ont donné lieu à la mesure élevée de C-14 dans les eaux de surface utilisée dans l'évaluation, les rejets prévus sont de 0,001 % de la valeur de 2017, soit $2,78E+11$ Bq. En résumé, les rejets supplémentaires de C-14 seront faibles par rapport aux émissions historiques et entraîneraient une augmentation négligeable des émissions totales. L'effet sur le débit de dose total devrait aussi être négligeable et n'entraînerait donc pas d'effet négatif sur le biote aquatique. En outre, après ces rejets, les niveaux de C-14

dans les eaux de surface devraient diminuer et être beaucoup plus faibles que les valeurs utilisées dans cette analyse, où la moyenne annuelle maximale élevée de 2017 a été utilisée (voir la section 6.2.7 pour une discussion sur l'utilisation des mesures élevées de C-14 dans les eaux de surface). Avec le déclin des concentrations de C-14 dans les eaux de surface, la dose aux récepteurs aquatiques (mammifères et invertébrés aquatiques) devrait ressembler à celle des poissons pélagiques et benthiques, avec des débits de dose bien inférieurs aux VR et dont la majorité de l'exposition provient de radionucléides à plus longue durée de vie, comme l'U-238.

Des rejets de Co-60 sont également prévus en association avec les activités du déclencheur #2, ce qui entraînerait un rejet total de 1,83E+06 Bq. Le Tableau 6-10 montre les rejets historiques de Co-60 des cinq dernières années . Les rejets estimés de Co-60 associés aux activités du déclencheur #2 s'élèvent à 3 % des rejets moyens des cinq dernières années et à 2 % du rejet de 2017, qui était l'année où les concentrations moyennes de sédiments étaient les plus élevées (Tableau 6-5) et la valeur utilisée dans l'évaluation. Lorsque les récepteurs ne sont pas directement exposés aux sédiments (mammifères aquatiques, invertébrés d'eau douce et poissons), l'exposition externe au Co-60 représente une faible proportion de la dose totale ; pour les larves d'insectes et les plantes d'eau douce, toutefois, elle représente une contribution importante (Figure 6-16). Étant donné que les rejets de Co-60 ne devraient pas augmenter de façon significative, aucun impact majeur sur la dose aux récepteurs aquatiques n'est attendu des rejets de Co-60 associés au déclencheur #2.

Tableau 6-10 : Historique des rejets liquides

Année	Émissions liquides totales - Co-60 (Bq)
2016	1,51E+08
2017	8,63E+07
2018	1,45E+07
2019	4,37E+07
2020	1,82E+07
Moyenne	6,27E+07

En résumé, ces activités futures pourraient entraîner une augmentation temporaire des émissions, mais ne sont pas identifiées comme ayant un effet négatif résiduel sur les récepteurs écologiques. Avec l'achèvement de ces activités et l'obtention par l'installation du statut de stockage sous surveillance, l'activité de Co-60 aux rejets liquides diminueront de façon permanente pour atteindre des niveaux inférieurs aux moyennes annuelles actuelles.

6.5.3 Recommandations pour le plan de surveillance radiologique

La section suivante présente des recommandations basées sur les risques relatifs déterminés dans l'EREco.

Les résultats de cette ERE sont utilisés pour les révisions ultérieures du plan de surveillance radiologique de l'environnement. Les exigences relatives à la détermination des radionucléides, des milieux environnementaux, des emplacements et de la fréquence de surveillance sont consignées dans la documentation du plan de surveillance environnemental.

Il est recommandé que les voies d'exposition qui contribuent le plus au débit de dose total se voient attribuer une plus grande priorité dans le cadre de la surveillance environnementale. Une discussion sur le débit de dose de rayonnement basé sur les voies d'exposition individuelles est fournie dans la section 6.4.2.

Comme le montrent les Figure 6-17 à Figure 6-19, l'une des voies d'exposition qui contribue le plus à la dose pour une partie du biote aquatique est l'exposition interne au C-14.

L'emplacement B' (situé à l'intérieur du canal de rejet) continue de présenter des valeurs plus élevées de C-14 dans les sédiments et les eaux de surface que l'emplacement B (situé à l'embouchure du canal de rejet). En tant qu'emplacement limite pour l'exposition du biote aquatique, il est recommandé que l'emplacement B' continue d'être surveillé et de faire l'objet de rapports sur les mesures des sédiments, plantes aquatiques et mollusques (voir 6.5.3.7) pour quelques années encore.

En outre, une source majeure d'incertitude pour l'ERE est l'utilisation de données ponctuelles et inhabituelles dans les eaux de surface qui ont entraîné une augmentation de la dose pour le biote aquatique lorsque les mesures des tissus n'étaient pas disponibles. Dans ce cas, l'incertitude s'est traduite par un conservatisme dû aux fortes concentrations de C-14 mesurées dans l'eau de surface et de Co-60 dans les sédiments qui coïncident avec la dernière campagne de transfert de résines usées. Les résultats pour les poissons montrent que les concentrations de C-14 modélisées sont beaucoup plus élevées que celles mesurées. Une surveillance et un rapport continu des sédiments, plante aquatiques et mollusques à l'emplacement B' pour quelques années encore démontreraient clairement que les concentrations sont bien inférieures à la moyenne annuelle maximale de 2017 utilisée dans cette évaluation en raison de l'arrêt des rejets radioactifs liquides à cet endroit depuis novembre 2018.

6.5.3.1 *Tritium atmosphérique*

Les Tableau 6-11, Tableau 6-12 et Tableau 6-13 présentent les moyennes annuelles historiques des concentrations de H-3 atmosphérique mesurées sur site.

Tableau 6-11 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique autour de l'ASDR

Année	Moyenne annuelle concentration H-3 atmosphérique (Bq/m ³)				
	ASDR-1	ASDR-2	ASDR-3	ASDR-4	ASDR-5
2016	8,94	8,79	24,46	19,36	5,50
2017	7,69	8,62	18,38	14,11	5,09
2018	7,41	7,16	17,44	14,86	4,75
2019	6,71	7,21	14,84	11,84	3,65
2020	7,47	7,08	12,60	9,71	4,88
Moyenne	7,65	7,77	17,54	13,97	4,77

Tableau 6-12 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique autour de l'IGDRS

Année	Moyenne annuelle concentration H-3 atmosphérique (Bq/m ³)			
	IGDRS-1	IGDRS-2	IGRDS-3	IGRDS-4
2016	6,30	7,16	6,30	7,30
2017	6,05	4,96	6,39	6,18
2018	8,89	5,51	6,32	6,32
2019	5,74	4,06	6,67	4,95
2020	7,25	4,63	7,95	5,76
Moyenne	6,85	5,26	6,73	6,10

Tableau 6-13 : Concentrations moyennes annuelles de H-3 atmosphérique sur site autre que ASDR et IGDRS

Année	Moyenne annuelle concentration H-3 atmosphérique (Bq/m ³)							
	SCR-6	SCR-7	SCR-8	SCR-10	SCR-11	SCR-12	POSTE-1	POSTE-2
2016	3,25	4,70	19,0	4,22	11,4	9,82	12,4	47,5
2017	2,81	4,30	18,6	4,76	11,4	8,69	19,4	8,85
2018	2,62	4,66	22,0	7,81	21,3	9,92	16,7	10,3
2019	2,36	4,49	14,9	4,89	10,4	10,1	8,90	7,73
2020	2,29	5,73	23,5	5,44	11,3	7,63	7,52	8,32
Moyenne	2,67	4,78	19,6	5,42	13,1	9,23	12,9	16,6

Recommandations :

- Les mesures de concentration de H-3 atmosphérique aux stations ASDR-1, ASDR-2 et ASDR-5 pourraient être abandonnées **immédiatement**.
- Les mesures de concentration de H-3 atmosphérique aux stations IGDRS-2 et IGDRS4 pourraient être abandonnées immédiatement.

- Les mesures de concentration de H-3 atmosphérique aux SCR sur le site pourraient être allégées **après que le rejet de H-3 atmosphérique est confirmé en baisse significative (concentration mesurée proche du niveau naturel de fond) à la suite de l'atteinte du déclencheur #1.** Les stations SCR-7 et SCR-10 (valeurs historiquement plus faibles) et poste-1 (redondant avec poste-2) pourraient être abandonnées. La station SCR-6 est maintenue parce que plus proche et représentative pour les travailleurs de la centrale de Bécancour. Les autres SCR (sauf la SCR-7 et la SCR-10), sont aussi maintenues.

Justifications :

- Les activités à l'ASDR achèvent et seules les 2 stations dont les concentrations historiques sont les plus élevées sont pertinentes pour le suivi à long terme.
- Les mesures aux stations IGDRS sont semblables. En absence de nouvelles activités, les stations dont les concentrations historiques sont plus faibles pourraient être retirées.

6.5.3.2 C-14 atmosphérique

Le Tableau 6-14 et le Tableau 6-15 présentent les moyennes annuelles historiques des concentrations de C-14 atmosphérique.

Tableau 6-14 : Concentrations moyennes annuelles de C-14 atmosphérique à l'ASDR et IGDRS

Année	Moyenne annuelle concentration C-14 atmosphérique (Bq/kg-C)							
	Réf.	ASDR-1	ASDR-4	IGDRS-1	IGDRS-2	IGDRS-3	IGDRS-4	
2016	221	3197	691	394	384	406	428	
2017	206	3171	614	378	348	385	483	
2018	205	2580	546	247	237	246	235	
2019	214	2986	495	242	242	249	239	
2020	202	2533	441	218	225	226	219	
Moyenne	210	2893	557	296	287	302	321	
Net	-	2684	348	86	78	93	111	

Tableau 6-15 : Concentrations moyennes annuelles de C-14 atmosphérique sur site

Année	Réf.	Moyenne annuelle concentration C-14 atmosphérique (Bq/kg-C)			
		SCR-3	SCR-7	SCR-8	SCR-12
2016	221	249	505	681	376
2017	206	244	565	959	372
2018	205	213	411	256	219
2019	214	216	393	245	223
2020	202	214	326	215	206
Moyenne	210	227	440	471	279
Net	-	18	230	261	70

Recommandations :

- Les mesures aux stations SCR-7 et SCR-8 sur site devraient être maintenues puisqu'historiquement plus élevées tandis que celles aux stations SCR-3 et SCR-12 pourraient être abandonnées **immédiatement**.
- Les mesures de C-14 atmosphérique aux stations IGDRS-1 et IGDRS-2 pourraient être abandonnées **immédiatement**.
- Les deux stations de l'ASDR et les deux restantes à l'IGDRS devraient être maintenues pour la surveillance à long terme.

Justifications :

- Les rejets de C-14 à la cheminée sont en diminution depuis 2017, dernière année des activités de transfert de résines usées émettrices de C-14.
- Les concentrations de C-14 aux stations SCR-3 et SCR-12 sur site sont proches de l'activité de fond mesurée à la station de référence (hors site).
- Les mesures de C-14 atmosphérique à l'IGDRS est relativement uniforme. La moitié des stations dont les mesures historiques sont les plus faibles pourraient être abandonnées.

6.5.3.3 Activité bêta-totale des aérosols atmosphériques

Les Tableau 6-16, Tableau 6-17 et Tableau 6-18 présentent les moyennes annuelles historiques des concentrations d'activité bêta totale atmosphérique.

Tableau 6-16 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique à l'ASDR

Année	Réf.	Moyenne annuelle concentration bêta totale atmosphérique (Bq/m ³)				
		ASDR-1	ASDR-2	ASDR-3	ASDR-4	ASDR-5
2016	2,5E-04	2,2E-04	2,6E-04	2,5E-04	2,1E-04	2,0E-04
2017	3,4E-04	3,1E-04	4,9E-04	3,4E-04	3,7E-04	3,1E-04
2018	3,7E-04	3,7E-04	4,7E-04	6,7E-04	3,7E-04	3,6E-04
2019	3,3E-04	3,6E-04	4,7E-04	1,2E-03	3,7E-04	4,1E-04
2020	2,9E-04	2,9E-04	4,3E-04	8,0E-04	4,3E-04	3,4E-04
Moyenne	3,2E-04	3,1E-04	4,2E-04	6,4E-04	3,5E-04	3,2E-04
Net	-	-	1,1E-04	3,2E-04	3,1E-05	4,1E-06

Tableau 6-17 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique à l'IGDRS

Année	Réf,	Moyenne annuelle concentration bêta totale atmosphérique (Bq/m ³)			
		IGDRS-1	IGDRS-2	IGDRS-3	IGDRS-4
2016	2,5E-04	1,9E-04	2,8E-04	2,1E-04	2,0E-04
2017	3,4E-04	2,8E-04	4,0E-04	5,5E-04	3,1E-04
2018	3,7E-04	5,8E-04	3,7E-04	5,9E-04	4,3E-04
2019	3,3E-04	8,0E-04	4,1E-04	4,9E-04	4,5E-04
2020	2,9E-04	4,4E-04	3,8E-04	3,1E-04	3,2E-04
Moyenne	3,2E-04	4,6E-04	3,7E-04	4,3E-04	3,4E-04
Net	-	1,4E-04	4,9E-05	1,1E-04	2,6E-05

Tableau 6-18 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale atmosphérique sur site

Année	Réf.	Moyenne annuelle concentration bêta totale atmosphérique (Bq/m ³)		
		SCR-8	SCR-11	SCR-12
2016	2,5E-04	2,0E-04	3,5E-04	2,0E-04
2017	3,4E-04	3,3E-04	4,2E-04	3,4E-04
2018	3,7E-04	3,5E-04	5,0E-04	3,1E-04
2019	3,3E-04	3,3E-04	4,5E-04	4,8E-04
2020	2,9E-04	3,1E-04	3,6E-04	2,7E-04
Moyenne	3,2E-04	3,0E-04	4,2E-04	3,3E-04
Net	-	-	1,0E-04	1,3E-05

Recommandations :

- Les mesures d'activité bêta totale atmosphérique sur site pourraient être abandonnées **immédiatement** aux stations SCR-8, SCR-12 de même qu'à la station de référence (hors site).

- Les mesures aux stations ASDR-1, ASDR-5, IGDRS-2 et IGDRS-4 pourraient être abandonnées **immédiatement**.

Justifications :

- Les concentrations de l'activité bêta totale hors site sont proches de l'activité de fond mesurée à la station de référence. Les concentrations bêta totale mesurées à la station de référence sont stables d'années en année. La moyenne historique peut être utilisée comme représentative du niveau de fond local.
- Aucune concentration ne témoigne d'un événement qui aurait pu être la source d'une dispersion d'activité particulière.
- La moitié des stations dont les mesures historiques sont les plus faibles pourraient être abandonnées.

6.5.3.4 *Précipitations*

Le Tableau 6-19 et le Tableau 6-20 présentent les concentrations moyennes annuelles dans les précipitations autour de l'IGDRS.

Tableau 6-19 : Concentrations moyennes annuelles de tritium et d'activité alpha totale dans les précipitations autour de l'IGDRS

	Concentration moyenne annuelle dans les précipitations (Bq/L)				
	Tritium (Bq/L)				Activité alpha totale (Bq/m ²)
Année	IGDRS-5	IGDRS-6	IGDRS-7	IGDRS-8	IGDRS-7
2016	458	12	554	659	0,49
2017	460	12	430	471	0,46
2018	754	12	617	770	0,70
2019	541	12	450	528	0,61
2020	664	9	585	561	0,58
Moyenne	573	57	524	599	0,57
Net	567	51	518	593	-

Recommandation :

- Abandonner **immédiatement** l'échantillonnage du tritium dans les précipitations de la station IGDRS-6 et de l'activité alpha totale dans celles de la station IGDRS-7.

Justifications :

- La concentration de tritium à la station IGDRS-6 est historiquement plus faible que les autres stations.

- La concentration d'activité alpha totale est historiquement stable et négligeable.

Tableau 6-20 : Concentrations moyennes annuelles d'activité bêta totale dans les précipitations autour de l'IGDRS

	Concentration moyenne annuelle d'activité bêta totale dans les précipitations (Bq/L)		
Année	IGDRS-5	IGDRS-6	IGDRS-8
2016	3,6	8,6	3,2
2017	2,8	9,2	3,2
2018	3,7	6,5	3,9
2019	3,2	13,2	3,4
2020	2,8	8,1	2,9
Moyenne	3,2	8,7	3,3
Net	0,3	5,7	0,4

Recommandation :

- Abandonner **immédiatement** l'échantillonnage d'activité bêta totale dans les précipitations des station IGDRS-5 et IGDRS-8.

Justification :

- La concentration d'activité bêta totale aux station IGDRS-5 et IGDRS-8 historiquement plus faible, et proche du niveau de fond naturel, comparativement à la station IGDRS-6.

6.5.3.5 Eaux de surface

Le Tableau 6-21 présente les moyennes annuelles historiques des concentrations de tritium, carbone 14 et d'activité bêta-totale dans les eaux de surface.

Tableau 6-21 : Concentrations moyennes annuelles dans les eaux de surface

Année	Concentration moyenne annuelle dans les eaux de surface (Bq/L)							
	H-3 ¹			C-14 ¹			Bêta-totale ^{1,2}	
	A	B	B'	A	B	B'	A	B
2016	<5	49		0,55	0,34		0,03	0,04
2017	<5	10	13988	<0,2	<0,2	54,9	0,04	0,03
2018	n.d. ³	15	1847	n.d.	0,25	0,5	n.d.	0,14
2019	n.d.	6	14	n.d.	<0,23	<0,2	n.d.	0,15
2020	n.d.	4	20	n.d.	<0,24	<0,2	n.d.	0,17
Moyenne	<6	22	2765	0,4	0,25	11,7	0,03	0,15

Notes :

5. Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».
6. Concentration bêta totale remplacée par spectrométrie gamma dans le *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* [19]. Toutes les valeurs sont cependant sous la limite de détection (<LD).
7. Non disponible (n.d.). Le point d'échantillonnage (A) en amont du canal de rejet, échantillon réputé représenter l'activité de fond lié à la radioactivité d'origines naturelle et anthropique au fleuve Saint-Laurent, a été abandonné à la suite de l'adaptation du PSRE en juillet 2017. Le caractère stable de même que l'historique des concentrations mesurées pendant plusieurs années faisaient en sorte que ce point ne soit plus requis à cette étape du déclassement des installations de Gentilly-2 [20].

Recommandations :

- Abandonner **immédiatement** les mesures par spectrométrie gamma qui sont toutes inférieures à la limite de détection depuis plusieurs années ou correspondent à des radioéléments d'origine naturelle (Be, K, Co, Mn, Nb, Zr, Sb, Cs, Gd, U).
- Abandonner **immédiatement** les mesures aux points B et B' puisqu'il n'y a plus de rejet à ces endroits depuis la fin de 2018 et que les concentrations sont maintenant sous la limite de détection (C-14) ou à la baisse sous le niveau de fond naturel historique (H-3).
- Déplacer le point d'échantillonnage C à un nouvel emplacement en aval du nouvel émissaire, plus proche de l'émissaire que l'actuel point C.

Justification :

- Les mesures au point d'échantillonnage C (dans la baie Lemarier) sont sous la limite de détection ou s'approche du niveau de fond naturel (voir **chapitre 4**). Des mesures plus proches du nouveau point de rejet permettrait de mieux mesurer l'impact des rejets futurs sur le biote aquatique.

6.5.3.6 Poissons

Le Tableau 6-22 présente les concentrations mesurées dans la chair des poissons prélevés au canal de rejet.

Tableau 6-22 : Concentrations moyennes annuelles dans la chair de poisson du canal de rejet

Année	H-3 Bq/Kg ¹	C-14 Bq/Kg-C	K-40 Bq/Kg	Cs-137 Bq/Kg ¹	Bi-211, Bi-214 Pb-211, Pb-212, Pb-214 Bq/kg ²
2016	52,2	4532,8	149,6	1,2	
2017	1255,2	2073,2	128,7	1,1	< LD
2018	689,7	28529,6	118,4	0,8	< LD
2019	23,8	11364,3	132,1	0,8	< LD
2020	16,8	3057,0	132,2	0,9	< LD
Moyenne	353,9	9473,8	133,2	1,0	< LD

Notes :

1. Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ».
2. < LD signifie que toutes les mesures sont toutes sous leur limite de détection.

Recommandations :

- L'échantillonnage des poissons dans le canal de rejet doit être maintenu.
- Les analyses de K, Bi et Pb peuvent être abandonnées.
- Confirmer ou infirmer la contribution calculée de l'U-238 (voir Figure 6-18 et Figure 6-19) à la dose aux poissons par des mesures plus sensibles de ce radioélément dans la chair de poisson.

Justifications :

- Depuis le déplacement de l'émissaire d'effluents liquides radioactifs au chenal sud du fleuve en 2018, il n'y a plus de rejet dans le canal de rejet. Malgré cela, les concentrations de H-3 et de C-14 dans la chair des poissons capturés dans le canal de rejet demeurent plus élevées que dans les poissons capturés à la baie Lemarier (voir Tableau 4-26, **chapitre 4**).
- Le potassium (K) est un élément naturel dont la concentration dans les poissons du canal de rejet est historiquement stable et semblable à celle dans les poissons capturés à la baie Lemarier.
- Les concentrations de Bi et Pb sont historiquement sous la limite de détection.

6.5.3.7 Mollusques

Le Tableau 6-23 présente les concentrations mesurées dans la chair et la coquille des mollusques prélevés au site de prélèvement C situé dans la baie Lemarier.

Tableau 6-23 : Concentrations dans la chair et la coquille des mollusques

Nature	Année	Co-60 Bq/Kg	Cs-137 Bq/Kg	K-40 Bq/Kg	I-131 Bq/Kg	C-14 Bq/Kg-C
Chair mollusque "C"	2016	0,31	< 0,16	15	< 0,22	1147
	2017	0,31	< 0,16	15,5	< 0,14	725
	2018	0,27	< 0,13	10,1	< 0,29	3045
	2019	0,28	< 0,14	10,2	< 0,14	1913
	2020	< 0,10	0,04	15,2	< 0,18	2232
Coquille mollusque "C"	2016	< 0,09	< 0,09	2,9	< 0,20	640
	2017	< 0,09	< 0,10	2,7	< 0,14	908
	2018	< 0,1	< 0,1	< 1,4	< 0,24	1280
	2019	< 0,08	< 0,08	2,4	< 0,11	2054
	2020	< 0,08	< 0,09	5,2	< 0,10	3081

Note : les concentrations de Nb-95 étaient toutes inférieures à la limite de détection et n'ont pas été incorporées dans le tableau.

Recommandations :

- Abandonner **immédiatement** les mesures de Nb-95, I-131 et de K-40 dans les mollusques.
- Abandonner **immédiatement** les mesures dans les coquilles de mollusques,
- Ajouter des prélèvements de mollusques à l'emplacement B' jusqu'au retour des concentrations à un niveau proche du niveau de fond naturel et inclure les mesures dans les rapports annuels.
- Déplacer le point d'échantillonnage C à un nouvel emplacement en aval du nouvel émissaire, plus proche que l'actuel point C.

Justifications :

- Les concentrations mesurées de Nb-95 étaient toutes inférieures à la limite de détection au cours des 5 dernières années.
- Comme le réacteur est à l'arrêt depuis 2012 et que la demi-vie de l'iode 131 n'est que de 8 jours, ce dernier a complètement disparu, ce qui explique que les mesures sont toutes sous la limite de détection.
- Le potassium 40 est un élément naturel dont les concentrations sont historiquement stables.

- Les mesures dans les coquilles sont sous le seuil de détection ou bornées par celles dans la chair de mollusques.
- Les concentrations dans les sédiments à l'emplacement B' sont plus élevées que celles aux emplacements B et C (Tableau 6-25), ce qui pourrait avoir une incidence sur la concentration dans les mollusques.
- Les mesures au point d'échantillonnage C (dans la baie Lemarier) sont sous la limite de détection ou proche du niveau de fond naturel, Des mesures plus proches du nouveau point de rejet permettrait de mieux mesurer l'impact des rejets futurs sur les mollusques.

6.5.3.8 *Plantes aquatiques*

Le Tableau 6-24 présente les concentrations mesurées dans les plantes aquatiques.

Tableau 6-24 : Concentrations dans les plantes aquatiques

Nature	Année	Co-60 Bq/Kg	Cs-137 Bq/Kg	K-40 Bq/Kg	I-131 Bq/Kg	C-14 Bq/Kg-C
Plantes aq Pt " A "	2016	< 0,59	2,1	937	3,1	241
Plantes aq Pt " B' "	2017	241	16	492	1,7	266573
	2018	81,2	24,7	697	0,77	1855
	2019	14,7	3,9	644	< 0,84	781
	2020	44,7	5	572	< 0,64	678
Plantes aq Pt " C "	2016	0,61	0,88	1130	3,2	412
	2017	1,1	1,3	1440	9,2	2534
	2018	< 0,45	0,76	561	< 0,70	431
	2019	3,6	1,4	544	< 0,75	368
	2020	< 0,49	1	485	< 0,78	264

Recommandations :

- Abandonner **immédiatement** les mesures d'I-131 et de K-40 dans les plantes aquatiques.
- Maintenir les mesures de Co-60, Cs-137 et C-14 aux emplacements B' jusqu'au retour des concentrations à un niveau proche du niveau de fond naturel et inclure les mesures dans les rapports annuels.
- Déplacer le point d'échantillonnage C à un nouvel emplacement en aval du nouvel émissaire, plus proche de l'émissaire que l'actuel point C.

Justifications :

- Comme le réacteur est à l'arrêt depuis 2012 et que la demi-vie de l'iode 131 n'est que de 8 jours, ce dernier a complètement disparu, ce qui explique que les mesures sont

maintenant sous la limite de détection, **Les mesures en 2016-2018 ne peuvent être reliées à l'exploitation des installations de Gentilly-2.**

- Le potassium 40 est un élément naturel dont les concentrations sont historiquement stables.
- Les concentrations à l'emplacement B' sont plus élevées en raison des rejets historiques au canal de rejet et limitatrices pour le biote, Depuis le déplacement de l'émissaire d'effluents liquides radioactifs au chenal sud du fleuve en 2018, il n'y a plus de rejet dans le canal de rejet, Cependant, les mesures doivent être maintenues car les concentrations de sédiments sont plus élevées à B' qu'à d'autres endroits, ce qui pourrait affecter la concentration dans les plantes aquatiques.
- Les mesures au point d'échantillonnage C (dans la baie Lemarier) sont sous la limite de détection ou proche du niveau de fond naturel, Des mesures plus proches du nouveau point de rejet permettrait de mieux mesurer l'impact des rejets futurs sur les plantes aquatiques.

6.5.3.9 *Sédiments*

Le Tableau 6-25 présente les concentrations mesurées dans les sédiments.

Tableau 6-25 : Concentrations moyenne annuelle dans les sédiments

Point	Année	Co-60 Bq/Kg	Cs-137 Bq/Kg	U-235 Bq/Kg	U-238 Bq/Kg
A	2016	<0,4	6,7	2,3	37,2
	2017	<0,4	6,8	3,2	37,5
Moyenne		0,4	6,7	2,6	37,3
B	2016	56,2	8,6	1,9	41,2
	2017	92,7	11,5	3,2	43,3
	2018	81,1	<6,6	<2,2	<17,0
	2019	2,9	9,1	<3,5	83,5
	2020	<4,4	6,7	<3,2	<50,9
Moyenne		50,6	8,5	2,8	44,6
B'	2017	9600,0	250,0	<4,9	<35,5
	2018	1806,7	48,0	<3,7	<25,7
	2019	938,3	34,3	<2,4	63,0
	2020	447,0	28,1	<3,7	79,8
Moyenne		2616,0	75,5	3,6	52,4
C	2016	1,4	5,1	2,3	32,0
	2017	5,9	7,0	1,5	38,3
	2018	<0,7	3,4	1,7	27,3
	2019	<1,5	3,8	<1,1	42,5
	2020	<0,3	2,7	<1,0	29,6

Point	Année	Co-60 Bq/Kg	Cs-137 Bq/Kg	U-235 Bq/Kg	U-238 Bq/Kg
Moyenne		2,0	4,4	1,6	33,3

Note : Les valeurs de la limite de détection (LD) sont utilisées pour le calcul des moyennes lorsque les valeurs mesurées sont inférieures à la LD mais rapportées comme « < LD ». « < » signifie qu'au moins une valeur était sous la LD.

Recommandations :

- Maintenir les mesures de Co-60, Cs-137 et U-235/238 à l'emplacement B' jusqu'au retour des concentrations à un niveau proche du niveau de fond naturel et inclure les mesures dans les rapports annuels.
- Consolider les points d'échantillonnage B et C à un nouvel emplacement en aval du nouvel émissaire, plus proche de l'émissaire que l'actuel point C.

Justifications :

- Les concentrations à l'emplacement B' sont plus élevées en raison des rejets historiques au canal de rejet et limitatrices pour le biote, Depuis le déplacement de l'émissaire d'effluents liquides radioactifs au chenal sud du fleuve en 2018, il n'y a plus de rejet dans le canal de rejet.
- Les mesures aux points d'échantillonnages B (au canal de rejet) et C (dans la baie Lemarier) sont sous la limite de détection ou proche du niveau de fond naturel, Des mesures plus proches du nouveau point de rejet permettrait de mieux mesurer l'impact des rejets futurs sur les sédiments.

6.5.3.10 Sols

Comme expliqué à la section 6.2.4.1, l'analyse de l'échantillonnage des sols sur le site des installations de Gentilly-2 montre que les émetteurs bêta/gamma (Co-60 et Cs-137) n'ont pas été détectés ou étaient conformes aux mesures hors site, considérées comme représentatives des niveaux de fond.

Recommandation :

- Il n'est pas nécessaire de faire des campagnes additionnelles d'échantillonnage et d'analyse des sols sur le site des installations de Gentilly-2.

6.6 Acronymes et unités

Acronyme ou unité	Définition
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
ASDR	Aire de stockage des déchets radioactifs
ASSCI	Aire de stockage à sec du combustible irradié
Bq	Becquerel
Bq/L	Becquerel par litre
Bq/m ³	Becquerel par mètre cube
CD	Coefficient de dose
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CSA	« Canadian Standards Association » (maintenant Groupe CSA)
CVE	Composante valorisée de l'écosystème
EBR	Efficacité biologique relative
EEP	Espèces en péril
EQDR	Évaluation quantitative détaillée des risques
EQPR	Évaluation quantitative préliminaire des risques
ERE	Évaluation des risques environnementaux
ERICA	« Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management » : application informatique permettant l'évaluation des risques associés aux contaminants radioactifs
ERSH	Évaluation des risques pour la santé humaine
FBA	Facteur de bioaccumulation
FO	Facteur d'occupation
HQ	Hydro-Québec
HTO	Eau tritiée
IGDRS	Installation de gestion des déchets radioactifs solides
IMPACT ^{MC}	Nom du programme informatique
kq	Kilogramme
kg(pf)	Kilogramme (poids frais)
kg(ps)	Kilogramme (poids sec)
LD	Limite de détection
OBT	Tritium lié aux composés organiques
PSRE	Plan de surveillance radiologique de l'environnement
QD	Quotient de danger
RC	Rapport de concentration
TRS	Série de rapports techniques de l'IAEA
μGy	Microgray
μGy/h	Microgray par heure
UNSCEAR	Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements atomiques
VR	Valeur de référence

6.7 Références

- [1] Canadian Standards Association (CSA), «N288.6-12 Environmental Risk Assessment at Class 1 Nuclear Facilities and Uranium Mines and Mills,» N288.6-12, 2012.
- [2] Canadian Standards Association (CSA), «N288.1-14 Guidelines for calculating derived release limits for radioactive material in airborne and liquid effluents for normal operation of nuclear facilities,» December 2019.
- [3] European Commission, «D-ERICA: An Integrated Approach to the assessment and management of environmental risks from ionizing radiation – Description of purpose, methodology and application,» February 2007.
- [4] International Commission on Radiological Protection, «ICRP 108 Environmental Protection – the Concept and Use of Reference Animals and Plants,» 2008.
- [5] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr,» Révision 1, juin 2017.
- [6] Government of Canada, «Federal Contaminated Sites Action Plan (FCSAP) - Ecological Risk Assessment Guidance,» March 2012.
- [7] Hydro Quebec, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Rapport annuel 2017,» G2-RT-2018-00518-002, 2017.
- [8] CSA, «N288.2-14 Guidelines for calculating the radiological consequences to the public of a release of airborne radioactive material for nuclear reactor accidents,» 2014.
- [9] Hydro Quebec, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Rapport annuel 2018,» G2-RT-2019-00518-001, 2018.
- [10] Ontario Power Generation, «2016 Results of Environmental Monitoring Programs,» N-REP-03443-10016, 2016.
- [11] Ontario Power Generation, «2017 Results of Environmental Monitoring Programs,» N-REP-03443-10017, 2017.
- [12] Ontario Power Generation, «2018 Results of Environmental Monitoring Programs,» N-REP-03443-10019, 2018.
- [13] Ontario Power Generation, «2019 Results of Environmental Monitoring Programs,» N-REP-03443-10023, 2019.
- [14] Norwegian Radiation Protection Authority, «ERICA Assessment Tool 2.0 (beta),» July 2021.
- [15] N. A. Beresford, C. L. Barnett, B. J. Howard, W. A. Scott, J. E. Brown et D. Copplestone, «Derivation of transfer parameters for use within the ERICA Tool and the default concentration ratios for terrestrial biota,» Journal of Environmental Radioactivity 99 (2008) 1393–1407, 2008.
- [16] A. Hosseini, H. Thørring, J. E. Brown, R. Saxén et E. Ilus, «Transfer of radionuclides in aquatic ecosystems – Default concentration ratios for aquatic biota in the Erica Tool, Volume 99, Issue 9,» Journal of Environmental Radioactivity, September 2008.

- [17] International Atomic Energy Agency (IAEA), «Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife. Technical Reports Series No. 479.,» June 2014.
- [18] UNSCEAR, «Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Volume II – Scientific Annexes C, D and E.,» April 2011.
- [19] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr,» juin 2017.
- [20] Hydro-Québec Production, «Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2018,» Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, Version finale, avril 2019.

7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette évaluation des risques environnementaux (ERE) des installations de Gentilly-2 a été réalisée conformément aux exigences du document d'application de la réglementation REGDOC-2.9.1 *Protection de l'environnement — Principes, évaluation environnementale et mesures de protection de l'environnement* [1] et de la norme CSA N288.6-F12 intitulée *Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration* [2].

L'ERE porte sur les risques à la santé humaine (ERSH) et les risques écologiques (EREco) dus aux contaminants radioactifs, aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques.

Depuis l'arrêt définitif du réacteur en décembre 2012, l'état des installations évolue. L'ERE analyse ainsi deux états :

- ERE de référence : en fonction des connaissances de l'état de l'installation au début de la préparation de l'ERE (fin 2020) ; cet état de référence s'appuie sur les données historiques avec emphase sur les données et tendances récentes mesurées durant l'état de stockage sûr (ESS_{piscine}) qui coïncide avec la phase de préparation au stockage sous surveillance (SSS) ; l'ERE de référence est une évaluation quantitative et conservatrice des risques.
- ERE prédictive : cette portion couvre la fenêtre de temps après l'ERE de référence jusqu'à l'état ESS_{sec} qui coïncide avec la phase SSS à venir, sur la base des tendances historiques observées et changements attendus durant cette période. Comparativement à l'ERE de référence, l'ERE prédictive est une évaluation qualitative des risques.

Les travaux de préparation à la phase SSS sont avancés. À la fin de l'année 2021, neuf ans se sont écoulés depuis l'arrêt du réacteur. Les radionucléides à courte vie ne sont plus détectés. Le combustible irradié a été déchargé du cœur et complètement transféré aux modules CANSTOR, en stockage à sec. L'eau lourde des systèmes caloporteur et modérateur a été drainée et transférée hors site. Les résines usées ont été transférées aux enceintes de l'IGDRS.

7.1 Conclusions de l'ERE de référence

7.1.1 ERSH due aux contaminants radioactifs

Les doses aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2 ont été évaluées pour les années 2015-2020. Les doses diminuent d'année en année. En 2020, les

trois groupes ayant les doses annuelles les plus élevées et les voies d'exposition et radionucléides qui y contribuent le plus sont, en ordre décroissant :

- L'adulte du groupe des chasseurs-pêcheurs ($0,90 \mu\text{Sv}$ ~ 0,1 % de la limite de dose) ;
 - L'ingestion de C-14 par la consommation de poissons (81,5 %) ;
 - L'ingestion d'activité bêta totale dans le poisson consommé (9,9 %) ;
 - L'inhalation du tritium dans l'air (6,4 %).
- L'adulte des travailleurs de la centrale de Bécancour ($0,34 \mu\text{Sv}$ donc 0,034 % de la limite de dose) ;
 - L'inhalation du tritium dans l'air (96,0 %) ;
 - L'ingestion de tritium par la consommation des plantes terrestres (3,1 %) ;
 - L'ingestion de C-14 par la consommation de poissons (0,4 %) ;
- L'adulte des résidents de la ferme Est ($0,24 \mu\text{Sv}$ donc 0,024 % de la limite de dose) ;
 - L'ingestion de C-14 par la consommation de poissons (30,2 %) ;
 - L'inhalation du tritium dans l'air (26,8 %) ;
 - L'ingestion de tritium par la consommation des plantes terrestres (20,0 %).

Ces niveaux de dose sont sous le seuil jugé *de minimis* de $\sim 10 \mu\text{Sv/a}$ [3] [4]. Lors de l'application du concept d'optimisation pour établir les limites de rejet autorisées, le seuil de dose d'environ $10 \mu\text{Sv/an}$ est recommandé comme limite inférieure pour le processus d'optimisation ALARA [5].

7.1.2 EREco due aux contaminants radioactifs

L'évaluation des risques radiologiques pour le biote non humain montre qu'il n'y a pas de risques associés à la présente phase de préparation au stockage sous surveillance. Les risques estimés sont tous inférieurs aux valeurs de référence respectives. Pour les biotes terrestres et les poissons, le quotient de risque n'atteint qu'environ 0,1 % (voir Tableau 6-9, **chapitre 6**) des valeurs de référence.

Pour les autres biotes aquatiques, le quotient de risque est quant à lui inférieur à 5 %. Les biotes aquatiques qui ont un quotient de risque plus élevé sont les mammifère aquatiques, les plantes aquatiques, les invertébrés et larves d'insectes. Pour les mammifères aquatiques et les invertébrés, la dose est en grande partie attribuable à l'exposition interne due au C-14 dans l'eau de surface. Une mesure mensuelle élevée de C-14 de 272 Bq/L dans les eaux de surface en juillet 2017 a eu pour effet de fausser la moyenne annuelle vers le haut (à 45,8 Bq/L au Tableau 6-4, **chapitre 6**). Cette mesure élevée est en partie attribuable à une diminution significative de débit d'eau pompée dans le canal de rejet, mais également à la dernière phase de transfert des résines usées aux enceintes de l'IGDRS. La concentration annuelle de C-14 dans l'eau de surface était sous le niveau de fond en 2016, de deux ordres de grandeur inférieure en 2018 comparativement au pic de 2017 et sous le seuil de détection en 2019 et 2020. Pour cette raison, le niveau de risque présenté pour ce biote aquatique est plutôt conservateur. Pour les larves et les plantes aquatiques, la dose est principalement due à l'exposition externe au Co-60

dans les sédiments ou à leur surface, dont la concentration était aussi distinctivement plus élevée en 2017 (voir Tableau 6-5, **chapitre 6**).

Le quotient de risque pour les poissons (benthiques et pélagiques) est environ un ordre de grandeur inférieur aux autres biotes aquatiques et comparable au biote terrestre. Les mesures de concentration dans les tissus des poissons combinées à l'absence d'exposition externe significative résultent en de plus petites doses comparativement aux autres biotes aquatiques.

On ne s'attend pas à ce que les effets des rayonnements sur le biote non humain soient mesurables lorsque les doses sont inférieures aux niveaux représentés par les valeurs de référence de l'UNSCEAR.

7.1.3 ERSH due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques

L'ERSH a évalué le potentiel de risque pour les travailleurs à l'intérieur et à l'extérieur du site, ainsi que pour les travailleurs commerciaux hors site, les résidents, les résidents des fermes, les chasseurs et les pêcheurs, en supposant une utilisation industrielle continue du site. Sur la base des enquêtes environnementales précédentes sur le site, aucun CPP non radiologique n'a été identifié dans le sol, les eaux souterraines ou les effluents. Par conséquent, les risques ont été considérés comme négligeables pour tous les récepteurs identifiés en ce qui concerne l'exposition aux contaminants non radioactifs rejetés à la suite des activités historiques, actuelles et futures sur le site.

7.1.4 EREco due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques

L'EREco a évalué le risque pour les récepteurs écologiques terrestres et aquatiques, dans l'hypothèse d'une utilisation industrielle continue du site. Sur la base d'un examen approfondi des enquêtes environnementales précédentes sur le site, aucun CPP non radiologique n'a été identifié dans le sol, les eaux souterraines ou les effluents. Par conséquent, les risques ont été considérés comme négligeables pour tous les récepteurs identifiés en ce qui concerne l'exposition aux contaminants non radioactifs rejetés en raison des activités historiques, actuelles et futures sur le site.

7.2 Conclusions de l'ERE prédictive

D'un point de vue de la surveillance environnementale, les principales activités qui restent à compléter pour atteindre la phase SSS peuvent être regroupées sous trois sous-ensembles :

4. **Déclencheur #1** – Fin des activités à risques significatifs de rejets de radioactivité aux effluents gazeux à la cheminée principale :
 - a. Fin des activités de séchage ou de gestion de barils contenant de l'eau lourde à l'atelier de décontamination ;

- b. Fin des activités de transfert d'une dizaine de filtres primaires encore présents en systèmes.
 - c. Drainage de certaines quantités d'eau lourde des points bas des systèmes ouverts à l'atmosphère du bâtiment réacteur.
5. **Déclencheur #2** – Fin des activités à risques significatifs de rejets de radioactivité aux effluents liquides au fleuve Saint-Laurent :
- a. Fin de la vidange de l'eau des piscines/bouclier/caisson ;
 - b. Fin des activités de gestion de barils contenant de l'eau lourde à l'atelier de décontamination.
6. **Déclencheur #3** – Fin des activités de gestion de déchets visant une réduction de volumes à l'ASDR/IGDRS :
- a. Fin du retrait des déchets à l'ASDR et à l'IGDRS pour expédition hors site ;
 - b. Fin du retour des résidus de traitement pour stockage à l'IGDRS ;
 - c. Fin des activités de transfert de l'ASDR vers l'IGDRS des déchets qui ne peuvent être expédiés pour traitement hors site ;
 - d. Fin du transfert à l'IGDRS des déchets de moyenne et faible activité (DMA/DFA) toujours présents dans les piscines auxiliaires.

7.2.1 ERSH due aux contaminants radioactifs

La plupart des activités associées aux déclencheurs #1 à #3 s'inscrivent dans la poursuite des activités de préparation au stockage sous surveillance en cours depuis quelques années. Ainsi, elles ne devraient pas avoir d'impacts radiologiques autres que ceux déjà documentés à l'ERE de référence.

En revanche, la vidange de l'eau des piscines et du caisson et des boucliers du réacteur est à considérer en raison du volume d'eau impliqué (2 047 m³ pour les piscines et 567 m³ pour les boucliers, caisson et circuits auxiliaires). Pour ces systèmes, la teneur en tritium et en carbone-14 des eaux a été quantifiée. L'estimation de l'activité radiologique totale de cette vidange montre qu'elle sera du même ordre de grandeur que les rejets annuels des dernières années pour le tritium, et d'environ un ordre de grandeur inférieur en ce qui a trait au carbone-14 (voir Tableau 4-15, **chapitre 4**). Compte tenu du conservatisme de l'évaluation des risques et des marges par rapport aux limites de dose, les risques sont toujours jugés non significatifs.

7.2.2 EREco due aux contaminants radioactifs

Comme discuté ci-haut, les activités futures pourraient entraîner une augmentation temporaire des émissions, mais ne sont pas à priori identifiées comme ayant un effet négatif résiduel sur les récepteurs écologiques. Avec l'achèvement de ces activités et l'atteinte de la phase de stockage

sous surveillance, les rejets dans l'eau diminueront de façon permanente pour atteindre des niveaux inférieurs aux moyennes annuelles actuelles.

7.2.3 ERSH due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques

Les risques ont été considérés comme négligeables pour tous les récepteurs identifiés en ce qui concerne l'exposition aux contaminants non radioactifs rejetés à la suite des activités futures sur le site.

7.2.4 EREco due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques

Les risques ont été considérés comme négligeables pour tous les récepteurs identifiés en ce qui concerne l'exposition aux contaminants non radioactifs rejetés en raison des activités futures sur le site.

7.3 Recommandations pour les programmes de surveillance environnementale

7.3.1 ERSH due aux contaminants radioactifs

L'évaluation des risques sur la santé humaine montre que le programme de surveillance environnementale pourrait être allégé immédiatement, et aussi après la confirmation d'une baisse significative des rejets par suite de l'atteinte des déclencheurs ci-haut indiqués.

Le Tableau 7-1 identifie les allègements possibles aux mesures atmosphériques et des précipitations du *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* [6] aux fins d'évaluation de risques pour la santé humaine. Le Tableau 7-2 identifie des allègements et ajouts possibles aux mesures d'autres matrices environnementales. Les allègements et ajouts sont identifiés par un code de couleur :

- En rouge : allègement immédiat ;
- En orange : allègement après confirmation d'une baisse significative du rejet par suite de l'atteinte d'un déclencheur ;
- En vert : ajout d'un point de mesure.

Les justifications sont données au **chapitre 4** et dans le cas des allègements s'articulent autour des éléments suivants :

- Mesures historiques sous le seuil de détection ou très proche sans réelle possibilité de hausse du rejet ;
- Faible dose de rayonnements d'un groupe récepteur comparativement à d'autres ;

- Faible contribution à la dose comparativement à d'autres voies d'exposition ou radionucléides.

En outre, il est recommandé de modifier le modèle de calcul de dose annuelle comme suit :

- Appliquer les mesures Ouest-1 (Secteur Bécancour) au groupe chasseurs-pêcheurs qu'on suppose résider à proximité du secteur Bécancour, afin que l'estimation de ce groupe soit plus réaliste.
- Appliquer les mesures de la station Nord-1 (Ferme Nord) aux résidents de Champlain, qui sont à proximité, afin que l'estimation de ce groupe soit plus réaliste. La dose due au tritium atmosphérique des résidents de Champlain devrait se rapprocher de celle des résidents de la ferme Nord puisque la ferme Nord et la station Nord-1 sont beaucoup plus près de Champlain (Figure 2-31) que dans le modèle actuel (Figure 4-1). Le modèle devrait être révisé en rapprochant la Ferme Nord de la municipalité de Champlain.

Tableau 7-1 : Modifications possibles aux mesures atmosphériques et précipitations pour la santé humaine

Station	Groupe de récepteurs	Atmosphère			Précipitations		
Nord-1	Ferme Nord	H-3					
Sud-1	Ferme Sud	H-3	C-14	Bêta total	H-3		Bêta total
Est-1	Travailleurs Laprade	H-3					
Est-2	Ferme Est Secteur Gentilly	H-3			H-3		Bêta total
Est-3	Ferme sud-est 1 et 2	H-3					
Ouest-1	Secteur Bécancour	H-3					
Ouest-2	Station Réf.	H-3	C-14	Bêta total	H-3		Bêta total
SCR-2	Près de la ferme Sud				H-3		Bêta total
SCR-3	Travailleurs centrale Bécancour		C-14		H-3	Alpha total	Bêta total
SCR-4	Travailleurs Bécancour sud-ouest	H-3	C-14		H-3		Bêta total
SCR-5	Travailleurs Bécancour Ouest	H-3	C-14		H-3		Bêta total
SCR-6	Travailleurs centrale Bécancour	H-3					
SCR-7	Travailleurs centrale Bécancour	H-3	C-14				
SCR-8	Travailleurs centrale Bécancour	H-3	C-14	Bêta total	H-3		Bêta total
SCR-10	Travailleurs centrale Bécancour	H-3					
SCR-11	Travailleurs centrale Bécancour	H-3		Bêta total			
SCR-12	Travailleurs centrale Bécancour	H-3	C-14	Bêta total	H-3	Alpha total	Bêta total
POSTE-1	Travailleurs centrale Bécancour	H-3					
POSTE-2	Travailleurs centrale Bécancour	H-3					

Tableau 7-2 : Modifications possibles aux mesures des autres matrices environnementales pour la santé humaine

Matrice environnementale	Lieu d'échantillonnage	H-3	C-14	Cs-137	Autres
Eau du fleuve	Baie Lemarier	H-3	C-14	Cs-137	Be, K, Co, Mn, Nb, Zr, Sb, Gd, U
Eau de boisson	Champlain	H-3			
Eau de boisson	Gentilly	H-3			
Eau Saint-Maurice	Trois-Rivières	H-3			
Eau de pluie	Lamothe	H-3			
Lait	Ferme RL (Ferme Nord)	H-3			
Lait	Ferme KD (Ferme Est)	H-3			
Lait	Ferme RL+KD			Cs-137	K-40, I-131
Poissons	Baie Lemarier	H-3	C-14	Cs-137	K-40, Bi-211, Bi-214 Pb-211, Pb-212, Pb-214
Sols	Ferme RL (Ferme Nord)			Cs-137	Be-7, K-40
Sols	Ferme FR (Ferme Sud)			Cs-137	Be-7, K-40
Sols	Ferme KD (Ferme Est)			Cs-137	Be-7, K-40
Fourrages	Ferme RL (Ferme Nord)	H-3	C-14		Be-7, K-40
Fourrages	Ferme FR (Ferme Sud)	H-3	C-14		Be-7, K-40
Fourrages	Ferme KD (Ferme Est)	H-3	C-14		Be-7, K-40
Légumes	Bécancour (carottes, choux, tomates)	H-3	C-14		Be-7, K-40
Légumes	St-Gertrude (pommes)	H-3	C-14		Be-7, K-40
Sédiments	Baie Lemarier		C-14		Be-7, K-40, Co-60, Mn-54, Nb, Zr, Sb, Cs, Gd, U
Sirop d'érable	Lamothe	H-3			K-40, Cs-137

7.3.2 EREco due aux contaminants radioactifs

Dans le cadre de la surveillance environnementale, une plus grande priorité devrait être accordée aux voies d'exposition qui contribuent le plus au débit de dose total. Une discussion sur le débit de dose de rayonnement basé sur les voies d'exposition individuelle est fournie à la section 6.4.2.

Les voies d'exposition qui contribuent le plus à la dose du biote terrestre sont l'exposition interne au H-3 et au C-14, et l'exposition externe à l'activité bêta totale atmosphérique. Ces mesures devraient être maintenues sur le site, autour des installations de gestions de déchets (ASDR et IGDRS).

Pour le biote aquatique, l'emplacement B' (situé à l'intérieur du canal de rejet) continue de présenter des valeurs plus élevées de Co-60 et de Cs-137 dans les sédiments et historiquement de C-14 dans les eaux de surface que l'emplacement B (situé à l'embouchure du canal de rejet).

En tant qu'emplacement limitatif pour l'exposition du biote aquatique, il est recommandé que l'emplacement B' continue de faire l'objet de suivi et rapports sur les sédiments jusqu'à ce que les concentrations s'approchent du niveau de fond naturel. Il est recommandé d'interrompre les mesures dans les eaux de surface aux points B et B' car il n'y a pas eu de rejet à ces endroits depuis fin 2018 et les concentrations sont désormais inférieures à la limite de détection (C-14) ou en dessous du niveau de fond naturel (H-3).

La voie d'exposition qui contribue le plus à la dose du biote aquatique à l'emplacement B' varie selon les récepteurs :

- Pour les mammifères et les invertébrés, le principal contributeur est l'exposition interne au C-14 absorbé de l'eau de surface. Cependant, de 2018 à 2020, la concentration du C-14 dans l'eau de surface à l'emplacement B' s'est maintenu à 1/100^e de son pic de 2017 utilisé pour l'évaluation et sous le seuil de détection en 2019-2020 (Tableau 6-4, **chapitre 6**).
- Pour les larves d'insectes et plantes aquatiques, le principal contributeur est l'exposition externe au Co-60 dans les sédiments. Cependant, en 2019 et 2020, la concentration du Co-60 dans les sédiments à l'emplacement B' s'est maintenue à 1/10^e de son pic de 2017 utilisé pour l'évaluation mais toujours détecté (Tableau 6-5, **chapitre 6**).
- Pour le poisson, la voie d'exposition qui contribue le plus à la dose est l'exposition interne au C-14 et à l'U-238. La concentration de C-14 devrait continuer à être mesurée dans la chair de poisson. La contribution de l'U-238 provient du transfert modélisé des sédiments à l'eau au point B' et ensuite à la chair du poisson ; la concentration calculée d'U-238 dans l'eau du fleuve est comparable à la limite de détection de l'U-238 dans l'eau. L'U-238 n'a cependant pas été rapporté ou n'a pas été détecté dans la chair de poissons. Cette contribution théorique devrait être confirmée par des mesures d'U-238 dans la chair de poissons.

La source principale d'incertitude (conservatisme) pour l'EREco est l'utilisation de données maximales pour le C-14 dans les eaux de surface et du Co-60 dans les sédiments de l'emplacement B' en 2017. Une évaluation pour les poissons montre que les concentrations de C-14 et de Co-60 prédictes dans la chair du poisson sur la base de ces données sont plus élevées que celles mesurées directement. La surveillance des eaux de surface et des sédiments à l'emplacement B' démontre que les niveaux des dernières années sont inférieurs à la moyenne annuelle maximale de 2017 utilisée dans cette évaluation.

Le Tableau 7-3 identifie les allègements possibles aux mesures des matrices environnementales pertinentes aux fins d'évaluation de risques pour le biote terrestre. Le Tableau 7-4 identifie des allègements et ajouts possibles aux mesures d'autres matrices environnementales pertinentes aux fins d'évaluation des risques pour le biote aquatique. Les allègements et ajouts sont identifiés par le même code de couleur que pour les humains.

Tableau 7-3 : Modifications possibles aux mesures atmosphériques et précipitations pour le biote terrestre

Station	Groupe de récepteurs	Atmosphère		Précipitations		
ASDR-1	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total		
ASDR-2	Biote terrestre	H-3		Bêta total		
ASDR-3	Biote terrestre	H-3		Bêta total		
ASDR-4	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total		
ASDR-5	Biote terrestre	H-3		Bêta total		
IGDRS-1	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total		
IGDRS-2	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total		
IGDRS-3	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total		
IGDRS-4	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total		
IGDRS-5	Biote terrestre				H-3	Bêta total
IGDRS-6	Biote terrestre				H-3	Bêta total
IGDRS-7	Biote terrestre				H-3	Alpha total
IGDRS-8	Biote terrestre				H-3	Bêta total
SCR-3	Biote terrestre		C-14		H-3	Alpha total
SCR-6	Biote terrestre	H-3				
SCR-7	Biote terrestre	H-3	C-14			
SCR-8	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total	H-3	Bêta total
SCR-10	Biote terrestre	H-3				
SCR-11	Biote terrestre	H-3		Bêta total		
SCR-12	Biote terrestre	H-3	C-14	Bêta total	H-3	Alpha total
						Bêta total

Station	Groupe de récepteurs	Atmosphère			Précipitations		
POSTE-1	Biote terrestre	H-3					
POSTE-2	Biote terrestre	H-3					

Note : les recommandations pour les mesures de précipitation aux SCR-3, -8 et -12 sont analysées au chapitre 4.

Tableau 7-4 : Modifications possibles aux mesures des matrices environnementales pour les récepteurs aquatiques

Matrice environnementale	Lieu d'échantillonnage	H-3	C-14	Autres		Commentaire
Eau de surface	B	H-3	C-14	Be, K, Co, Mn, Nb, Zr, Sb, Cs, Gd, U		
	B'	H-3	C-14	Be, K, Co, Mn, Nb, Zr, Sb, Cs, Gd, U		
	C	H-3	C-14	Be, K, Co, Mn, Nb, Zr, Sb, Cs, Gd, U		Rapprocher le point d'échantillonnage en aval du nouvel émissaire de rejet liquides radioactifs
Sédiments	B et C			Co-60, Cs-137, U-235/238	Be, K, Nb, Zr, Sb, Gd	Consolider et rapprocher le point d'échantillonnage en aval du nouvel émissaire de rejet liquides radioactifs
	B'			Co-60, Cs-137, U-235/238	Be, K, Nb, Zr, Sb, Gd	Rapporter formellement
Plantes aquatiques	B'		C-14	Co-60, Cs-137	K, I, Nb	Rapporter formellement
	PA2 (à proximité de C)		C-14	Co-60, Cs-137	K, I, Nb	Rapprocher le point d'échantillonnage en aval du nouvel émissaire de rejet liquides radioactifs
Coquilles de mollusques	C		C-14	Co-60, Cs-137	K, I, Nb	Abandonner mesures coquilles de mollusques
Chair de mollusques	C		C-14	Co-60, Cs-137	K, I, Nb	Rapprocher le point d'échantillonnage en aval du nouvel émissaire de rejet liquides radioactifs
	B'		C-14	Co-60, Cs-137	K, I, Nb	Ajouter
Poissons	Canal de rejet	H-3	C-14	Cs-137	K, Bi, Pb	Confirmer la présence d'U-238 et comparer à la teneur calculée (chapitre 6)

7.3.3 ERSH due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques

Dans le cadre du programme de surveillance environnementale des installations de Gentilly-2, il est recommandé de mettre à jour les procédures pour l'échantillonnage des eaux souterraines afin d'inclure la filtration sur le terrain des échantillons qui seront analysés pour les métaux, étant donné que les critères de dépistage des métaux pertinents pour les eaux souterraines sont basés sur des échantillons filtrés (c'est-à-dire les concentrations dissoutes). Pour cette EREco, l'évaluation des risques pour les eaux souterraines associés aux concentrations de métaux a été basée sur une série de données mesurées en novembre 2021. L'échantillonnage semestriel des eaux souterraines pourrait fournir une indication de la variabilité saisonnière.

Il est noté que les effluents liquides d'eau radioactive, d'eau sanitaire, d'eau pluviale, d'eau de refroidissement brute et d'eau de surface à proximité des sites d'élimination de la neige sont réglementés par le ministère de l'Environnement et de la lutte contre le changement climatique (MELCC) par le biais de critères/limites. Toutefois, ces critères de rejet ne sont pas prévus pour tous les contaminants mesurés dans les effluents. Par conséquent, les résultats des effluents sans critères de rejet du MELCC ont été comparés aux valeurs de valeurs aiguës finales à l'effluent (VAFé) et de toxicité pour la vie aquatique du MELCC. Les eaux usées et les eaux pluviales ont également été comparées aux normes de la ville de Bécancour pour le rejet au réseau d'égouts. Les rapports trimestriels et annuels de surveillance de l'environnement devraient envisager l'utilisation de lignes directrices de dépistage alternatives telles que celles mentionnées ci-dessus pour les contaminants sans critères de rejet du MELCC, afin de fournir une discussion sur les dépassemens et les impacts potentiels de tous les contaminants dans les effluents.

7.3.4 EREco due aux contaminants chimiques et aux stresseurs physiques

Dans le cadre du programme de surveillance environnementale des installations de Gentilly-2, il est recommandé de mettre à jour les procédures pour l'échantillonnage des eaux souterraines afin d'inclure la filtration sur le terrain des échantillons qui seront analysés pour les métaux, étant donné que les critères de dépistage des métaux pertinents pour les eaux souterraines sont basés sur des échantillons filtrés (c'est-à-dire les concentrations dissoutes).

7.3.5 Rapports d'analyses en laboratoire

Les rapports d'analyse de laboratoire quantifient présentement les mesures sous l'une des deux formes suivantes :

- X si la valeur mesurée X est égale ou supérieure à la limite de détection (LD)
- < LD si la valeur mesurée X est inférieure à la limite de détection

De plus, l'annexe C des rapports annuels de surveillance de l'environnement spécifie que :

- Les valeurs de la LD sont utilisées pour faire des moyennes si ces valeurs (mesurées) sont < LD.

Bien qu'acceptable pour les rapports réglementaires, cette approche, telle qu'expliquée à l'annexe C de la norme CSA N288.4 :19 [7], donne lieu à différentes méthodes de calculs des moyennes qui ne sont pas mathématiquement justes.

Pour les fins d'évaluation des risques et calculs de dose annuels, il est plutôt recommandé de suivre les lignes directrices de l'annexe C de la norme CSA N288.4 :19, en particulier celles de la sous-section C-9, en rapportant le résultat principal de la mesure, y , l'incertitude type associée à y , le seuil de décision, et la limite de détection. Les moyennes devraient être établies à partir des valeurs mesurées non censurées, c.-à-d. même si inférieures au seuil de décision ou à la limite de détection.

7.4 Acronymes et abréviations

Acronyme ou abréviation	Définition
ASDR	Aire de stockage des déchets radioactifs
ASSCI	Aire de stockage à sec du combustible irradié
BIP	Bâtiment d'inspection périodique
CANDU	Canada Deutérium Uranium
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
CSA	« Canadian Standards Association » (maintenant Groupe CSA)
CV	Composants valorisés
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
U.S. EPA	« U.S. Environmental Protection Agency »
ERE	Évaluation des risques environnementaux
EREco	Évaluation des risques écologiques
ERET	Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques
ERSH	Évaluation des risques sur la santé humaine
ESS	État de stockage sûr
IGDRS	Installation de gestion des déchets radioactifs solides
ISO	« International Standards Organization »
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la lutte contre le changement climatique
PSE	Plan de surveillance de l'environnement
PSRE	Plan de surveillance radiologique de l'environnement

Acronyme ou abréviation	Définition
REGDOC	Document d'application de la réglementation de la CCSN
SSS	Stockage sous surveillance
VAFe	Valeurs aiguës finales à l'effluent

7.5 Références

- [1] Commission canadienne de sûreté nucléaire, «Protection de l'environnement — Principes, évaluation environnementale et mesures de protection de l'environnement,» REGDOC-2.9.1, version 1.2, septembre 2020.
- [2] Groupe CSA, «Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration,» N288.6-F12 , 2012.
- [3] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research,» IAEA-TECDOC-1000, 1998.
- [4] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection,» IAEA, 2018 Edition.
- [5] Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), «Protection de l'environnement - Contrôle des rejets dans l'environnement,» CCSN REGDOC-2.9.2 (ébauche), mars 2021.
- [6] Hydro-Québec Production, «Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr,» juin 2017.
- [7] Groupe CSA, «Programmes de surveillance de l'environnement aux installations nucléaires et aux mines et usines de concentration d'uranium,» N288.2:19, 2019.

ANNEXE A. DÉPISTAGE DES ESPÈCES EN PÉRIL AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE GENTILLY-2

Original préparé en anglais sous forme de mémorandum de Fergus Nicoll à Tessa Roselli, Golder Associates Inc, le 21 septembre 2021.

A.1 INTRODUCTION ET CONTEXTE

Une étude documentaire a été entreprise afin de fournir une évaluation du potentiel des espèces en péril (EEP) énumérées dans la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) [1] pour les installations nucléaires de Gentilly-2 et une zone d'exclusion de 914 mètres, collectivement appelée le site.

La LEP a été créée en 2003 dans le cadre d'une stratégie de protection des EEP, conjointement avec un Accord pour la protection des espèces en péril [2] et un Programme d'intendance de l'habitat pour les espèces en péril [3]. La LEP vise à prévenir la disparition d'espèces, de sous-espèces ou de populations distinctes, ainsi qu'à donner aux populations la possibilité de se rétablir. Cet objectif a été atteint par la création d'un organisme indépendant chargé d'évaluer et d'identifier les espèces en péril au Canada : Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Aux fins de la présente évaluation, les EEP sont celles qui sont évaluées par le COSEPAC ou désignées en vertu de la LEP comme étant préoccupantes, menacées ou en voie de disparition.

A.2 APPROCHE

Un examen préliminaire a été effectué pour les espèces inscrites sur la liste de la LEP qui pourraient être présentes sur le site. Les résultats de cette évaluation sont fondés sur l'information documentaire disponible, ainsi que sur l'examen des images aériennes.

Les sources examinées sont les suivantes :

- Registre public fédéral des espèces en péril [4], y compris les rapports de situation, les évaluations et les stratégies de rétablissement du COSEPAC ;
- Base de données en ligne eBird [5] ;
- « Bat Conservation International » [6] ;
- Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (AONQ) [7] ;
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) [8] ;
- Cartes des espèces aquatiques en péril de Pêches et Océans Canada (MPO) [9] ;
- Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec (AARQ) [10] de la Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent (SHNVL) ;
- Rapports existants sur le site et ses environs ;
- Google Maps ; et

- Imagerie aérienne et cartographie existantes.

On a procédé à une évaluation pour déterminer quelles EEP ont le potentiel de se trouver sur le site. Le potentiel de présence d'EEP sur le site a été évalué en fonction de l'information sur l'aire de répartition des espèces, des dossiers connus, de l'interprétation de l'imagerie aérienne, des pratiques historiques d'utilisation des terres et des exigences en matière d'habitat préféré de ces espèces. Les espèces dont l'aire de répartition chevauche le site, ou dont on a enregistré l'apparition récente dans les environs, ont été sélectionnées en comparant leurs exigences en matière d'habitat aux conditions d'habitat du site.

Le potentiel de présence de l'espèce a été déterminé par une méthodologie de probabilité d'occurrence. Un classement de faible probabilité indique qu'il n'y a pas d'habitat approprié pour cette espèce dans la zone d'étude et qu'aucun spécimen n'a été identifié. Une probabilité modérée indique un plus grand potentiel de présence de l'espèce, car un habitat approprié semble être présent dans la zone d'étude, mais aucune occurrence de l'espèce n'a été enregistrée. Une probabilité élevée indique un enregistrement récent d'une espèce connue dans la zone d'étude et la présence d'un habitat de bonne qualité. Si une catégorie ne pouvait pas être clairement déterminée sur la base des définitions ci-dessus, l'opinion professionnelle a été utilisée pour faire une évaluation. Les espèces considérées comme ayant une probabilité modérée à élevée d'être présentes sont considérées comme ayant des conditions d'habitat appropriées et peuvent nécessiter une étude plus approfondie pour déterminer leur statut sur le site. Seules les espèces dont la probabilité de présence est modérée ou élevée sont prises en compte dans le présent mémorandum.

A.3 RÉSULTATS

A.3.1 Description de l'habitat et de la communauté végétale

Le site comprend les installations nucléaires et les infrastructures connexes, qui comprennent de nombreux bâtiments, d'autres structures, des routes, des aires de stationnement et d'autres zones perturbées. Autour de ces installations, se trouvent une zone de terres essentiellement boisées, des zones humides et les eaux libres du fleuve Saint-Laurent. Les zones de hautes terres comprennent des forêts de feuillus et des forêts mixtes de hautes terres, ainsi que des marécages de feuillus. Les zones aquatiques comprennent des eaux libres peu profondes, souvent très végétalisées, ainsi que des zones humides riveraines, notamment des marais et des marécages à fourrés. Dans l'ensemble, le site présente une diversité relativement élevée d'habitats.

A.3.2 Espèces en péril

D'après les informations tirées de l'évaluation de l'habitat et de l'examen des dossiers du site et des environs, treize (13) EEP ont une probabilité modérée à élevée d'être présentes sur le site. Il s'agit de la petite chauve-souris brune (*Myotis lucifugus*), du vespertilion nordique (*Myotis*

septentrionalis), de la pipistrelle de l'Est (*Perimyotis subflavus*), de l'hirondelle rustique (*Hirundo rustica*), de la paruline du Canada (*Cardellina canadensis*), de l'engoulement d'Amérique (*Chordeiles minor*), de l'engoulement bois-pourri (*Astrostomus vociferus*), du gros-bec errant (*Coccothraustes vespertinus*), du petit blongios (*Ixobrychus exilis*), de la tortue serpentine (*Chelydra serpentina*), du fouille-roche gris (*Percina copelandi*), du chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*) et du monarque (*Danaus plexippus*). Le Tableau 1A présente la probabilité d'occurrence de ces espèces dans la zone d'étude.

Le site fournit au fouille-roche gris un habitat convenable dans les herbiers aquatiques le long du fleuve Saint-Laurent ou à l'embouchure de la rivière Gentilly et d'autres petits cours d'eau [11]. Un rapport réalisé par QSAR Inc. en 2002 rapporte que le site offre un habitat de reproduction adéquat pour le monarque associé aux fleurs sauvages dans les espaces ouverts et le long des sentiers, ainsi que pour le petit blongios, qui niche habituellement dans les marais d'eau douce à végétation dense présents le long du fleuve Saint-Laurent [11] ; [12]. Ces deux espèces ont été observées dans la zone d'étude lors de relevés antérieurs [12], mais ces données datent de plus de 20 ans et on ne sait pas si elles sont toujours présentes.

Tableau A-1 : Évaluation des espèces en péril

Nom commun	Nom scientifique	COSEPAC^a	LEP^b	Probabilité d'occurrence dans la zone du site
Petite chauve-souris brune	<i>Myotis lucifugus</i>	En voie de disparition	En voie de disparition	Modérée - Les arbres, les bâtiments et les structures du site peuvent constituer un habitat de maternité convenable pour cette espèce. Le site offre un habitat d'alimentation convenable, et cette espèce peut s'alimenter dans l'espace aérien au-dessus du site.
Vespertilion nordique	<i>Myotis septentrionalis</i>	En voie de disparition	En voie de disparition	Modérée - Les arbres, les bâtiments et les structures du site peuvent constituer un habitat de maternité convenable pour cette espèce. Le site offre un habitat d'alimentation convenable, et cette espèce peut s'alimenter dans l'espace aérien au-dessus du site.
Pipistrelle de l'Est	<i>Perimyotis subflavus</i>	En voie de disparition	En voie de disparition	Modérée - Les arbres, les bâtiments et les structures du site peuvent constituer un habitat de maternité convenable pour cette espèce. Le site offre un habitat d'alimentation convenable, et cette espèce peut s'alimenter dans l'espace aérien au-dessus du site.
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Menacée	Menacée	Modérée - Les bâtiments et autres structures du site peuvent constituer un habitat de nidification approprié pour cette espèce. En outre, cette espèce peut chercher sa nourriture sur le site.
Paruline du Canada	<i>Cardellina canadensis</i>	Préoccupation particulière	Menacée	Modérée - Les forêts du site peuvent constituer un habitat de nidification approprié pour cette espèce.
Engoulement d'Amérique	<i>Chordeiles minor</i>	Menacée	Menacée	Modérée - L'habitat ouvert du site, y compris les toits des bâtiments, peut constituer un habitat de nidification approprié pour cette espèce. En outre, cette espèce peut chercher sa nourriture sur le site.

Nom commun	Nom scientifique	COSEpac ^a	LEP ^b	Probabilité d'occurrence dans la zone du site
Engoulement bois-pourri	<i>Antrostomus vociferus</i>	Menacée	Menacée	Modérée - La mosaïque de forêts et de zones ouvertes sur le site et dans un rayon de 100 m peut constituer un habitat de nidification et d'alimentation approprié pour cette espèce.
Gros-bec errant	<i>Coccothraustes vespertinus</i>	Préoccupation particulière	Préoccupation particulière	Modérée - Les forêts du site peuvent constituer un habitat de nidification approprié pour cette espèce.
Petit blongios	<i>Ixobrychus exilis</i>			Modérée - Les zones humides ouvertes du site peuvent constituer un habitat de nidification approprié pour cette espèce. Il existe des enregistrements historiques, mais l'enregistrement le plus récent date de 2002 et on ne sait pas si l'espèce est toujours présente.
Tortue serpentine	<i>Chelydra serpentina</i>	Préoccupation particulière	Préoccupation particulière	Modérée - Les eaux du fleuve Saint-Laurent, à l'intérieur du site, peuvent constituer un habitat convenable pour cette espèce.
Fouille-roche gris	<i>Percina copelandi</i>	Préoccupation particulière	Préoccupation particulière	Élevée - Les eaux peu profondes et proches du rivage du fleuve Saint-Laurent, à l'intérieur du site, constituent un habitat convenable pour cette espèce. De plus, cette espèce a été identifiée dans les environs immédiats du site lors d'études antérieures.
Chevalier de rivière	<i>Moxostoma carinatum</i>	Préoccupation particulière	Préoccupation particulière	Modérée - Les eaux du fleuve Saint-Laurent, à l'intérieur du site, peuvent constituer un habitat convenable pour cette espèce.

Nom commun	Nom scientifique	COSEpac ^a	LEP ^b	Probabilité d'occurrence dans la zone du site
Monarque	<i>Danaus plexippus</i>	En voie de disparition	Préoccupation particulière	Élevée - Les espèces d'ascalépiades qui peuvent se trouver dans les zones ouvertes et les zones humides de la zone d'étude peuvent constituer un habitat d'élevage pour cette espèce. Les fleurs sauvages en bordure de l'habitat et dans d'autres zones ouvertes peuvent fournir un habitat de nectar. En outre, il existe des enregistrements historiques et récents de cette espèce dans les environs immédiats.

Notes :

^a Comité sur la situation des espèces en péril au Canada

^b Loi canadienne sur les espèces en péril (annexe 1)

En voie de disparition : Espèce sauvage menacée de disparition ou d'extinction imminente.

Menacée : Une espèce sauvage qui risque de devenir une espèce en voie de disparition si rien n'est fait pour inverser les facteurs menant à sa disparition ou à son extinction.

Préoccupation particulière : Une espèce sauvage qui peut devenir menacée ou en voie de disparition en raison d'une combinaison de caractéristiques biologiques et d'une menace identifiée.

A.4 LIMITATIONS

Les résultats de cet examen et de cette évaluation sont fondés sur les informations dont disposait Golder Associates Ltd. au moment de l'examen et sur le statut des espèces inscrites dans les lois et règlements en vigueur à la date du présent mémoire technique. Cette évaluation est fondée sur une étude documentaire. Nous n'avons pas été en mesure de confirmer la présence ou l'absence d'EEP. Des études spécifiques aux taxons pendant les bonnes fenêtres d'étude, par un biologiste qualifié, seraient nécessaires pour réaliser une évaluation actualisée plus complète.

A.5 ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

Acronyme ou abréviation	Définition
AARQ	Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec
AONQ	Atlas des oiseaux nicheurs du Québec
CDPNQ	Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
EEP	Espèces en péril
LEP	Loi sur les espèces en péril
MPO	Pêches et Océans Canada
SHNVSL	Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent

A.6 RÉFÉRENCES

- [1] Gouvernement du Canada, "Loi sur les espèces en péril," L.C. 2002, ch. 29, 2002.
- [2] «Accord pour la protection des espèces en péril: fiche d'information,» Gouvernement du Canada, 23 10 2014. [En ligne]. Disponible à: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/especies-peril-loi-accord-financement/accord-fiche-information.html>. [Accès le 25 10 2021].
- [3] "Programme d'intendance de l'habitat pour les espèces en péril," Gouvernement du Canada, 02 03 2021. [Online]. Disponible à: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/financement-environnement/programmes/intendance-habitat-especies-en-peril.html>. [Accessed 25 10 2021].
- [4] Gouvernement du Canada, «Registre public des espèces en péril,» 02 02 2021. [En ligne]. Disponible à: <https://registre-especes.canada.ca/index-fr.html>. [Accès le 25 10 2021].

- [5] «eBird: An online database of bird distribution and abundance,» Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, 2012. [En ligne]. Disponible à: <http://www.ebird.org>. [Accès le 21 09 2021].
- [6] Bat Conservation International (BCI), «Cartes des aires de répartition,» 2021. [En ligne]. Disponible à: <https://www.batcon.org/about-bats/bat-profiles/>. [Accès le 25 10 2021].
- [7] «Atlas des oiseaux nicheurs du Québec,» Regroupement Québec Oiseaux, Environment Canada, et Bird Studies Canada, 8 04 2019. [En ligne]. Disponible à: https://www.atlas-oiseaux.qc.ca/index_fr.jsp. [Accès le 21 09 2021].
- [8] «Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec,» Gouvernement du Québec, 2005-2020. [En ligne]. Disponible à: <https://cdpnq.gouv.qc.ca/>. [Accès le 21 09 2021].
- [9] «Carte des espèces aquatiques en péril,» Gouvenement du Canada, 23 08 2019. [En ligne]. Disponible à: <https://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especies/sara-lep/map-carte/index-fra.html>. [Accès le 21 09 2021].
- [10] «Atlas des amphibiens et reptiles du Québec,» Société d'hisoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent, [En ligne]. Disponible à: <https://www.atlasamphibiensreptiles.qc.ca/wp/>.
- [11] Hydro-Québec Production, "Modification des installations de stockage des déchets radioactifs et réfection de la centrale nucléaire de Gentilly 2. Étude d'impact sur l'environnement.," Révision 2. Pagination multiple et annexes, 2006.
- [12] █ "Évaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour," Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 158 pages et annexes., 2002.

ANNEXE B. MESURES ENVIRONNEMENTALES DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES RELIÉS À LA SANTÉ HUMAINE

B.1 TABLEAUX DE DONNÉES

Tableau B-1 : Résultats de l'échantillonnage du sol de surface du 2021-06-21 - BTEX

Paramètre	Benzene	Toluène	Ethylbenzene	F1 (C6-C10)	F1 (C6-C10) - BTEX	F2 (Hydrocarbures C10-C16)	F3 (Hydrocarbures C16-C34)	F4 (Hydrocarbures C34-C50)
Critères A	0,2	0,2	0,2	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
Critères B	0,5	3	5	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
Critères C	5	30	50	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
Normes RESC (2b)	5	30	50	NV	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
CCME RQS/CWS (a,c)	0,03	0,37	0,082	320	320	260	1700	3300
Norme minimale	0,03	0,2	0,082	320	320	260	1700	3300
LDR	0,02	0,02	0,02	10	10	10	50	50
Localisation	ID de l'échantillon							
SS-18	JH2414	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-17	JH2534	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-19	JH2535	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-14	JH2536	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-15	JH2537	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-16	JH2538	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	120	65
DUP-1	JH2539	<0,080	<0,080	<40	<40	<10	55	50
SS-11	JH2540	<0,060	<0,060	<30	<30	<10	61	<50
SS-12	JH2541	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-9	JH2542	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-3	JH2543	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-13	JH2544	<0,040	0,16	<0,040	<20	<20	270	180
SS-6	JH2545	<0,040 (a)	<0,040	<20	<20	<10	<50	<50
SS-5	JH2546	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
DUP-2	JH2547	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
DUP-2 Dup. de Lab.	JH2547	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	<10	<50	<50
SS-10	JH2548	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50

Paramètre	Unités	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	F1 (C6-C10)	BTEX	F2 (Hydrocarbures C10-C16)	F3 (Hydrocarbures C16-C34)	F4 (Hydrocarbures C34-C50)
		µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Critères (1a)	Critères A	0,2	0,2	0,2	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
	Critères B	0,5	3	5	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
	Critères C	5	30	50	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
Normes RSC (2b)	5	30	50	NV	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
	CCME RQS/CWS 0,4x	0,03	0,37	0,082	320	320	260	1700	3300
Norme minimale	0,03	0,2	0,082	320	320	260	1700	3300	
LDR	0,02	0,02	0,02	10	10	10	50	50	50
localisation	ID de l'échantillon								
SS-7	JH2549	<0,020	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-4	JH2550	<0,020	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-8	JH2551	<0,020	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-2	JH2552	<0,020	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50
SS-1	JH2553	<0,020	<0,020	<0,020	<10	<10	<10	<50	<50

Notes :

(a) Critères de sol du MELCC (2021) A (niveaux de fond), B (concentration maximale acceptable pour les sites résidentiels, récréatifs ou institutionnels et les sites commerciaux situés dans les secteurs résidentiels) et C (concentration maximale acceptable pour les sites industriels et commerciaux situés dans les secteurs non résidentiels)

(b) Les normes RSC (2021), communément appelées critères D.

(c) RQS du CCME (2021) pour les BTEX et SS du CCME pour les HP (2008) pour l'utilisation industrielle des terres et les sols à gros grains ont été utilisées.

µg/g = microgramme par gramme

< = inférieur à la limite de détection rapportée (LDR)

BTEX = benzène, toluène, éthylbenzène, xylylène

HP = hydrocarbure de pétrole

a.v. = aucune valeur disponible

(a) Analyses des BTEX F1 : Les limites de détection ont été ajustées en fonction du poids de l'échantillon.

Approche de dépistage :

<0,040 = la limite de détection minimale dépasse le critère le plus bas

13 = dépassement détectable du critère le plus bas

Critères de dépistage :

(1) Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2021. Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés. Annexe 2 : Grille des critères génériques pour les sols. Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés. Mai 2021 [1].

(2) Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESO), 2021. Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2, r. 18). Consulté en ligne : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/hr/pdf/cr-Q-2%20R%2018.pdf> [2].

(3) Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), en vigueur jusqu'en 2021. Recommandations pour la qualité des sols (RQS) en vue de protéger l'environnement et la santé humaine (industriel) : Tableau récapitulatif (utilisation industrielle des terres, sols à texture grossière, risque supplémentaire à vie de 10-5). Consulté en août 2021 [3].

(4) CCME. 2008. Standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers (HP) dans le sol. Supplément technique. Tableau 3 - Niveaux de niveau 1 (mg/kg de sol) pour les HP dans les sols de surface à gros grains. Janvier 2008.

Référence :

Golder Associates Ltd. (Golder) et WSP Global inc. (WSP). 2021. Étude des sols de surface à l'installations nucléaire de Gentilly 2. Septembre 2021 [4].

Tableau B-2 : Résultats de l'échantillonnage du sol de surface du 2021-06-21 – contaminants conventionnels, métaux et matières inorganiques

Paramètre	Unités	P		Cyanure (disponible)		Boré		Cadmium		Chromate (Hexavalent)		Cobalt		Molybdène		Nickel		Sélénium		Argent		Thallium		Uranium		Vanadium		Zinc		Conductivité	
		Crétères A	Crétères B	Crétères C	Normes RESC (2a)	Norme minimale	ID de l'échantillon	Antimoine	Baryum	Beyllium	Chrome	Cuivre	Chrif de fille	Mercurie	Molybdène	Nickel	Sélénium	Uranium	Vanadium	Zinc	Conductivité										
Crétères A	µg/g	5 - 9	2	a.v.	6	340	a.v.	1.5	100	2	25	50	0.2	2	50	1	2	a.v.	a.v.	a.v.	140	0.7									
Crétères B	µg/g	5 - 9	10	a.v.	30	500	a.v.	5	250	6	50	100	2	10	100	3	20	a.v.	a.v.	a.v.	500	0.7									
Crétères C	µg/g	5 - 9	100	a.v.	50	200	a.v.	20	800	10	300	500	10	40	500	10	40	a.v.	a.v.	a.v.	1500	1.4									
Normes RESC (2a)	µg/g	NV	300	a.v.	250	10000	a.v.	100	4000	-	1500	2500	5000	50	200	2500	50	200	a.v.	a.v.	a.v.	7500	a.v.								
CCME RQS (2b)	µg/g	6 - 8	8	40	12	2000	8	a.v.	22	87	14	300	91	600	50	40	89	2.9	40	1	300	130	410	4							
Norme minimale	µg/g	8	2	40	6	340	8	1.5	87	1.4	25	50	0.2	2	50	1	2	1	300	130	140	0.7									
Localisation	ID de l'échantillon																														
SS-1	JH2553	8.28	<0.010	<0.20	2.1	49	<0.20	<5.0	<0.10	29	<0.18	8.1	20	2.8	<0.050	<0.50	17	<0.50	<0.20	<0.050	0.32	46	32	0.09							
SS-2	JH2552	7.47	<0.010	<0.20	2.2	44	0.29	<5.0	0.12	17	<0.18	6.4	13	5.7	<0.050	<0.50	17	<0.50	<0.20	<0.050	0.45	38	40	0.073							
SS-3	JH2553	7.13	<0.010	<0.20	<1.0	22	<0.20	<5.0	<0.10	6.8	<0.18	1.4	2.6	5.8	<0.050	<0.50	3.8	<0.50	<0.20	<0.050	0.18	18	16	0.082							
SS-4	JH2550	8.52	<0.010	<0.20	5.3	110	0.74	11	<0.10	29	<0.18	14	36	14	<0.050	<0.50	37	<0.50	<0.20	<0.13	0.45	35	74	0.12							
SS-5	JH2546	7.85	<0.010	<0.20	1.9	59	0.32	<5.0	<0.10	18	<0.18	5.8	5.1	6.4	<0.050	<0.50	15	<0.50	<0.20	<0.063	0.5	26	42	0.16							
DUP-2	JH2547	7.9	<0.010	<0.20	1.2	50	0.31	<5.0	<0.10	16	<0.18	5.7	5.6	5.4	<0.050	<0.50	13	<0.50	<0.20	<0.068	0.51	31	40	0.16							
SS-6	JH2545	7.73	<0.010	<0.20	2.3	55	0.35	<5.0	<0.10	18	<0.18	6.2	6.3	6.6	<0.050	<0.50	18	<0.50	<0.20	<0.077	0.52	23	45	0.31							
SS-7	JH2549	7.42	<0.010	<0.20	<1.0	15	<0.20	<5.0	<0.10	9.6	<0.18	3.1	4	14	<0.050	<0.50	5.7	<0.50	<0.20	<0.050	0.29	35	17	0.072							
SS-8	JH2551	8.73	<0.010	<0.20	1.4	71	0.28	<5.0	0.1	16	<0.18	6.6	16	5.6	<0.050	<0.50	14	<0.50	<0.20	<0.11	0.35	41	59	0.08							
SS-9	JH2542	8.18	<0.010	<0.20	1.2	60	0.24	<5.0	<0.10	16	<0.18	5.9	13	6.6	<0.050	<0.50	1	14	<0.50	<0.20	0.099	0.44	44	45	0.37						
SS-10	JH2548	7.47	<0.010	<0.20	1.5	12	<0.20	<5.0	<0.10	10	<0.18	2.3	2.4	4.5	<0.050	<0.50	4.4	<0.50	<0.20	<0.050	0.21	41	20	0.034							
SS-11	JH2540	8.17	<0.010	<0.20	2.4	62	0.4	<5.0	<0.10	21	<0.18	7.8	13	9.2	<0.050	<0.50	0.52	19	<0.50	<0.20	0.087	0.47	30	54	0.2						
SS-12	JH2541	7.95	<0.010	<0.20	2.2	63	0.36	<5.0	<0.10	20	<0.18	7.6	12	7.5	<0.050	<0.50	19	<0.50	<0.20	<0.096	0.47	33	52	0.12							
SS-13	JH2544	7.92	<0.010	0.28	2.7	76	0.21	<5.0	0.34	20	<0.18	5	22	15	<0.050	1.1	15	<0.50	<0.20	0.054	0.47	35	78	0.22							
SS-14	JH2536	8.62	<0.010	<0.20	1.1	20	0.23	<5.0	<0.10	13	<0.18	4.3	7.2	2.8	<0.050	<0.50	9	<0.50	<0.20	<0.050	0.4	34	25	0.07							
SS-15	JH2537	8.29	<0.010	<0.20	2.2	83	0.39	<5.0	<0.10	19	<0.18	7.9	16	8.1	<0.050	<0.50	20	<0.50	<0.20	<0.086	0.47	32	53	0.12							
SS-16	JH2538	7.85	<0.010	<0.20	1.2	43	0.25	<5.0	<0.10	16	<0.18	4.9	8.6	8.5	<0.050	<0.50	14	<0.50	<0.20	<0.053	0.35	27	51	0.14							
DUP-1	JH2539	7.96	<0.010	<0.20	2.1	67	0.41	5.1	<0.10	21	<0.18	7.5	14	9	<0.050	<0.50	21	<0.50	<0.20	<0.097	0.47	31	58	0.22							
SS-17	JH2534	8.6	<0.010	<0.20	2.8	100	0.45	6.9	<0.10	20	<0.18	7.8	21	8.3	<0.050	<0.50	21	<0.50	<0.20	<0.077	0.44	27	51	0.13							
SS-18	JH2414	8.44	<0.010	<0.20	1.9	74	0.41	5.3	<0.10	20	<0.18	8	15	7.1	<0.050	<0.50	21	<0.50	<0.20	<0.12	0.47	33	52	0.17							
SS-19	JH2535	8.54	<0.010	0.22	2.7	87	0.42	6.4	<0.10	21	<0.18	8.8	20	8.4	<0.050	<0.50	21	<0.50	<0.20	0.1	0.42	37	52	0.13							

Notes :

(a) Critères de sol du MELCC (2021) A (niveaux de fond), B (concentration maximale acceptable pour les sites résidentiels, récréatifs ou institutionnels et les secteurs commerciaux situés dans les secteurs résidentiels) et C (concentration maximale acceptable pour les sites industriels et commerciaux situés dans les secteurs non résidentiels)

(b) les normes RESC (2021), communément appliquées critères D.

(c) RQS du CCME pour l'utilisation des terres industrielles et les sols à gros grains



< = inférieur à la limite de détection rapportée (LDR)
a.v. = aucune valeur disponible

mS/cm = millisiemens par centimètre

<**0,040** = à la limite de détection minimale dépasse le critère le plus bas

13 = dépassement détectable du critère le plus bas; dans le cas du pH, il n'y a aucune valeur inférieure à 6, le format gras et ombragé indique les valeurs ≥ 8.
En italique et souligné = concentration détectable identifiée en l'absence de critères

Critères de dépistage :

- (1) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021. Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés. Annexe 2 : Grille des critères génériques pour les sols. Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés. Mai 2021 [1].
- (2) Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC) 2021. Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2, r. 18). Consulté en ligne : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ar/Q-2%20R%2018.pdf> [2]
- (3) Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), en vigueur jusqu'en 2021. Recommandations pour la qualité des sols (RQS) en vue de la protection de l'environnement et de la santé humaine (industriel) : Tableau sommaire (industriel) : Utilisation industrielle des terres, sols à texture grossière). Consulté en août 2021 [3].

Référence :

Golder Associates Ltd. (Golder) et WSP Global inc. (WSP). 2021. Étude des sols de surface à l'installation nucléaire de Gentilly 2. Septembre 2021 [4].

Tableau B-3 : Comparaison des valeurs historiques des BTEX et des HP dans les eaux souterraines avec les critères d'évaluation de la santé humaine

Localisation	Puits de surveillance/piezomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylène	HP (C10-C50)
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
				Critères : Directives du MELCC (1)	[5]	1700000	330000	160000	28000(d)	
				Critères : Directives fédérales (3)	[5]	NGR	NGR	48	9100(d)	
				LDR	[5]	0.1	0.1	0.4	100	
Puits en dessous de G2	Puit M	P-ESRM-C	4 août 2014	<0.3	<1.0	<0.3	<0.3	<1.0	200	
Déversement de HP en 2014	Puit M	P-ESRM-C	18 août 2014	<0.3	<1.0	<0.3	<0.3	<1.0	<100	
	Puit O	P-ESR-O-C	18 août 2014	<0.3	<1.0	<0.3	<0.3	<1.0	800	
IGDRS et ASDR en 2015 ^{(a)(b)}	Horizon A	4,52 - 4,80	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	[6]	-	-	-	-	-	200
	Horizon B	3,46 - 3,58	[6]	-	-	-	-	-	-	200
	Horizon C	3,33 - 3,49	[6]	-	-	-	-	-	-	200
IGDRS et ASDR en 2016 ^{(a)(b)}	Horizon A	3,89 - 4,29	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	[7]	-	-	-	-	-	100
	Horizon B	3,04 - 3,61	[7]	-	-	-	-	-	-	100
	Horizon C	2,58 - 3,61	[7]	-	-	-	-	-	-	100
IGDRS et ASDR en 2017 ^{(a)(b)}	Horizon A	3,9 - 4,21	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	[8]	-	-	-	-	-	300
	Horizon B	3,23 - 3,62	[8]	-	-	-	-	-	-	100
	Horizon C	3,12 - 3,48	[8]	-	-	-	-	-	-	100
IGDRS et ASDR en 2018 ^{(a)(b)}	Horizon A	4,21 - 4,34	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	[9]	-	-	-	-	-	200
	Horizon B	3,56 - 3,42	[9]	-	-	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,28 - 3,31	[9]	-	-	-	-	-	-	100
IGDRS et ASDR en 2019 ^{(a)(b)}	Horizon A	4,71 - 4,78	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	[10]	-	-	-	-	-	120
	Horizon B ^(a)	3,54 - 3,58	[10]	-	-	-	-	-	-	<100
	Horizon C ^(a)	3,18 - 3,43	[10]	-	-	-	-	-	-	120
IGDRS et ASDR en 2020	Horizon A ^(a)	4,27 - 4,32	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	[11]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon B ^(a)	3,01 - 3,52	[11]	-	-	-	-	-	-	100
	Horizon C ^(a)	2,71 - 3,32	[11]	-	-	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-5	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-7	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-22	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-31	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-36	[12]	-	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2019	Horizon A	4,71	P-X	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-Y	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-5	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-7	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-22	[12]	-	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-31	[12]	-	-	-	-	-	<100

Localisation	Puits de surveillance/Piezomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylyène	HP (C10-C50)
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Critères : Directives du MELCC (1)										
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Critères : Directives fédérales (3)										
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
IGDRS et ASDR en 2019	Horizon B	3,58	P-36	24 septembre 2019	[12]	0,1	0,1	0,4	100	<100
	Horizon B	3,58	P-X	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon B	3,58	P-Y	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon C	3,43	P-5	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon C	3,43	P-7	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon C	3,43	P-22	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon C	3,43	P-31	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon C	3,43	P-36	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon C	3,43	P-X	24 septembre 2019	[12]					<100
	Horizon C	3,43	P-Y	24 septembre 2019	[12]					<100
IGDRS et ASDR en 2020 (4)	Horizon A	4,31	P-5	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-7	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-22	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-31	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-36	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-X	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-Y	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-5	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-7	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-22	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2020 (4)	Horizon B	3,52	P-31	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	0
	Horizon B	3,52	P-36	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-X	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-Y	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,32	P-5	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,32	P-7	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,32	P-22	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	240
	Horizon C	3,32	P-31	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,32	P-36	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	200
	Horizon C	3,32	P-X	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2020	Horizon C	3,32	P-Y	29 septembre 2020	[13]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,27	P-5	31 mars 2020	[14]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,27	P-7	31 mars 2020	[14]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,27	P-22	31 mars 2020	[14]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,27	P-31	31 mars 2020	[14]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2020	Horizon A	4,27	P-36	31 mars 2020	[14]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,27	P-X	31 mars 2020	[14]	-	-	-	-	<100

Localisation	Puits de surveillance/Pézomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylyène	HP (C10-C50)
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Critères : Directives du MELCC (1)										
Critères : Directives fédérales (3)										
				LDR	0,1	0,1	0,4	100	<100	<100
IGDRS et ASDR en 2020	Horizon A	4,27	P-Y	31 mars 2020	[14]					
	Horizon B	3,01	P-5	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon B	3,01	P-7	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon B	3,01	P-22	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon B	3,01	P-31	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon B	3,01	P-36	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon B	3,01	P-X	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon B	3,01	P-Y	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon C	2,71	P-5	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon C	2,71	P-7	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon C	2,71	P-22	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon C	2,71	P-31	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon C	2,71	P-36	31 mars 2020	[14]					130
	Horizon C	2,71	P-X	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon C	2,71	P-Y	31 mars 2020	[14]					<100
	Horizon A	3,89	P-5	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon A	3,89	P-7	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon A	3,89	P-22	25 mars 2021	[11]					<100
IGDRS et ASDR en 2021	Horizon A	3,89	P-31	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon A	3,89	P-36	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon A	3,89	P-X	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon A	3,89	P-Y	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon B	3,14	P-5	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon B	3,14	P-7	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon B	3,14	P-22	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon B	3,14	P-31	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon B	3,14	P-36	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon B	3,14	P-X	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon B	3,14	P-Y	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon C	2,91	P-5	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon C	2,91	P-7	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon C	2,91	P-22	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon C	2,91	P-31	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon C	2,91	P-36	25 mars 2021	[11]					100
	Horizon C	2,91	P-X	25 mars 2021	[11]					<100
	Horizon C	2,91	P-Y	25 mars 2021	[11]					<100

Notes :

Localisation	Puits de surveillance/Piézomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylène	HP (C10-C90)
				Unité:	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
	Critères : Directives du MELCC (1)				1700000	330000	160000	28000(d)		
	Critères : Directives fédérales (3)				NGR	NGR	48	9100(d)		
	LDR				0,1	0,1	0,4	100		

- = valeur non disponible

µg/L = microgramme par litre

< = inférieur à la limite de détection rapportée (LDR)

ASDR = stockage des déchets radioactifs

BTEx = benzène, toluène, éthylbenzène, xylyne

IGDRS = installation de gestion des déchets radioactifs solides

GW2 = valeur du composant pour l'inhalation de vapeurs dans l'air intérieur provenant d'eaux souterraines

MELCC = ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques

NGR = aucune directive requise

HP = hydrocarbure de pétrole

(a) Les échantillons d'eau souterraine provenant des piézomètres ont été prélevés tous les six mois au printemps et à l'automne. On suppose que ces dates sont en corrélation avec les dates des lectures du niveau d'eau des piézomètres.

(b) Eaux souterraines échantillonées dans la zone au nord de l'IGDRS (piézomètre P-5), fosse à l'ouest de l'IGRS (P-7), périphérie de l'ASDR (P-22, P-31, P-36), périphérie de l'IGDRS (P-X et P-Y)

(c) Concentrations moyennes mesurées dans les piézomètres P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y échantillonées aux horizons A, B et C

(d) Basé sur la valeur la plus conservatrice entre les HP F1 et F2. Aucune valeur disponible pour les HP F3 et F4.

(e) En l'absence de valeurs de dépistage du MELCC, le MELCC s'en tient aux valeurs de la composante GW2 du MECP de l'Ontario qui protègent l'inhalation de l'air intérieur provenant de l'eau souterraine, pour évaluer la voie de l'inhalation de l'air intérieur.

Approche de dépistage :

Qimbé et souligné = Dépassement des directives du MELCC/Ontario MECP

En grisé et en gras = Dépassement des RFIQES du PASCF

souligné et en italique = concentration détectable sans directive de dépistage

Critères de dépistage :

- (1) Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques, 2021. Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés, Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés. Mai 2021.
- (2) Ministère de l'Environnement, de la Conservation et des Parcs de l'Ontario (MECP), 2016. Évaluation du risque généralisé modifié « modèle approuvé », 1er novembre 2016.
- (3) Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASF), 2016. Document d'orientation sur les Recommandations provisoires fédérales pour la qualité des eaux souterraines des sites contaminés fédéraux, juin 2016 (version 4). Tableau 3 RFIQES, directives générales pour les utilisations commerciales et industrielles des terres, les sols à texture grossière, l'eau douce, à long terme.

B.2 RÉFÉRENCES

- [1] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du Québec, "Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés," Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés, mai 2021.
- [2] Gouvernement du Québec, "Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés," Q-2, R. 18, 2021.
- [3] CCME, "Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health (Industrial) : Summary Table," Accessed August 2021.
- [4] Golder Associates Ltd. and WSP Global Inc., "Surface Soil Investigation at Gentilly-2 Nuclear Facility," September 2021.
- [5] [REDACTED] (génie), "Rapport-lettre des travaux de caractérisation environnementale suite au déversement accidentel du réservoir du bâtiment ESR de la Centrale Gentilly-2," septembre 2014.
- [6] Hydro-Québec Production, "Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2015," Rapport technique G2-RT-2016-00518-004, Version finale, avril 2016.
- [7] Hydro-Québec Production, "Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2016," Rapport technique G2-RT-2017-00518-002, Version finale, avril 2017.
- [8] Hydro-Québec Production, "Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2017," Rapport technique G2-2018-00518-002, Version finale, avril 2018.
- [9] Hydro-Québec Production, "Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2018," Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, Version finale, avril 2019.
- [10] Hydro-Québec, "Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2019," Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, avril 2020.
- [11] Hydro-Québec, "Résultats de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2020," Rapport technique G2-RT-2021-00518-001, Version finale, avril 2021.
- [12] Hydro-Québec, "Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2. Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril à septembre 2019," Version finale, décembre 2019.
- [13] Hydro-Québec, "Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril 2020 à septembre 2020," Version finale, décembre 2020.

[14] Hydro-Québec, "Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: octobre 2019 à mars 2020," Version finale, juin 2020.

ANNEXE C. MESURES ENVIRONNEMENTALES DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES RELIÉS À LA SANTÉ ÉCOLOGIQUE

C.1 TABLEAUX DE DONNÉES

Tableau C-1 : Comparaison des valeurs historiques des BTEx et HP dans les eaux souterraines avec les critères de protection de la vie aquatique

Localisation	Puits de surveillance/Pléziomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylène	HP (C10-C50)
Unités : µg/L										
					Critères : Directives du MELCC (1)	950	200	160	370	2800
					Critères : Directives fédérales (2)	6900	83	41000	72	9800(d)
					LDR	0.2	0.1	0.1	0.4	100
Puits en dessous de G2 Déversement d'HP en 2014	Puit M		P-ESR-M-C	4 août 14	[1]	<0.3	<1,0	<0.3	<1,0	200
	Puit M		P-ESR-M-C	18 août 14	[1]	<0.3	<1,0	<0.3	<1,0	<100
IGDRS et ASDR en 2015(a)	Horizon A	4,52 - 4,80	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	26 mars 2015 et 20 septembre 2015 (a)	[2]	-	-	-	-	800
	Horizon B	3,46 - 3,58			[2]	-	-	-	-	200
	Horizon C	3,33 - 3,49			[2]	-	-	-	-	200
IGDRS et ASDR en 2016(a)	Horizon A	3,89 - 4,29	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	21 mars 2016 et 27 septembre 2016 (a)	[3]	-	-	-	-	100
	Horizon B	3,04 - 3,61			[3]	-	-	-	-	100
	Horizon C	2,58 - 3,61			[3]	-	-	-	-	100
IGDRS et ASDR en 2017(a)	Horizon A	3,9 - 4,21	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	27 mars 2017 et 27 septembre 2017 (a)	[4]	-	-	-	-	300
	Horizon B	3,23 - 3,62			[4]	-	-	-	-	100
	Horizon C	3,12 - 3,48			[4]	-	-	-	-	100
IGDRS et ASDR en 2018(a)	Horizon A	4,21 - 4,34	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	27 mars 2018 et 26 septembre 2018 (a)	[5]	-	-	-	-	200
	Horizon B	3,56 - 3,42			[5]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,28 - 3,31			[5]	-	-	-	-	100
IGDRS et ASDR en 2019(a)	Horizon A	4,71 - 4,78	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	25 mars 2019 et 24 septembre 2019 (a)	[6]	-	-	-	-	120
	Horizon B	3,54 - 3,58			[6]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,18 - 3,43			[6]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2020	Horizon A (a)	4,27 - 4,32	P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y	31 mars 2020 et 29 septembre 2020 (a)	[7]	-	-	-	-	<100
	Horizon B (a)	3,01 - 3,52			[7]	-	-	-	-	100
	Horizon C (a)	2,71 - 3,32			[7]	-	-	-	-	120
	Horizon A	4,71	P-5	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2019	Horizon A	4,71	P-7	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-22	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-31	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-36	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,71	P-X	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100

Localisation	Puits de surveillance/Piezomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylène	HP (C10-C50)
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
				Critères : Directives du MELCC (1)	950	200	160	370	9800(d)	2800
				Critères : Directives fédérales (2)	6900	83	41000	72		
				LDR	0.2	0.1	0.1	0.4	100	<100
IGDRS et ASDR en 2019 (a)	Horizon A	4,71	P-Y	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-5	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-7	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-22	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-31	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-36	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-X	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,58	P-Y	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,43	P-5	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,43	P-7	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2019 (a)	Horizon C	3,43	P-22	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,43	P-31	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,43	P-36	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,43	P-X	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,43	P-Y	24 septembre 2019	[8]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-5	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-7	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-22	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-31	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-36	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2019 (a)	Horizon A	4,31	P-X	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,31	P-Y	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-5	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-7	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-22	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-31	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-36	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-X	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3,52	P-Y	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,32	P-5	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2019 (a)	Horizon C	3,32	P-7	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	0
	Horizon C	3,32	P-22	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,32	P-31	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	240
	Horizon C	3,32	P-36	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	3,32	P-X	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	200
IGDRS et ASDR en 2019 (a)	Horizon C	3,32	P-Y	29 septembre 2020	[9]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4,27	P-5	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100

Localisation	Puits de surveillance/Piezomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylène	HP (C10-C50)
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Critères : Directives du MELCC (1)										
				950	200	160	370	72	9800(d)	2800
Critères : Directives fédérales (2)										
				6900	83	41000	-	-	-	-
				LDR	0.2	0.1	0.1	0.4	100	<100
IGDRS et ASDR en 2020	Horizon A	4.27	P-7	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4.27	P-22	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4.27	P-31	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4.27	P-36	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4.27	P-X	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	4.27	P-Y	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.01	P-5	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.01	P-7	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.01	P-22	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.01	P-31	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.01	P-36	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.01	P-X	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.01	P-Y	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-5	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-7	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-22	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-31	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-36	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
IGDRS et ASDR en 2021	Horizon C	2.71	P-X	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-Y	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-5	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-7	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-22	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-31	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-36	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-X	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.71	P-Y	31 mars 2020	[10]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	3.89	P-5	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	3.89	P-7	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	3.89	P-22	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	3.89	P-31	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	3.89	P-36	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	3.89	P-X	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon A	3.89	P-Y	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.14	P-5	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.14	P-7	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.14	P-22	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.14	P-31	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.14	P-36	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.14	P-X	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon B	3.14	P-Y	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.91	P-5	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.91	P-7	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100
	Horizon C	2.91	P-22	25 mars 2020[21]	[11]	-	-	-	-	<100

Localisation	Puits de surveillance/Piezomètre	Profondeur (m)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonage	Source	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylène	HP (C10-C50)
				Unités	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
	Critères : Directives du MELCC (1)			950	200	160	370	2800		
	Critères : Directives fédérales (2)			6900	83	41000	72	9800(d)		
	LDR	0.2	0.1		0.1	0.1	0.4	100		
Horizon C	2,91	P-31	25 mars 2020(2)	[11]	-	-	-	<100		
Horizon C	2,91	P-36	25 mars 2020(2)	[11]	-	-	-	100		
Horizon C	2,91	P-X	25 mars 21	[11]	-	-	-	<100		
Horizon C	2,91	P-Y	25 mars 21	[11]	-	-	-	<100		

Notes :

- = valeur non disponible

µg/L = microgramme par litre

< = inférieur à la limite de détection rapportée (LDR)

ASDR = stockage des déchets radioactifs

BTEx = benzène, toluène, éthylbenzène, xylenes

IGDRS = installation de gestion des déchets radioactifs solides

GM2 = valeur du composant pour l'inhalation de vapeurs dans l'air intérieur provenant d'eaux souterraines

MELCC = Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques

HP = hydrocarbure pétrolier

(a) Les échantillons d'eau souterraine provenant des piézomètres ont été prélevés tous les six mois au printemps et à l'automne. On suppose que ces dates sont en corrélation avec les dates des lectures du niveau d'eau des piézomètres.

(b) Eaux souterraines échantillonées dans la zone au nord de l'IGDRS (piézomètre P-5), fossé à l'ouest de l'IGDRS (P-7), périphérie de l'ASDR (P-22, P-31, P-36), périphérie de l'IGRS (P-X et P-Y)

(c) Concentrations moyennes mesurées dans les piézomètres P-5, P-7, P-22, P-36, P-X et P-Y échantillonnées aux horizons A, B et C.

(d) Basé sur la valeur la plus conservatrice entre les HP F1 et F2. Aucune valeur disponible pour les HP F3 et F4.

(e) En l'absence de valeurs de dépistage du MELCC, le MELCC s'en remet aux valeurs de la composante GM2 du MECP de l'Ontario qui protègent l'inhalation de l'air intérieur provenant de l'eau souterraine, pour évaluer la voie de l'inhalation de l'air intérieur.

Approche de dépistage :

Souligné = Dépassement des directives du MELCC

En gras = Dépassement des RFQES du PASC F

Souligné et en italique = concentration détectable sans directive de dépistage**Critères de dépistage :**

(1) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021. Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés.

Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés. Mai 2021.

(2) Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASF), 2016. Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines sur les sites contaminés fédéraux. Juin 2016 (version 4). Tableau 3 RFQES, directives génériques pour les utilisations commerciales et industrielles des terres, les sols à texture grossière, l'eau douce, à long terme.

Tableau C-2 : Concentrations de métaux et de chimie générale dans les eaux souterraines du site

Localisation	Puits de surveillance/piézomètre	Profondeur (m sous la surface du sol)	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	Cadmium	Chrome	Cuivre	Fer	Plomb	Zinc	pH	Chlorure	Conductivité	Sulfates
				Unités	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	mg/L
				Rejet des eaux souterraines dans les eaux de surface (effets aigus) (1)	0,002(13,4)a)	a.v.	0,014(3,4)a)	0,082(3,4)a)	0,12(3,4)a)	5,5 - 9,5	860	a.v.	a.v.	a.v.	
				Rejet des eaux souterraines dans les eaux de surface (effets chroniques) (1)	0,00027(3,4)a)	a.v.	0,00091(3,4)a)	0,003 18(3,4)a)	0,12(3,4)a)	5,5 - 9,5	860	a.v.	a.v.	a.v.	
				RHQES du PSACF	0,00016(4,5)a)	0,00089	0,00236(4,5)a)	0,3	0,003 18(4,5)a)	0,03	6,5 - 9	120	a.v.	100	
ASDR	Horizon A	-	P-22	4 novembre 21	[12]	0,00001	0,00005	0,001	0,001	0,0003	NA	50	10	8	
ASDR	Horizon B	-	P-22	4 novembre 21	[12]	0,00003	0,00005	0,004	0,34	<0,001	0,013 8	7,96	27 700	<8	
ASDR	Horizon C	2,1	P-22	4 novembre 21	[12]	0,00003	<0,00005	0,006	0,67	<0,001	<0,0003	8,8	87	1750	16,2
ASDR	Horizon A	-	P-31	4 novembre 21	[12]	0,00002	<0,00005	0,008	0,114	<0,001	<0,0003	8,05	32 10	18 200	143
ASDR	Horizon B	-	P-31	4 novembre 21	[12]	0,00002	<0,00005	0,009	0,014	<0,001	0,0008	8,57	59	1700	27,7
ASDR	Horizon C	3,07	P-31	4 novembre 21	[12]	0,00002	<0,00005	0,003	2,9	<0,001	0,0004	7,66	2,2	532	6,5
ASDR	Horizon A	-	P-36	4 novembre 21	[12]	0,00001	<0,00005	0,007	0,06	<0,001	0,0021	8,64	88,8	2740	<0,5
ASDR	Horizon B	-	P-36	4 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,008	0,80	<0,001	0,0015	8,16	107	1390	3,9
ASDR	Horizon C	2,76	P-36	4 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,0014	7,7	<0,001	0,0015	7,55	6,1	692	<0,5
IGDRS	Horizon A	3,34	P-7	4 novembre 21	[12]	<0,00001	0,00072	0,0006	0,019	<0,001	<0,0003	9	40,4	1520	231
IGDRS	Horizon B	3,24	P-7	4 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,007	2,0	<0,001	0,0024	7,98	36,1	1110	255
IGDRS	Horizon C	3,17	P-7	4 novembre 21	[12]	0,00001	<0,00005	0,008	<0,001	<0,001	0,001	7,75	2,8	643	54,3
IGDRS	Horizon A	4,06	P-5	4 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,002	0,06	<0,001	<0,0003	9,01	41	978	180
IGDRS	Horizon B	4,03	P-5	4 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,0038	0,128	<0,001	<0,0003	8,59	37,9	885	165
IGDRS	Horizon C	4,25	P-5	4 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,0014	0,56	<0,001	0,0006	8,16	26	792	161
IGDRS	Horizon A	3,63	P-X	5 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,005	0,138	<0,001	<0,0003	8,99	52,7	1760	303
IGDRS	Horizon B	3,67	P-X	5 novembre 21	[12]	0,00001	<0,00005	0,004	0,51	<0,001	<0,0003	8,09	36,8	1130	302
IGDRS	Horizon C	3,61	P-X	5 novembre 21	[12]	0,00001	<0,00005	0,002	0,56	<0,001	<0,0003	7,79	29,1	1070	323
IGDRS	Horizon A	3,23	P-Y	5 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,002	0,037	<0,001	<0,0003	8,84	43,5	1740	96,4
IGDRS	Horizon B	2,96	P-Y	5 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,003	0,048	<0,001	<0,0003	8,7	43	998	62,2
IGDRS	Horizon C	2,95	P-Y	5 novembre 21	[12]	<0,00001	<0,00005	0,005	1,9	<0,001	<0,0003	7,67	39,3	751	62,7

Notes

= valeur non disponible
 µS/cm = microsiemens par centimètre
 mg/L = milligramme par litre

< = inférieur à la limite de détection rapportée (LDR)
 ASDR = stockage des déchets radioactifs
 EBR = système d'eau brûte de refroidissement dans la station de pompage de G2

G2 = L'installation nucléaire de Gentilly-2

IGDRS = installation de gestion des déchets radioactifs solides

MELCC = Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques

a.v. = aucune valeur

(a) Directive basée sur une valeur moyenne de dureté de 100 mg/L CaCO₃ basée sur 9 stations d'eau de surface (Stations #89-94,98-100) le long du fleuve Saint-Laurent à proximité du site. Les recommandations du MELCC pour les métaux ont été calculées en utilisant le mémo du MELCC (2021b) pour le calcul des critères de qualité de l'eau pour les métaux. Les RFIQES du PASCF s'en remettent au CCME (2021) pour le calcul des directives sur la qualité de l'eau pour les métaux.

Approche de dépistage :

Souligné Dépassement des directives du MELCC (effets aigus)

En gras Dépassement des directives du MELCC (effets chroniques)

Rouge Dépassement des RFIQES du PASCF

Souligné et en italique Concentration détectable sans directive de dépistage

Critères de dépistage :

(1) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021a. Guide d'intervention, Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés. Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des lieux contaminés. Mai 2021.
Annexe 7 : Grille des critères de qualité des eaux souterraines : Résurgence dans l'eau de surface

(2) Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASF) 2016. Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines sur les sites contaminés fédéraux, juin 2016 (version 4). Tableau 3 RFIQES, directives génériques pour les utilisations commerciales et industrielles des terres, les sols à texture grossière, l'eau douce, à long terme.

(3) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021b. Fichier de calcul des critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux (Freshwater/Eau Douce, CVAA Protection of Aquatic Life - Acute Effect/Protection de la vie aquatique - effet aigu). Consulté en ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp.

(4) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021c. Atlas de l'eau du Québec. Consulté en ligne : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/atlas/atlas-argis/index.html>

Tableau C-3: Concentrations de métaux et de chimie générale dans les effluents du site

Localisation	Date de l'échantillonnage	Source	Ammoniac-N total (NH ₃)	Total P	Demande chimique en oxygène totale (DCO)	pH	TSS	Chlorure (Cl)	Demande biologique en oxygène (DBO)	Oxygène dissous (DO)	Total Al	Total Cr	Total Cu	Total Fe	Total Pb	Total Zn	Toxicité alguë	Toxicité chronique	
Valeur alguë finale à l'effluent du MELCC - VAF ⁽¹⁾ [9]	-	-	mg/L	mg/L	mg/L	pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	UT _c	
Valeurs de toxicité pour la vie aquatique du MELCC ⁽²⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤1 (5, j)	
Normes de la ville de Bécancour ⁽³⁾	-	-	-	-	5,5 - 9,5 (2 h)	30 (2,i)	1500 (2,i)	-	-	-	1000 (2,i)	1000 (2,i)	17 000 (2,i)	100 (2,i)	1000 (2,i)	-	-	-	≤1 (5, k)
Critères de rejet des effluents ^(m)	Réservoirs de stockage d'eau radioactive		-	-	5,5 - 9,5	-	-	-	-	a.v.	a.v.	a.v.	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	av.	
	Eau sanitaire		a.v.	a.v.	-	-	<30	>2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Eaux pluviales		-	-	5,5 - 9,5	a.v.	-	-	-	a.v.	a.v.	a.v.	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	av.	
	Eau brute de refroidissement		-	-	≤30	\$860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤1 (j)	
	Elimination de la neige		-	-	40 - 11,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤1 (k)	
Année 2015 [2]		-	-	-	6,2 - 10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Année 2016 [3]		-	-	-	7,1 - 9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Année 2017 [4]		-	-	-	7,5 - 9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Année 2018 [5]		-	-	-	7,5 - 9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Année 2019 [6]		-	-	-	7,4 - 8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Année 2020 [7]		-	-	-	7,88	-	-	-	-	-	70 <50	113	-	<10 67	<1	-	-	-	
Oct-18 [8]		-	-	-	7,76	-	-	-	-	-	80 <50	87	-	<10 50	<1	-	-	-	
Nov-18 [8]		-	-	-	8,05	-	-	-	-	-	63 <5	98	-	2,1 56	<1	-	-	-	
Déc-18 [8]		-	-	-	8,08	-	-	-	-	-	74 <5	210	-	4 56	<1	-	-	-	
Jan-19 [8]		-	-	-	7,76	-	-	-	-	-	110 <5	110	-	25 57	<1	-	-	-	
Fév-19 [8]		-	-	-	7,86	-	-	-	-	-	100 <5	86	-	23 36	<1	-	-	-	
Mar-19 [8]		-	-	-	7,90	-	-	-	-	-	78 <5	120	-	7,2 54	<1	-	-	-	
Avr-19 [8]		-	-	-	7,89	-	-	-	-	-	52 <5	56	-	3,9 37	<1	-	-	-	
Mai-19 [8]		-	-	-	7,57	-	-	-	-	-	56 <5	60	-	2,2 24	<1	-	-	-	
Juin-19 [8]		-	-	-	7,75	-	-	-	-	-	77 <5	110	-	5,9 120	<1	-	-	-	
Jui-19 [8]		-	-	-	8,31	-	-	-	-	-	170 <5	130	-	7,3 110	<1	-	-	-	
Août-19 [8]		-	-	-	7,91	-	-	-	-	-	98 <5	130	-	7,2 82	<1	-	-	-	
Sep-19 [8]		-	-	-	8,18	-	-	-	-	-	63 <5	74	-	3,1 46	<1	-	-	-	
Oct-19 [9]		-	-	-	7,65	-	-	-	-	-	42 <5	39	-	1,8 29	<1	-	-	-	
Nov-19 [9]		-	-	-	7,91	-	-	-	-	-	97 <5	63	-	1,9 43	<1	-	-	-	
Déc-19 [9]		-	-	-	8,06	-	-	-	-	-	33 <5	47	-	1,8 19	<1	-	-	-	
Jan-20 [9]		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Localisation	Date de l'échantillon na gée	Sourc e	Ammoniac- N total (NH ₃)	Total P	Demande chimique en oxygène totale (DCO)	pH	TSS	Chlorure (Cl ⁻)	Demande biologique en oxygène (DBO)	Oxygène dissous (DO)	Total Al	Total Cr	Total Cu	Total Fe	Total Pb	Total Zn	Toxicité aiguë	Toxicité chronique
Valeur aiguë finale à l'effluent du MELCC - VAF(e) ⁽¹⁾ (g)		Unités	mg/L	mg/L	mg/L	pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	UTa	UTc
Valeurs de toxicité pour la vie aquatique du MELCC ⁽²⁾⁽ⁱ⁾			-	-	-	-	-	-	-	-	32(d)	28(f)	6900(e)	163(f)	240(f)	-	-	-
Normes de la ville de Bécancour ⁽³⁾			-	-	5,5 - 9,5 (2.h)	30 (2.i)	1500 (2.i)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 1 (5.j) ≤ 1 (5.k)
Critères de rejet des effluents ^(m)	Réservoirs de stockage d'eau radioactive	-	-	5,5 - 9,5	-	-	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	a.v.	-	a.v.	a.v.	a.v.
	Eau sanitaire	a.v.	a.v.	-	-	-	<30	>2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Eaux pluviales	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	-	a.v.	-	a.v.	-	-	-	-	-
	Eau brute de refroidissement	-	-	5,5 - 9,5	a.v.	-	-	-	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	≤ 1 (j) ≤ 1 (k)
	Élimination de la neige	-	-	-	≤30	≤860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fév-20	[9]	-	-	-	7,86	-	-	-	-	97	<5	130	-	6,9	68	<1	-
Réservoirs de stockage d'eau radioactive ^(a)	Mar-20	[9]	-	-	-	8,3	-	-	-	-	140	<5	140	-	7,1	87	<1	-
	Avr-20	[9]	-	-	-	8,01	-	-	-	-	98	<5	49	-	4,6	35	<1	-
	Mai-20	[9]	-	-	-	8,09	-	-	-	-	42	<5	31	-	2,1	23	<1	-
	Juin-20	[9]	-	-	-	7,7	-	-	-	-	35	<5	55	-	2,3	26	<1	-
	Jui-20	[9]	-	-	-	7,02	-	-	-	-	38	<5	84	-	2,9	87	<1	-
	Août-20	[9]	-	-	-	7,32	-	-	-	-	44	<5	21	-	0,56	16	<1	-
	Sep-20	[9]	-	-	-	7,66	-	-	-	-	67	<5	87	-	6	54	<1	-
	Oct-20	[11]	-	-	-	n.d.	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	<1	-
	Nov-20	[11]	-	-	-	7,91	-	-	-	-	82	<0,005	160	-	2,8	110	<1	-
	Déc-20	[11]	-	-	-	8,24	-	-	-	-	48	<0,005	72	-	1,3	32	<1	-
	Jan-21	[11]	-	-	-	n.d.	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	-
	Fév-21	[11]	-	-	-	n.d.	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	-
	Mar-21	[11]	-	-	-	n.d.	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	-
Eau usée sanitaire ^(a)	Année 2015	[2]	-	-	-	-	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	-
	Année 2016	[3]	-	-	-	-	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	-
	Année 2017	[4]	-	-	-	-	-	-	-	-	<2 - 14	1,1 - 14,4	-	-	-	-	-	-
	Année 2018	[5]	-	-	-	-	-	-	-	-	<2 - 16	3,6 - 13,7	-	-	-	-	-	-
	Oct-18	[8]	-	0,24	-	-	-	-	-	-	3	4,9	-	-	-	-	-	-
	Nov-18	[8]	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	3	8,1	-	-	-	-	-	-
	Déc-18	[8]	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	<2	11,4	-	-	-	-	-	-
	Jan-19	[8]	1,61	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	5	13,8	-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	5	10,4	-	-	-	-	-	-

Localisation	Date de l'échantillon na gée	Sourc e	Ammoniac-N total (NH ₃)	Total P	Demande chimique en oxygène totale (DCO)	pH	TSS	Chlorure (Cl ⁻)	Demande biologique en oxygène (DBO)	Oxygène dissous (DO)	Total Al	Total Cr	Total Cu	Total Fe	Total Pb	Total Zn	Toxicité algue	Toxicité chronique
Valeur algue finale à l'effluent du MELCC - VAF(e) ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeurs de toxicité pour la vie aquatique du MELCC ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Normes de la ville de Bécancour ⁽³⁾	-	-	-	-	5,5 - 9,5 (2 h)	30 (2,i)	1500 (2,i)	-	-	-	1000 (2,i)	17 000 (2,i)	1000 (2,i)	1000 (2,i)	-	-	-	-
Critères de rejet des effluents ^(m)	Réservoirs de stockage d'eau radioactive	-	-	-	5,5 - 9,5	-	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
	Eau sanitaire	a.v.	a.v.	-	-	-	-	-	<30	>2	-	-	-	-	-	-	-	-
	Eaux pluviales	-	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	a.v.	a.v.	-	-	a.v.	a.v.	-	-
	Eau brute de refroidissement	-	-	-	5,5 - 9,5	a.v.	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	a.v.	a.v.	-	-
	Élimination de la neige	-	-	-	-	-	≤860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fév-19	[8]	0,17	0,22	n.d.	-	-	-	-	-	4	9,5	-	-	-	-	-	-	-
Mar-19	[8]	0,17	0,13	n.d.	-	-	-	-	-	4	5	-	-	-	-	-	-	-
Avr-19	[8]	0,17	0,2	36	-	-	-	-	-	4	3,1	-	-	-	-	-	-	-
Mai-19	[8]	0,18	0,24	29	-	-	-	-	-	<2	0,7	-	-	-	-	-	-	-
Juin-19	[8]	0,11	0,25	28	-	-	-	-	-	3	1,71	-	-	-	-	-	-	-
Jui-19	[9]	0,15	0,3	n.d.	-	-	-	-	-	2	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Août-19	[9]	0,18	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	2	7,4	-	-	-	-	-	-	-
Sep-19	[9]	1,73	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	3	10,2	-	-	-	-	-	-	-
Oct-19	[9]	1	n.d.	68	-	-	-	-	-	4	8,05	-	-	-	-	-	-	-
Nov-19	[9]	1,74	n.d.	51	-	-	-	-	-	5	14,1	-	-	-	-	-	-	-
Déc-19	[9]	1,37	n.d.	46	-	-	-	-	-	9	13,7	-	-	-	-	-	-	-
Jan-20	[9]	<0,05	n.d.	n.d.	-	-	-	-	-	7	11,4	-	-	-	-	-	-	-
Fév-20	[9]	<0,05	0,22	n.d.	-	-	-	-	-	5	13,98	-	-	-	-	-	-	-
Mar-20	[9]	0,39	0,25	n.d.	-	-	-	-	-	<2	3,72	-	-	-	-	-	-	-
Avr-20	[9]	0,16	0,28	36	-	-	-	-	-	3	1,9	-	-	-	-	-	-	-
Mai-20	[9]	0,13	0,29	36	-	-	-	-	-	<2	0	-	-	-	-	-	-	-
Juin-20	[9]	0,06	1,59	20	-	-	-	-	-	3	1,36	-	-	-	-	-	-	-
Jui-20	[11]	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	5,25	-	-	-	-	-	-	-
Août-20	[11]	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	12,31	-	-	-	-	-	-	-
Sep-20	[11]	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	12,81	-	-	-	-	-	-	-
Oct-20	[11]	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	6,13	-	-	-	-	-	-	-
Nov-20	[11]	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	13,8	-	-	-	-	-	-	-
Déc-20	[11]	-	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	13,22	-	-	-	-	-	-	-
Année 2015	[2]	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1160	3	-	-	-	-	-	-
Année 2016	[3]	-	-	-	-	-	-	-	-	11	246	-	-	-	<20	900	2	-

Localisation	Date de l'échantillonage	Source	Ammoniac-N total (NH ₃)	Total P	pH	TSS	Chlorure (Cl)	Demande biologique en oxygène (DBO)	Oxygène dissous (DO)	Total Al	Total Cr	Total Cu	Total Fe	Total Pb	Total Zn	Toxicité aiguë	Toxicité chronique	
Valeur aiguë finale à l'effluent du MELCC - VA(F)(^{1)(g)}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Valeurs de toxicité pour la vie aquatique du MELCC(^{2)(h)}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Normes de la ville de Bécançour (³⁾	-	-	-	5,5 - 9,5 (2,h)	30 (2,i)	1500 (2,i)	-	-	-	-	1000 (2,i)	17 000 (2,i)	1000 (2,i)	1000 (2,i)	1000 (2,i)	-	-	≤ 1 (5,j)
Critères de rejet des effluents (⁴⁾⁽ⁱ⁾	Réservoirs de stockage d'eau radioactive	-	-	5,5 - 9,5	-	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	-	-	-	-	
	Eau saitaire	a.v.	a.v.	-	-	-	-	-	<30	>2	-	-	-	-	-	-	-	
	Eaux pluviales	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	-	a.v.	-	-	-	-	-	-	
	Eau brute de refroidissement	-	-	5,5 - 9,5	a.v.	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	-	-	-	-	
	Élimination de la neige	-	-	-	≤30	≤860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 1 (k)	
	Année 2017 [4]	-	-	-	-	6	116	-	-	-	<50	-	510	<10	-	-	-	
MCH-1	Année 2018 [5]	-	-	-	-	38	130	-	-	-	<50	-	3600	<10	-	-	-	
	Année 2019 [6]	-	-	-	-	3	203	-	-	-	<5	-	270	0,59	-	-	-	
	Année 2020 [7]	-	-	-	-	5	154	-	-	-	<5	-	370	0,59	-	-	-	
	Oct-Déc 2018 [8]	-	-	-	-	108	130	-	-	-	<50	-	10 200	<10	-	-	-	
	Jan-Mar 2019 [8]	-	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	n.d.	n.d.	-	-	-	
	Avr-Juin 2019 [8]	-	-	-	-	<2	300	-	-	-	<5	-	340	0,7	-	-	-	
	Jui-Sep 2019 [8]	-	-	-	-	<2	170	-	-	-	n.d.	-	260	<0,5	-	-	-	
	Oct-Déc 2019 [9]	-	-	-	-	5	140	-	-	-	<5	-	220	<0,5	-	-	-	
	Jan-Mar 2020 [9]	-	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	n.d.	n.d.	-	-	-	
	Avr-Juin 2020 [9]	-	-	-	-	10	250	-	-	-	<5	-	270	<0,5	-	-	-	
	Jui-Sep 2020 [9]	-	-	-	-	3	130	-	-	-	<5	-	180	<0,5	-	-	-	
	Oct-Déc 2020 [11]	-	-	-	-	<2	83	-	-	-	<5	-	650	0,76	-	-	-	
Stations de drainage des eaux pluviales(⁵⁾⁽ⁱ⁾	Jai-Mar 2021 [11]	-	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	n.d.	n.d.	-	-	-	
	Année 2015 [2]	-	-	-	-	14,5	715	-	-	-	3	-	490	1	-	-	-	
	Année 2016 [3]	-	-	-	-	<2	459	-	-	-	<20	-	200	1	-	-	-	
	Année 2017 [4]	-	-	-	-	2	289	-	-	-	<50	-	230	<10	-	-	-	
	Année 2018 [5]	-	-	-	-	1	275	-	-	-	52	-	280	<10	-	-	-	
	Année 2019 [6]	-	-	-	-	<2	483	-	-	-	<5	-	110	<0,05	-	-	-	
	Année 2020 [7]	-	-	-	-	4	447	-	-	-	<5	-	130	<0,05	-	-	-	
	Oct-Déc 2018 [8]	-	-	-	-	1	335	-	-	-	<50	-	190	<10	-	-	-	
MCH-2	Jan-Mar 2019 [8]	-	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	n.d.	n.d.	-	-	-	
	Avr-Juin 2019 [8]	-	-	-	-	<2	650	-	-	-	<5	-	110	<0,5	-	-	-	
	Jui-Sep 2019 [8]	-	-	-	-	<2	370	-	-	-	<5	-	110	<0,5	-	-	-	
	Oct-Déc 2019 [9]	-	-	-	-	<2	430	-	-	-	<5	-	100	<0,5	-	-	-	

Localisation	Date de l'échantillonnage	Soucre	Ammoniac-N total (NH ₃)	Total P	Demande chimique en oxygène total (DCO)	pH	TSS	Chlorure (Cl ⁻)	Demande biologique en oxygène (DBO)	Oxygène dissous (DO)	Total Al	Total Cr	Total Cu	Total Fe	Total Pb	Total Zn	Toxicité aiguë	Toxicité chronique
Valeur aiguë finale à l'effluent du MELCC - VAF ⁽¹⁾ (g)	Unités	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	UTa	UTc
Valeurs de toxicité pour la vie aquatique du MELCC ⁽²⁾ (i)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	32(d)	28(f)	6900(e)	163(f)	240(f)	-	-	-
Normes de la ville de Bécancour ⁽³⁾		-	-	-	5,5 - 9,5 (2, h)	30 (2,i)	1500 (2,i)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 1 (5,j) ≤ 1 (5,k)
Critères de rejet des effluents ^(m)	Réseaux de stockage d'eau radioactive	-	-	5,5 - 9,5	-	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	a.v.	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
MCH-2	Eau sanitaire	a.v.	a.v.	-	-	-	<30	>2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Eaux pluviales	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	-	a.v.	-	a.v.	-	a.v.	-	-	-	-
	Eau brute de refroidissement	-	-	5,5 - 9,5	a.v.	-	-	-	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	≤ 1 (j) ≤ 1 (k)
	Élimination de la neige	-	-	-	≤30	≤860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jan-Mar 2020	[9]	-	-	-	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	-	n.d.	-	n.d.	-	-
	Apr-Juin 2020	[9]	-	-	-	6	630	-	-	-	<5	-	-	150	<0,5	-	-	-
	Jui-Sep 2020	[9]	-	-	-	4	430	-	-	-	<5	-	-	95	<0,5	-	-	-
	Oct-Déc 2020	[11]	-	-	-	<2	280	-	-	-	<5	-	-	140	<0,5	-	-	-
	Jan-Mar 2021	[11]	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
	Année 2015	[2]	-	-	-	10,2	514	-	-	-	1	-	-	830	1	-	-	-
	Année 2016	[3]	-	-	-	5,3	385	-	-	-	<20	-	-	1450	4	-	-	-
	Année 2017	[4]	-	-	-	6	308	-	-	-	<50	-	-	650	<10	-	-	-
	Année 2018	[5]	-	-	-	28	249	-	-	-	<50	-	-	3350	<10	-	-	-
	Année 2019	[6]	-	-	-	3,3	427	-	-	-	<5	-	-	630	<0,05	-	-	-
	Année 2020	[7]	-	-	-	2,2	293	-	-	-	<5	-	-	530	0,05	-	-	-
	Oct-Déc 2018	[8]	-	-	-	109	204	-	-	-	<50	-	-	9270	<10	-	-	-
	Jan-Mar 2019	[8]	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
	Apr-Juin 2019	[8]	-	-	-	<2	430	-	-	-	<5	-	-	540	<0,05	-	-	-
	Jui-Sep 2019	[8]	-	-	-	3	470	-	-	-	<5	-	-	530	<0,05	-	-	-
	Oct-Déc 2019	[9]	-	-	-	5	380	-	-	-	<5	-	-	820	<0,5	-	-	-
	Jan-Mar 2020	[9]	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
	Apr-Juin 2020	[9]	-	-	-	10	500	-	-	-	<5	-	-	550	<0,5	-	-	-
	Jui-Sep 2020	[9]	-	-	-	9	130	-	-	-	<5	-	-	250	<0,5	-	-	-
	Oct-Déc 2020	[11]	-	-	-	4	250	-	-	-	<5	-	-	800	<0,5	-	-	-
	Jan-Mar 2021	[11]	-	-	-	n.d.	n.d.	-	-	-	n.d.	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
IGDRS	Oct-18	[8]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nov-18	[8]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Déc-18	[8]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jan-19	[8]	-	-	-	-	-	-	-	-	8,07	-	-	-	-	-	-	-

Localisation	Date de l'échantillon na gée	Sourc e	Ammoniac-N total (NH ₃)	Total P	Demande chimique en oxygène totale (DCO)	pH	TSS	Chlorure (Cl ⁻)	Demande biologique en oxygène (DBO)	Oxygène dissous (DO)	Total Al	Total Cr	Total Cu	Total Fe	Total Pb	Total Zn	Toxicité aiguë	Toxicité chronique
Valeur aiguë finale à l'effluent du MELCC - VAF(e) ^(1)a)		Unités	mg/L	mg/L	mg/L	pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	UTa	UTc
Valeurs de toxicité pour la vie aquatique du MELCC ^(2)b)			-	-	-	-	-	-	-	-	32(d)	28(f)	6900(e)	163(f)	240(f)	-	-	-
Normes de la ville de Bécancour ⁽³⁾			-	-	5,5 - 9,5 (2, h)	30 (2,i)	1500 (2,i)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤ 1 (5,j) ≤ 1 (5,k)
Critères de rejet des effluents ^(m)																		
Réservoirs de stockage d'eau radioactive	Reservoirs de stockage d'eau radioactive	-	-	-	5,5 - 9,5	-	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.
	Eau sanitaire	a.v.	a.v.	-	-	-	-	-	-	<30	>2	-	-	-	-	-	-	-
	Eaux pluviales	-	-	-	-	-	-	a.v.	a.v.	-	-	a.v.	a.v.	-	-	-	-	-
	Eau brute de refroidissement	-	-	-	5,5 - 9,5	a.v.	-	-	-	-	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	a.v.	≤ 1 (j) ≤ 1 (k)
	Élimination de la neige	-	-	-	-	-	≤30	≤860	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Feb-19	[8]	-	-	-	-	7,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stations de drainage des eaux pluviales ⁽ⁿ⁾	Mar-19	[8]	-	-	-	-	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Apr-19	[8]	-	-	-	-	7,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	May-19	[8]	-	-	-	-	7,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jun-19	[8]	-	-	-	-	7,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jui-19	[8]	-	-	-	-	7,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Août-19	[8]	-	-	-	-	7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep-19	[8]	-	-	-	-	7,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Apr-20	[11]	-	-	-	-	8,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	May-20	[11]	-	-	-	-	8,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jun-20	[11]	-	-	-	-	7,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jui-20	[11]	-	-	-	-	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Août-20	[11]	-	-	-	-	6,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep-20	[11]	-	-	-	-	7,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oct-20	[11]	-	-	-	-	7,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nov-20	[11]	-	-	-	-	8,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Déc-20	[11]	-	-	-	-	8,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jan-21	[11]	-	-	-	-	7,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Feb-21	[11]	-	-	-	-	8,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mar-21	[11]	-	-	-	-	7,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Année 2015	[2]	-	-	-	-	6,21 - 7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1 - < 1	< 1 - < 1	
	Année 2016	[3]	-	-	-	-	6,83 - 8,25	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1 - < 1	< 1 - < 1	
	Année 2017	[4]	-	-	-	-	7,85 - 8,37	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1 - < 1	< 1 - < 1	
	Année 2018	[5]	-	-	-	-	7,63 - 8,05	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1 - < 1	< 1 - < 1	
	Oct-Déc 2018	[8]	-	-	-	-	8,05	15	-	-	110	<50	<5	<10	<20	n.d.	n.d.	
EBR (système d'eau de refroidissement brut) dans la zone G2(a)																		

- (e) Valeur provisoire basée sur une durée de 100 mg/L CaCO₃ selon la note (d) ci-dessus (mémorandum MELCC 2021)
- (f) Valeur basée sur une durée de 100 mg/L CaCO₃ selon la note (d) ci-dessus (mémorandum MELCC 2021)
- (g) La valeur VAFe est la concentration létale qui peut tuer 50% des organismes sensibles qui y sont exposés (LC₅₀). Ces valeurs sont utilisées parce que les valeurs de protection de la vie aquatique ne sont pas appropriées (MELCC, 2021).
- (h) Plage de pH pour les effluents dans les réseaux d'égouts unitaires et sanitaires (Ville de Béancour 2020)
- (i) Valeur des effluents dans les réseaux d'égouts pluviaux (Ville de Béancour, 2020)
- (j) l'unité de toxicité aiguë d'un effluent, définie par 100 divisé par la concentration létale pour 50% des organismes testés (100/LC₅₀). Chaque essai de toxicité doit répondre au critère de 1 UTa.
- (k) l'unité de toxicité chronique (1 UTC) est la toxicité chronique d'un effluent, définie par 100 divisé soit par la concentration sans effet observable (100%/NOEC (%/v/v)), soit par la concentration inhibitrice pour 25% des organismes testés (100%/CI25 (%/v/v)). Chaque essai de toxicité doit respecter la limite de 1 UTC à la limite de la zone allouée au mélange.
- (l) Critères de qualité de la toxicité globale pour évaluer directement la toxicité de la source de contaminants avant son mélange avec le milieu aquatique.
- (m) Critères de rejet réglementés par le MELCC comme stipulés dans les rapports annuels et semestriels

Approche de dépistage :

Ombregé et gras = Dépassement des critères de rejet des effluents du MELCC

Police ombragée et rouge = Dépassement des valeurs de VAFe ou de toxicité du MELCC

Ombré et souligné = Dépassement des normes de la ville de Béancour

Références :

- (1) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021a.Critères de qualité de l'eau de surface : Fichier de calcul des critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux [VAFe = Valeur aigue finale à l'effluent]. Consulté en ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp
- (2) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021b. Critères de qualité de l'eau de surface : Critères de qualité relatifs à la toxicité globale pour la vie aquatique. Accès : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/releats.htm
- (3) Ville de Béancour, 2020. RÈGLEMENT NUMÉRO 554 : Règlement concernant les normes d'utilisation des équipements d'aqueduc et d'égout et les normes de rejet au réseau d'égout. 1er janvier 2020. Consulté en ligne : <https://www.becancour.net/téléchargement/1442/règlement-554-aqueduc-et-égout/>

Tableau C-4 : Concentrations d'hydrocarbures pétroliers et d'hydrazine dans les effluents sur le site

Localisation	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	HP C10-C50	Hydrazine
			Unités	µg/L	mg/L
Critères de rejet des effluents(e)		Réserveoirs de stockage d'eau radioactive	≤5000	≤40	
		Eau sanitaire	Absence de film visible	-	
		Eaux pluviales	2000	-	
		Site d'élimination de la neige	3500	-	
	Année 2015	[2]	200 - 1700	< 1 - 10	
	Année 2016	[3]	100 - 4200	<0,005 - <0,005	
	Année 2017	[4]	<100 - 400	-	
	Année 2018	[5]	<100 - 1600	-	
	Oct-18	[8]	300	-	
	Nov-18	[8]	100	-	
	Déc-18	[8]	200	-	
	Jan-19	[8]	150	-	
	Fév-19	[8]	240	-	
	Mar-19	[8]	<100	-	
	Avr-19	[8]	130	-	
	Mai-19	[8]	340	-	
	Jun-19	[8]	230	-	
	Jui-19	[8]	230	-	
	Août-19	[8]	1400	-	
	Sep-19	[8]	140	-	
	Oct-19	[9]	<100	-	
	Nov-19	[9]	240	-	
	Déc-19	[9]	<100	-	
Réserveoirs de stockage d'eau radioactive ^(a)					

Localisation	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	HP C10-C50	Hydrazine
		Réservoirs de stockage d'eau radioactive	Unités	µg/L	mg/L
		Eau sanitaire	Absence de film visible	≤ 5000	≤ 40
		Eaux pluviales	2000	-	-
		Site d'élimination de la neige	3500	-	-
Jan-20	[9]	< 100	-	-	-
Fév-20	[9]	490	-	-	-
Mar-20	[9]	7700	-	-	-
Avr-20	[9]	< 100	-	-	-
Mai-20	[9]	< 100	-	-	-
Juin-20	[9]	310	-	-	-
Jui-20	[9]	380	-	-	-
Août-20	[9]	< 100	-	-	-
Sep-20	[9]	< 100	-	-	-
Oct-20	[11]	NA	-	-	-
Nov-20	[11]	< 100	-	-	-
Déc-20	[11]	< 100	-	-	-
Jan-21	[11]	n.d.	-	-	-
Fév-21	[11]	n.d.	-	-	-
Mar-21	[11]	n.d.	-	-	-
Année 2015	[2]	< 100 - 1350	-	-	-
Année 2016	[3]	< 100 - 280	-	-	-
Année 2017	[4]	< 100 - 250	-	-	-
Oct-18	[8]	169	-	-	-
Nov-18	[8]	212	-	-	-
Déc-18	[8]	< 100	-	-	-
Réservoirs de stockage d'eau radioactive ^(a)					

Localisation	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	HP C10-C50	Hydrazine
		Réservoirs de stockage d'eau radioactive	Unités	µg/L	mg/L
		Eau sanitaire	Absence de film visible	≤ 5000	≤ 40
		Eaux pluviales	2000	-	-
		Site d'élimination de la neige	3500	-	-
Jan-19	[8]	< 100	-	-	-
Fév-19	[8]	< 100	-	-	-
Mar-19	[8]	< 100	-	-	-
Avr-19	[8]	< 100	-	-	-
Mai-19	[8]	< 100	-	-	-
Juin-19	[8]	< 100	-	-	-
Jui-19	[8]	< 100	-	-	-
Août-19	[8]	< 100	-	-	-
Sep-19	[8]	< 100	-	-	-
Oct-19	[9]	< 100	-	-	-
Nov-19	[9]	< 100	-	-	-
Déc-19	[9]	< 100	-	-	-
Jan-20	[9]	< 100	-	-	-
Fév-20	[9]	< 100	-	-	-
Mar-20	[9]	< 100	-	-	-
Avr-20	[9]	< 100	-	-	-
Mai-20	[9]	< 100	-	-	-
Juin-20	[9]	< 100	-	-	-
Jui-20	[9]	< 100	-	-	-
Août-20	[9]	< 100	-	-	-
Sep-20	[9]	< 100	-	-	-

Localisation	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	HP C10-C50	Hydrazine
		Réservoirs de stockage d'eau radioactive	Unités	µg/L	mg/L
		Eau sanitaire	Absence de film visible	≤ 5000	≤ 40
Critères de rejet des effluents ^(e)		Eaux pluviales	2000	-	-
		Site d'élimination de la neige	3500	-	-
Oct-20	[11]		< 100	-	-
Nov-20	[11]		< 100	-	-
Déc-20	[11]		< 100	-	-
Jan-21	[11]		< 100	-	-
Fév-21	[11]		< 100	-	-
Mar-21	[11]		110	-	-
Année 2015	[2]		< 100	-	-
Année 2016	[3]		100	-	-
Année 2017	[4]		200	-	-
Année 2018	[5]		100	-	-
Année 2019	[6]		100	-	-
Année 2020	[7]		100	-	-
Oct-Dec 2018	[8]		200	-	-
Jan-Mar 2019	[8]		n.d.	-	-
Apr-Jun 2019	[8]		110	-	-
Jul-Sep 2019	[8]		< 100	-	-
Oct-Dec 2019	[9]		< 100	-	-
Jan-Mar 2020	[9]		n.d.	-	-
Apr-Jun 2020	[9]		< 100	-	-
Jul-Sep 2020	[9]		< 100	-	-
Oct-Dec 2020	[11]		< 100	-	-
MCH-1					

Localisation	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	HP C10-C50	Hydrazine
		Réservoirs de stockage d'eau radioactive	Unités	µg/L	mg/L
		Eau sanitaire	Absence de film visible	≤ 5000	≤ 40
		Eaux pluviales	2000	-	-
		Site d'élimination de la neige	3500	-	-
Critères de rejet des effluents ^(e)	Jan-Mar 2021	[11]	n.d.	-	-
	Année 2015	[2]	200	-	-
	Année 2016	[3]	< 100	-	-
	Année 2017	[4]	300	-	-
	Année 2018	[5]	100	-	-
	Année 2019	[6]	< 100	-	-
	Année 2020	[7]	< 100	-	-
	Oct-Dec 2018	[8]	< 100	-	-
	Jan-Mar 2019	[8]	n.d.	-	-
	Apr-Jun 2019	[8]	< 100	-	-
	Jul-Sep 2019	[8]	< 100	-	-
	Oct-Dec 2019	[9]	< 100	-	-
MCH-2	Jan-Mar 2020	[9]	n.d.	-	-
	Apr-Jun 2020	[9]	< 100	-	-
	Jul-Sep 2020	[9]	< 100	-	-
	Oct-Dec 2020	[11]	< 100	-	-
	Jan-Mar 2021	[11]	n.d.	-	-
	Année 2015	[2]	300	-	-
	Année 2016	[3]	100	-	-
	Année 2017	[4]	200	-	-
	Année 2018	[5]	< 100	-	-
MCH-3					

Localisation	ID de l'échantillon	Date de l'échantillonnage	Source	HP C10-C50	Hydrazine
		Réservoirs de stockage d'eau radioactive	Unités	µg/L	mg/L
		Eau sanitaire	Absence de film visible	≤ 5000	≤ 40
		Eaux pluviales	2000	-	-
		Site d'élimination de la neige	3500	-	-
Critères de rejet des effluents ^(e)	Année 2019	[6]	< 100	-	-
	Oct-Dec 2018	[8]	< 100	-	-
	Jan-Mar 2019	[8]	n.d.	-	-
	Apr-Jun 2019	[8]	< 100	-	-
	Jul-Sep 2019	[8]	< 100	-	-
	Oct-Dec 2019	[9]	< 100	-	-
	Jan-Mar 2020	[9]	n.d.	-	-
	Apr-Jun 2020	[9]	< 100	-	-
	Jul-Sep 2020	[9]	< 100	-	-
	Oct-Dec 2020	[11]	< 100	-	-
	Jan-Mar 2021	[11]	n.d.	-	-
	Année 2015	[2]	600	-	-
	Année 2016	[3]	5000 ^(d)	-	-
Site d'élimination de la neige ^(c)					

Notes

µg/L = microgrammes par litre

mg/L = milligrammes par litre

< = inférieur à la limite de détection rapportée (LDR)

MCH = station de drainage des eaux pluviales

n.d. = non disponible

HP = hydrocarbure pétrolier

(a) Fourchette (du minimum au maximum) mesurée en 2015

(b) Concentration moyenne mesurée

(c) Concentration maximale mesurée à la chambre de contrôle de la vanne guillotine située à l'ouest du site d'élimination de la neige

- (d) Ce chiffre est présenté dans le rapport # [3] comme total des huiles et graisses
(e) Critères de rejet réglementés par le MELCC comme stipulés dans les rapports annuels et trimestriels

Critères de dépistage :

Ombrage et gras = Dépassement des critères de rejet des effluents du MELCC

Références :

- (1) Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre les Changements Climatiques, 2021. Critères de qualité de l'eau de surface (PROTECTION DE LA VIE AQUATIQUE (EFFET CHRONIQUE) : hydrocarbures pétroliers C10 à C50 ; huiles et graisses minérales. Consulté en ligne : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0289
- (2) Ville de Bécancour, 2020. RÈGLEMENT NUMÉRO 554 : Règlement concernant les normes d'utilisation des constructions et l'entretien des équipements d'aqueduc et d'égout ainsi que les normes de rejet au réseau d'égout. 1er janvier 2020. Consulté en ligne : <https://www.becancour.net/telechargement/1442/reglement-554-aqueduc-et-egout/>

C.2 RÉFÉRENCES

- [1] [REDACTED] "Rapport-lettre des travaux de caractérisation environnementale suite au déversement accidentel du réservoir du bâtiment ESR de la Centrale Gentilly 2.," septembre 2014.
- [2] Hydro-Québec Production, "Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2015," Rapport technique G2-RT-2016-00518-004, Version finale, avril 2016.
- [3] Hydro-Québec Production, "Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2016," Rapport technique G2-RT-2017-00518-002, Version finale, avril 2017.
- [4] Hydro-Québec Production, "Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2017," Rapport technique G2-2018-00518-002, Version finale, avril 2018.
- [5] Hydro-Québec Production, "Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2018," Rapport technique G2-RT-2019-00518-001, Version finale, avril 2019.
- [6] Hydro-Québec, "Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2019," Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, avril 2020.
- [7] Hydro-Québec, "Résultats de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2020," Rapport technique G2-RT-2021-00518-001, Version finale, avril 2021.
- [8] Hydro-Québec, "Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2. Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril à septembre 2019," Version finale, décembre 2019.
- [9] Hydro-Québec, "Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: avril 2020 à septembre 2020," Version finale, décembre 2020.
- [10] Hydro-Québec, "Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriété d'Hydro-Québec. Semestre: octobre 2019 à mars 2020," Version finale, juin 2020.
- [11] Hydro-Québec, "Rapport du Plan de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2, Propriete d'Hydro-Québec. Semestre: octobre 2020 a mars 2021. Version finale.," juin 2021.
- [12] T. Roselli and M. Z'Graggen, "2021 Groundwater Sampling Results - Hydro Quebec: Gentilly 2 Facility (Draft)," 2021.

ANNEXE D. DOSE DE RAYONNEMENT POUR LE BIOTE NON HUMAIN

Les tableaux de cette annexe contiennent toutes les données quantitatives utilisées pour calculer la dose interne et externe pour chaque biote non humain représentatif considéré dans cette évaluation.

L'outil ERICA, un outil accepté par l'industrie pour l'EREco radiologique, a été utilisé pour calculer la dose au biote non humain. L'outil ERICA spécifie les coefficients de dose (CD), rapports de concentration (RC), et coefficients de partage (K_d) pour le biote terrestre et aquatique. Cependant, pour le carbone (C) dans le biote aquatique, le modèle d'activité spécifique recommandé dans la norme CSA N288,1-14 (R2019) est utilisé pour calculer les rapports de concentration.

L'utilisation de RC dérivés empiriquement incorpore implicitement toutes les voies d'exposition interne puisqu'il s'agit du rapport entre la concentration mesurée dans les tissus du corps entier et la concentration dans le sol ou l'air. Les concentrations sont supposées à l'équilibre pour tous les milieux environnementaux.

Tableau D-1 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose à l'arbre

Organisme de référence	Arbre					
Catégorie	Terrestre					
Localisation	ASDR					
Radionucléide						
H-3	C-14					
Co-60 (bêta total)	Total					
Unités						
Source d'information						
CDint_lowbeta	2,48E-06	2,90E-07	0,00E+00	µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA	
CDint_normalbeta	8,25E-07	2,87E-05	7,30E-04	µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA	
C_t	3,67E+03	8,12E+02	1,12E-01	Bq/kg(pf) de tissus	Calculé	
$RC_{t,s}$	1,50E+02	1,30E+03	5,43E-03	Bq/kg(pf) de tissu par Bq/kg de sol OU par Bq/m ³ d'air (H-3 et C-14)	Outil ERICA	
D_{int}	3,03E-02	2,40E-02	8,17E-05	5,44E-02	µGy/h	Calculé
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h par Bq/kg dans le sol	Outil ERICA	
CDexts_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h par Bq/kg dans le sol	Outil ERICA	
FO_s	0	0	0	sans unité	Outil ERICA	
C_s	0,00E+00	0,00E+00	2,06E+01	Bq/kg(ps) de sol	IMPACT	
D_{exts}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h	Calculé
CDextss_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h par Bq/kg de surface du sol	Outil ERICA	
CDextss_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	3,90E-04	µGy/h par Bq/kg de surface du sol	Outil ERICA	
FO_{ss}	1	1	1	sans unité	Outil ERICA	
C_{ss}	0	0	2,06E+01	Bq/kg(ps) de sol	IMPACT	
D_{ext,ss}	0,00E+00	0,00E+00	8,04E-03	8,04E-03	µGy/h	Calculé
CDext,a_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h par Bq/m ³	Outil ERICA	
CDext,a_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h par Bq/m ³	Outil ERICA	
FO_a	0	0	0	sans unité	Outil ERICA	
C_a	2,45E+01	6,25E-01	8,49E-04	Bq/m ³ air	Surveillance de l'environnement	
D_a	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h	Calculé
D_{total}	3,03E-02	2,40E-02	8,12E-03	6,24E-02	µGy/h	Calculé

Tableau D-2 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour les graminées et herbes

Organisme de référence	Graminées et herbes				Source d'information
Catégorie	Terrestre				Outil ERICA
Localisation	ASDR				Outil ERICA
Radionucléide	H-3	C-14	Co-60 (bêta total)	Total	Unités
CDint_lowbeta	2,48E-06	2,80E-07	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus
CDint_normalbeta	8,25E-07	2,77E-05	7,40E-05		µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus
C _t	3,67E+03	5,56E+02	3,98E-01		Bq/kg(pf) de tissus
RC _{t,s}	1,50E+02	8,90E+02	1,93E-02		Bq/kg(pf) de tissus par Bq/kg de sol OU par Bq/m ³ d'air (H-3 et C-14)
D_{int}	3,03E-02	1,59E-02	2,94E-05	4,62E-02	µGy/h
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg dans le sol
CDexts_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg dans le sol
F _{O_s}	0	0	0		sans unité
C _s	0	0	2,06E+01		Bq/kg(ps) de sol
D_{ext,s}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h
CDextss_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg de surface du sol
CDextss_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	4,80E-04		µGy/h par Bq/kg de surface du sol
F _{O_{ss}}	1	1	1		sans unité
C _{ss}	0	0	2,06E+01		Bq/kg(ps) de sol
D_{ext, ss}	0,00E+00	0,00E+00	9,90E-03	9,90E-03	µGy/h
CDexta_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/m ³
CDexta_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/m ³
F _{O_a}	0	0	0		sans unité
C _a	2,45E+01	6,25E-01	8,49E-04		Bq/m ³ air
D_{ext,a}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h
D_{total}	3,03E-02	1,59E-02	9,93E-03	5,61E-02	µGy/h

Tableau D-3 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour le petit mammifère

Organisme de référence	Petit mammifère				Source d'information
Catégorie	Terrestre				Outil ERICA
Localisation	ASDR				Outil ERICA
Radionucléide		H-3	C-14	Co-60 (bêta total)	Total
CDint_lowbeta	2,48E-06	2,90E-07	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}) \text{ de tissus})$
CDint_normalbeta	8,25E-07	2,87E-05	1,70E-04		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}) \text{ de tissus})$
C_t	3,67E+03	8,37E+02	3,94E+00		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}) \text{ de tissus})$
$RC_{t,s}$	1,50E+02	1,34E+03	1,91E-01		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}) \text{ de tissus par } \text{Bq}/\text{kg} \text{ de sol OU par } \text{Bq}/\text{m}^3 \text{ d'air (H-3 et C-14)})$
D_{int}	3,03E-02	2,48E-02	6,69E-04	5,57E-02	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg dans le sol})$
CDexts_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-03		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg dans le sol})$
FO_s	1	1	1		sans unité
C_s	0	0	2,06E+01		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{ps}) \text{ de sol})$
D_{ext,s}	0,00E+00	0,00E+00	2,47E-02	2,47E-02	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
CDextss_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg de surface du sol})$
CDextss_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	4,80E-04		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg de surface du sol})$
FO_{ss}	0	0	0		sans unité
C_{ss}	0	0	2,06E+01		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{ps}) \text{ de sol})$
$D_{ext,ss}$	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
CDexta_lowbeta					$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/m^3
CDexta_normalbeta					$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/m^3
FO_a	0	0	0		sans unité
C_a	2,45E+01	6,25E-01	8,49E-04		$\text{Bq}/\text{m}^3 \text{ air}$
D_{ext,a}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
D_{total}	3,03E-02	2,48E-02	2,54E-02	8,04E-02	$\mu\text{Gy}/\text{h}$

Tableau D-4 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour le grand mammifère

Organisme de référence	Grand mammifère				Source d'information
Catégorie	Terrestre				Outil ERICA
Localisation	ASDR				Outil ERICA
Radionucléide	H-3	C-14	Co-60 (bêta total)	Total	Unités
CDint_lowbeta	2,48E-06	2,90E-07	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus
CDint_normalbeta	8,25E-07	2,87E-05	8,50E-04		µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus
C _t	3,67E+03	8,37E+02	3,94E+00		Bq/kg(pf) de tissus
RC _{t,s}	1,50E+02	1,34E+03	1,91E-01		Bq/kg(pf) de tissus par Bq/kg de sol OU par Bq/m ³ d'air (H-3 et C-14)
D_{int}	3,03E-02	2,48E-02	3,35E-03	5,84E-02	µGy/h
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg dans le sol
CDexts_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg dans le sol
F _{O_s}	0	0	0		sans unité
C _s	0	0	2,06E+01		Bq/kg(ps) de sol
D_{ext,s}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h
CDextss_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg de surface du sol
CDextss_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	2,60E-04		µGy/h par Bq/kg de surface du sol
F _{O_{ss}}	1	1	1		sans unité
C _{ss}	0	0	2,06E+01		Bq/kg(ps) de sol
D_{ext, ss}	0,00E+00	0,00E+00	5,36E-03	5,36E-03	µGy/h
CDexta_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/m ³
CDexta_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/m ³
F _{O_a}	0	0	0		sans unité
C _a	2,45E+01	6,25E-01	8,49E-04		Bq/m ³ air
D_{ext,a}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h
D_{total}	3,03E-02	2,48E-02	8,71E-03	6,37E-02	µGy/h

Tableau D-5 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose à l'oiseau

Organisme de référence	Oiseau				Source d'information
Catégorie	Terrestre				
Localisation	ASDR				
Radionucléide		H-3	C-14	Co-60 (bêta total)	Total
CDint_lowbeta	2,48E-06	2,90E-07	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}))$ de tissus
CDint_normalbeta	8,25E-07	2,87E-05	2,40E-04		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}))$ de tissus
C_t	3,67E+03	8,37E+02	2,67E-01		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}))$ de tissus
$RC_{t,s}$	1,50E+02	1,34E+03	1,30E-02		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{pf}))$ de tissus par Bq/kg de sol OU par Bq/m^3 d'air (H-3 et C-14)
D_{int}	3,03E-02	2,48E-02	6,42E-05	5,51E-02	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
CDexts_lowbeta					$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/kg dans le sol
CDexts_normalbeta					$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/kg dans le sol
F_{O_s}	0	0	0		sans unité
C_s	0	0	2,06E+01		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{ps}))$ de sol
D_{ext,s}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
CDextss_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/kg de surface du sol
CDextss_normalbeta	0,00E+00	0,00E+00	4,90E-04		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/kg de surface du sol
$F_{O_{ss}}$	1	1	1		sans unité
C_{ss}	0	0	2,06E+01		$\text{Bq}/(\text{kg}(\text{ps}))$ de sol
D_{ext,ss}	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-02	1,01E-02	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
CDexta_lowbeta	0	0	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/m^3
CDexta_normalbeta	0	0	4,30E-04		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par Bq/m^3
F_{O_a}	0	0	0		sans unité
C_a	2,45E+01	6,25E-01	8,49E-04		Bq/m^3 air
D_{ext,a}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$
D_{total}	3,03E-02	2,48E-02	1,02E-02	6,52E-02	$\mu\text{Gy}/\text{h}$

Tableau D-6 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour l'amphibien

Organisme de référence	Amphibien					
Catégorie	Terrestre					
Localisation	ASDR					
Radionucléide	H-3	C-14	Co-60 (bêta total)	Total	Unités	Source d'information
CD _{int_lowbeta}	2,48E-06	2,80E-07	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
CD _{int_normalbeta}	8,25E-07	2,77E-05	1,10E-04		µGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
C _t	3,67E+03	8,37E+02	3,94E+00		Bq/kg(pf) de tissus	Calculé
RC _{ts}	1,50E+02	1,34E+03	1,91E-01		Bq/kg(pf) de tissus par Bq/kg de sol OU par Bq/m ³ d'air (H-3 et C-14)	Outil ERICA
D_{int}	3,03E-02	2,34E-02	4,33E-04	5,41E-02	µGy/h	Calculé
CD _{ext,s_lowbeta}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg dans le sol	Outil ERICA
CD _{ext,s_normalbeta}	0,00E+00	0,00E+00	1,30E-03		µGy/h par Bq/kg dans le sol	Outil ERICA
FO _s	1	1	1		sans unité	Outil ERICA
C _s	0	0	2,06E+01		Bq/kg(ps) de sol	IMPACT
D_{ext,s}	0,00E+00	0,00E+00	2,68E-02	2,68E-02	µGy/h	Calculé
CD _{ext,ss_lowbeta}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		µGy/h par Bq/kg de surface du sol	Outil ERICA
CD _{ext,ss_normalbeta}	0,00E+00	0,00E+00	4,90E-04		µGy/h par Bq/kg de surface du sol	Outil ERICA
FO _{ss}	0	0	0		sans unité	Outil ERICA
C _{ss}	0	0	2,06E+01		Bq/kg(ps) de sol	IMPACT
D_{ext,ss}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h	Calculé
CD _{ext,a_lowbeta}					µGy/h par Bq/m ³	Outil ERICA
CD _{ext,a_normalbeta}					µGy/h par Bq/m ³	Outil ERICA
FO _a	0	0	0		sans unité	Outil ERICA
C _a	2,45E+01	6,25E-01	8,49E-04		Bq/m ³ air	Surveillance de l'environnement
D_{ext,a}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h	Calculé
D_{total}	3,03E-02	2,34E-02	0,00E+00	2,72E-02	8,09E-02	1,15E-01

Tableau D-7 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour le mammifère aquatique

Organisme de référence	Mammifère aquatique						Source d'information
Catégorie	Aquatique						
Localisation	Canal de rejet						
Radionucléide	C-14	Co-60	Cs-137	H-3	U-235	U-238	Total
							Unités
CDInt_lowbeta	2,90E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,48E-06	0,00E+00	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus
CDInt_normalbeta	2,87E-05	3,30E-04	2,10E-04	8,25E-07	1,35E-04	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus
CDInt_alpha	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,54E-03	2,40E-03	$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus
C _t	3,14E+05	2,00E+01	3,93E+00	1,40E+04	7,09E-01	1,72E+01	Bq/kg fpf
RC _{Cs}	5,72E+03	2,31E+02	2,27E+03	1,00E+00	1,16E+02	1,16E+02	Bq/kg de tissus par Bq/kg de sédiment OU par Bq/L d'eau
D_{int}	9,29E+00	6,60E-03	8,26E-04	1,15E-01	1,81E-02	4,13E-01	9,84E+00
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus
CDexts_normalbeta	1,20E-08	1,20E-03	2,60E-04	2,80E-13	7,20E-05	6,60E-08	$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus
K _d	5,00E+01	1,11E+05	1,40E+05	1,00E+00	2,87E+02	2,87E+02	L/kg
F _{O_w}	1	1	1	1	1	1	Sans unité
F _{O_{vs}}	0	0	0	0	0	0	Sans unité
F _{O_{ss}}	0	0	0	0	0	0	Sans unité
C _w	5,49E+01	8,64E-02	1,74E-03	1,40E+04	6,10E-03	1,48E-01	Bq/L
Dext_water	6,59E-07	1,04E-04	4,51E-07	3,92E-09	4,39E-07	9,78E-09	1,05E-04
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus
CDexts_normalbeta	1,20E-08	1,20E-03	2,60E-04	2,80E-13	7,20E-05	6,60E-08	$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus
F _{O_s}	0	0	0	0	0	0	Sans unité

	FO _{ss}	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA
C _s		9,60E+03	2,43E+02		1,75E+00	4,25E+01		Bq/kg	PSRE
Dext sédiment	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	μGy/h	Calculé
D _{tot}	9,29E+00	6,70E-03	8,26E-04	1,15E-01	1,81E-02	4,13E-01	9,84E+00	μGy/h	Calculé

Notes : Les cellules ombragées en gris sont sans objet, PSRE = Plan de surveillance radiologique de l'environnement, RC_{ts} pour le C-14 basé sur le modèle d'activité spécifique N288,1 au lieu d'ERICA,

Tableau D-8 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose aux plantes d'eau douce

Organisme de référence	Plantes d'eau douce	Source d'information							
Catégorie	Aquatique								
Localisation	Canal de rejet								
Radionucléide	C-14	Co-60	Cs-137	H-3	U-235	U-238	Total	Unités	Source d'information
CD _{int_lowbeta}	2,70E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,48E-06	0,00E+00	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus	Outil ERICA
CD _{int_normalbeta}	2,67E-05	5,20E-05	9,80E-05	8,25E-07	1,08E-04	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus	Outil ERICA
CD _{int_alpha}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,59E-03	2,40E-03		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus	Outil ERICA
C _t	3,33E+04	2,41E+02	2,47E+01	1,40E+04	2,26E+00	5,49E+01		$\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$	Calculé ou EM
RC _{t,s}	8,80E+03	9,28E+02	3,59E+02	1,00E+00	3,71E+02	3,71E+02		Bq/kg de tissus par Bq/L d'eau	Outil ERICA
D_{int}	9,17E-01	1,25E-02	2,42E-03	1,15E-01	5,89E-02	5,86E-02	1,16E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$	Calculé
CD _{ext,s_lowbeta}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,36E-10	0,00E+00	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus	Outil ERICA
CD _{ext,s_normalbeta}	1,10E-06	1,40E-03	3,70E-04	8,64E-10	1,10E-04	7,20E-07		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus	Outil ERICA
K _d	5,00E+01	1,11E+05	1,40E+05	1,00E+00	2,87E+02	2,87E+02		L/kg	Outil ERICA ou N288,1 (R2019)
FO _w	0	0	0	0	0	0		Sans unité	Outil ERICA
FO _{ws}	0	0	0	0	0	0		Sans unité	Outil ERICA
FO _{ss}	1	1	1	1	1	1		Sans unité	Outil ERICA
C _w	5,49E+01	8,64E-02	1,74E-03	1,40E+04	6,10E-03	1,48E-01		Bq/L	Calculé ou PSRE
D _{ext_water}	3,02E-05	6,05E-05	3,21E-07	6,04E-06	3,36E-07	5,33E-08	9,74E-05	$\mu\text{Gy}/\text{h}$	Calculé
CD _{ext,s_lowbeta}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,36E-10	0,00E+00	0,00E+00		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus	Outil ERICA
CD _{ext,s_normalbeta}	1,10E-06	1,40E-03	3,70E-04	8,64E-10	1,10E-04	7,20E-07		$\mu\text{Gy}/\text{h}$ par $\text{Bq}/\text{kg}(\text{pf})$ de tissus	Outil ERICA
FO _s	0	0	0	0	0	0		Sans unité	Outil ERICA

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

Rapport HYDROQ-0013-01-12

	FO _{ss}	1	1	1	1	1	1	Sans unité	Outil ERICA
C _s		9,60E+03	2,43E+02		1,75E+00	4,25E+01		Bq/kg	PSRE
Dext sédiment	0,00E+00	6,72E+00	4,50E-02	0,00E+00	9,63E-05	1,53E-05	6,77E+00	µGy/h	Calculé
D _{total}	9,17E-01	6,73E+00	-4,74E-02	1,15E-01	5,90E-02	5,86E-02	7,93E+00	µGy/h	Calculé

Notes : Les cellules ombragées en gris sont sans objet, PSRE = Plan de surveillance radiologique de l'environnement, C_t pour C-14, Co-60 et Cs-137 basé sur des mesures,

Tableau D-9 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour les invertébrés d'eau douce

Organisme de référence	Invertébrés d'eau douce	Source d'information
Catégorie	Aquatique	Outil ERICA
Localisation	Canal de rejet	
Radionucléide		
C-14	Co-60	
CDint_lowbeta	2,70E-07	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
CDint_normalbeta	2,67E-05	4,80E-05
	7,60E-05	8,25E-05
CDint_alpha	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
C _t	1,86E+05	1,60E+02
	1,56E-01	1,40E+04
RC _{t,s}	3,38E+03	1,85E+03
	8,97E+01	1,00E+00
D_{int}	5,11E+00	7,68E-03
		1,18E-05
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	2,60E-12
CDexts_normalbeta	1,30E-06	1,50E-03
	3,90E-04	1,27E-10
K _d	5,00E+01	1,11E+05
	1,40E+05	1,00E+00
FO _w	1	1
	0	0
FO _{ws}	0	0
	0	0
FO _{ss}	5,49E+01	8,64E-02
	1,74E-03	1,40E+04
C _w	7,14E-05	1,30E-04
		6,77E-07
Dext_water		
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	2,60E-12
CDexts_normalbeta	1,30E-06	1,50E-03
	3,90E-04	1,27E-10
FO _s	0	0
	0	0

	$F_{O_{ss}}$	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA
C_s		9,60E+03	2,43E+02		1,75E+00	4,25E+01		Bq/kg	EM
Dext sédiment	0,00E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$	Calculé						
D_{total}	5,11E+00	7,81E-03	1,25E-05	1,15E-01	3,18E-02	3,16E-02	5,30E+00	$\mu\text{Gy}/\text{h}$	Calculé

Notes : Les cellules ombragées en gris sont sans objet, EM = Surveillance de l'environnement, $R_{C_{ts}}$ pour le C-14 basé sur le modèle d'activité spécifique N288,1 au lieu d'ERICA.

Tableau D-10 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose aux larves d'insectes

Organisme de référence	Larves d'insectes	Source d'information
Catégorie	Aquatique	Outil ERICA
Localisation	Canal de rejet	Outil ERICA
Radionucléide		
C-14	Co-60	
	Cs-137	
	H-3	
	U-235	
	U-238	
	Total	
	Unités	
CDint_lowbeta	2,80E-07	0,00E+00
	0,00E+00	2,48E-06
	0,00E+00	0,00E+00
CDint_normalbeta	2,77E-05	5,20E-05
	9,80E-05	8,25E-07
	0,00E+00	1,08E-04
CDint_alpha	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
C_t	1,86E+05	1,60E+02
	3,45E+00	1,40E+04
RC_{ts}	3,38E+03	1,85E+03
	1,99E+03	1,00E+00
D_{int}	5,30E+00	8,32E-03
		3,38E-04
		1,15E-01
		3,18E-02
		3,16E-02
		5,49E+00
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
CDexts_normalbeta	8,20E-07	1,40E-03
	3,70E-04	2,40E-13
K_d	5,00E+01	1,11E+05
	1,40E+05	1,00E+00
FO_w	0	0
	0	0
FO_{ws}	0	0
	0	0
FO_{ss}	0	0
	0	0
C_w	5,49E+01	8,64E-02
	1,74E-03	1,40E+04
Dext water	0,00E+00	0,00E+00
		0,00E+00
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
CDexts_normalbeta	8,20E-07	1,40E-03
	3,70E-04	2,40E-13
FO_s	1	1
	1	1

	$F_{O_{ss}}$	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA
C_s		9,60E+03	2,43E+02		1,75E+00	4,25E+01		Bq/kg	EM
Dext sédiment	0,00E+00	1,34E+01	9,00E-02	0,00E+00	1,93E-04	3,06E-05	1,35E+01	$\mu\text{Gy}/\text{h}$	Calculé
D_{total}	5,30E+00	1,34E+01	9,03E-02	1,15E-02	3,20E-02	3,17E-02	1,90E+01	$\mu\text{Gy}/\text{h}$	Calculé

Notes : Les cellules ombragées en gris sont sans objet, EM = Surveillance de l'environnement, RC_{ts} pour le C-14 basé sur le modèle d'activité spécifique N288, 1 pour les mollusques comme substitut des larves d'insectes, au lieu d'ERICA.

Tableau D-11 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose pour les poissons benthiques

Organisme de référence	Poissons benthiques	Source d'information
Catégorie	Aquatique	Outil ERICA
Localisation	Canal de rejet	
Radionucléide		
Cs-137	Cs-137	HTO
C-14	C-60	OBT
CDint_lowbeta	2,90E-07	0,00E+00
	0,00E+00	2,48E-06
	0,00E+00	0,00E+00
CDint_normalbeta	2,87E-05	2,30E-04
	1,90E-04	8,25E-07
	0,00E+00	0,00E+00
CDint_alpha	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
C_t	1,33E+03	2,00E+01
	1,03E+00	1,18E+03
	2,00E+01	2,21E+02
RC_{ts}	1,80E+05	2,31E+02
	3,37E+03	1,00E+00
	5/0	7,24E+01
D_{int}	3,93E-02	4,60E-03
		1,95E-04
		9,77E-03
		1,82E-03
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
CDexts_normalbeta	1,70E-08	1,30E-03
	2,80E-04	3,70E-13
	3,70E-13	3,70E-13
K_d	5,00E+01	1,11E+05
	1,40E+05	1,00E+00
	1,00E+00	2,87E+02
FO_w	0	0
	0	0
FO_{ws}	0	0
	0	0
FO_{ss}	1	1
	1	1
C_w	5,49E+01	8,64E-02
	1,74E-03	1,40E+04
	0,00E+00	6,10E-03
Dext_water	4,67E-07	5,62E-05
		2,43E-07
		2,59E-09
		0,00E+00
CDexts_lowbeta	0,00E+00	0,00E+00
	0,00E+00	0,00E+00
CDexts_normalbeta	1,80E-08	1,30E-03
	2,90E-04	3,60E-13
FO_s	0	0
	0	0

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

Rapport HYDROQ-0013-01-12

	FO _{ss}	0	0	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA
C _s		9,60E+03	2,43E+02			1,75E+00	4,25E+01			Bq/kg	EM
Dext sédiment	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h	Calculé
D_{total}	3,93E-02	4,65E-03	1,95E-04	9,77E-03	1,82E-03	1,14E-02	2,57E-01	3,25E-01	3,25E-01	µGy/h	Calculé

Notes : Les cellules ombragées en gris sont sans objet, EM = Surveillance de l'environnement, C pour C-14, Co-60, Cs-137 et H-3 basé sur des mesures,

Tableau D-12 : Calculs utilisés pour déterminer le débit de dose aux poissons pélagiques

Organisme de référence	Poissons pélagiques	Source d'information							
Catégorie	Aquatique	Outil ERICA							
Localisation	Canal de rejet								
Radionucléide									
C_t-14	C_o-60	Cs-137	HTO	OBT	U-235	U-238	Total	Unités	
CD _{int_lowbeta}	2,90E-07	0,00E+00	0,00E+00	2,48E-06	2,48E-06	0,00E+00	0,00E+00	μGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
CD _{int_normalbeta}	2,87E-05	2,10E-04	1,80E-04	8,25E-07	8,25E-07	1,35E-04	0,00E+00	μGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
CD _{int_alpha}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,57E-03	2,40E-03	μGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
C _t	6,27E+03	2,00E+01	1,38E+00	1,86E+03	3,47E+02	4,42E-01	1,07E+01	Bq/kg(pf)	Calculé/EM
RC _{t,s}	1,80E+05	2,31E+02	3,37E+03	1,00E+00	s/o	7,24E+01	7,24E+01	Bq/kg de tissus par Bq/kg de sédiment OU par Bq/L d'eau	Outil ERICA
D_{int}	1,86E-01	4,20E-03	2,48E-04	1,53E-02	2,86E-03	1,14E-02	2,57E-01	4,77E-01	μGy/h
CD _{ext,s_lowbeta}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	μGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
CD _{ext,s_normalbeta}	1,80E-08	1,30E-03	2,90E-04	3,60E-13	3,60E-13	8,30E-05	1,00E-07	μGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA ou N288.1 (R2019)
K _d	5,00E+01	1,11E+05	1,40E+05	1,00E+00	1,00E+00	2,87E+02	2,87E+02	l/kg	Outil ERICA ou N288.1 (R2019)
FO _w	1	1	1	1	1	1	1	Sans unité	Outil ERICA
FO _{ws}	0	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA
FO _{ss}	0	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA
C _w	5,49E+01	8,64E-02	1,74E-03	1,40E+04	0,00E+00	6,10E-03	1,48E-01	Bq/L	Calculé/EM
D _{ext_water}	9,88E-07	1,12E-04	5,03E-07	5,04E-09	0,00E+00	5,06E-07	1,48E-08	1,14E-04	μGy/h
CD _{ext,s_lowbeta}	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	μGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
CD _{ext,s_normalbeta}	1,80E-08	1,30E-03	2,90E-04	3,60E-13	3,60E-13	8,30E-05	1,00E-07	μGy/h par Bq/kg(pf) de tissus	Outil ERICA
FO _s	0	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA

Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2

Rapport HYDROQ-0013-01-12

	FO _{ss}	0	0	0	0	0	0	0	0	Sans unité	Outil ERICA
C _s		9,60E+03	2,43E+02			1,75E+00	4,25E+01			Bq/kg	EM
Dext sédiment	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	µGy/h	Calculé
D_{total}	1,86E-01	4,31E-03	2,48E-04	1,53E-02	2,86E-03	1,14E-02	2,57E-01	4,77E-01	4,77E-01	µGy/h	Calculé

Notes : Les cellules ombragées en gris sont sans objet, EM = Surveillance de l'environnement, Ct pour C-14, Co-60, Cs-137 et H-3 basé sur des mesures,

ANNEXE E. EFFET DE L'ERREUR DANS LE MODÈLE DE RIVIÈRE DU LOGICIEL IMPACT 5.5 SUR LES DOSES AUX HUMAINS ET AU BIOTE

E.1 INTRODUCTION

Une erreur a été identifiée dans le logiciel IMPACT 5.5.2 [1] après la réalisation de l'évaluation des risques environnementaux (ERE) des installations de Gentilly-2, mais peu avant sa publication. L'ERE s'appuie sur les calculs du logiciel IMPACT pour estimer les doses aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2 pour les années 2016 à 2020. L'erreur implique le modèle de rivière utilisé pour calculer les doses dues aux rejets liquides radioactifs depuis 2018, soit depuis la mise en service du prolongement de la ligne de rejets des effluents liquides radioactifs de Gentilly-2.

- Les concentrations dans l'eau du fleuve Saint-Laurent, calculées par le modèle de rivière dans les instances de polygones aquatiques issus de la conversion de polygones originellement créés avec la version IMPACT 5.4, ne donnent pas les mêmes résultats que ceux obtenus des instances de polygones aquatiques nouvellement créés, même si les paramètres d'entrée du modèle de rivière sont identiques. Après signalement, le concepteur du logiciel (EcoMetrix incorporated) a retracé l'erreur qui se voulait liée à un problème de conversion interne des unités de débit en L/s spécifiées par l'usager à m^3/s utilisées pour les calculs lors de la conversion du modèle de la version 5.4 à 5.5. Une nouvelle mise à jour sera éventuellement produite par le concepteur, et déployée à tous les détenteurs enregistrés d'une licence du logiciel.
- Pour pallier cette erreur, des correctifs ont donc été apportés par Calian, au modèle pour le calcul des doses aux membres représentatifs de la population des installations de Gentilly-2 pour 2021 [1]. Le modèle de dispersion aquatique a été rebâti et modifié pour être plus réaliste au lieu d'être extrêmement conservateur. En effet, le modèle de dispersion des rejets liquides radioactifs considérait auparavant que le rejet soit sur la rive et que les récepteurs soient dans l'axe du panache, aussi sur la rive. Le modèle de dispersion a ainsi été modifié comme suit (voir Figure E-1 et Tableau E-1) :
 - Le diffuseur de l'émissaire des effluents liquides radioactifs est dorénavant considéré à sa position réelle, soit à environ 200 m de la rive (distance entre l'axe de la source et la pointe de la baie Lemarier).
 - Pour la détermination de la concentration dans l'eau de la baie Lemarier, on considère que l'axe de la source est au milieu du chenal sud, soit à environ 1000 m de la rive, et que le point de calcul de la concentration correspond au lieu de prélèvement des échantillons d'eau du PSRE, soit à environ 700 m de la rive.

- Le site déterminé pour la baignade ou pour la prise d'eau pour fins d'irrigation et consommation des résidents de la ferme Est se situe à 100 m de la rive et l'axe de la source est, par conservatisme, rapproché à 1 000 m de la rive au lieu de se situer dans la partie le plus profonde du chenal sud. Notons que cette ferme est une ferme hypothétique créée afin de borner l'exposition de toutes les fermes situées sur la rive sud du fleuve, à l'est de Gentilly-2.
- Pour les résidents de Lévis, on considère que l'eau du chenal au sud s'est mélangée avec l'eau du chenal nord étant donné que les battures séparant les deux chenaux s'étendent seulement des installations de Gentilly-2 jusqu'au niveau du village de Gentilly (vis-à-vis la ferme Est). La portion du fleuve jusqu'à Lévis a un débit d'environ $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$, une largeur moyenne de 3 km, une profondeur moyenne de 9 m, pour une vitesse moyenne de 0,4 m/s [2]. Au niveau de Lévis, la localisation de la source est supposée au milieu du fleuve (les chenaux nord et sud se mélagent au milieu du fleuve en aval du village de Gentilly) et celle de la prise d'eau des résidents est supposée à 100 m de la rive.

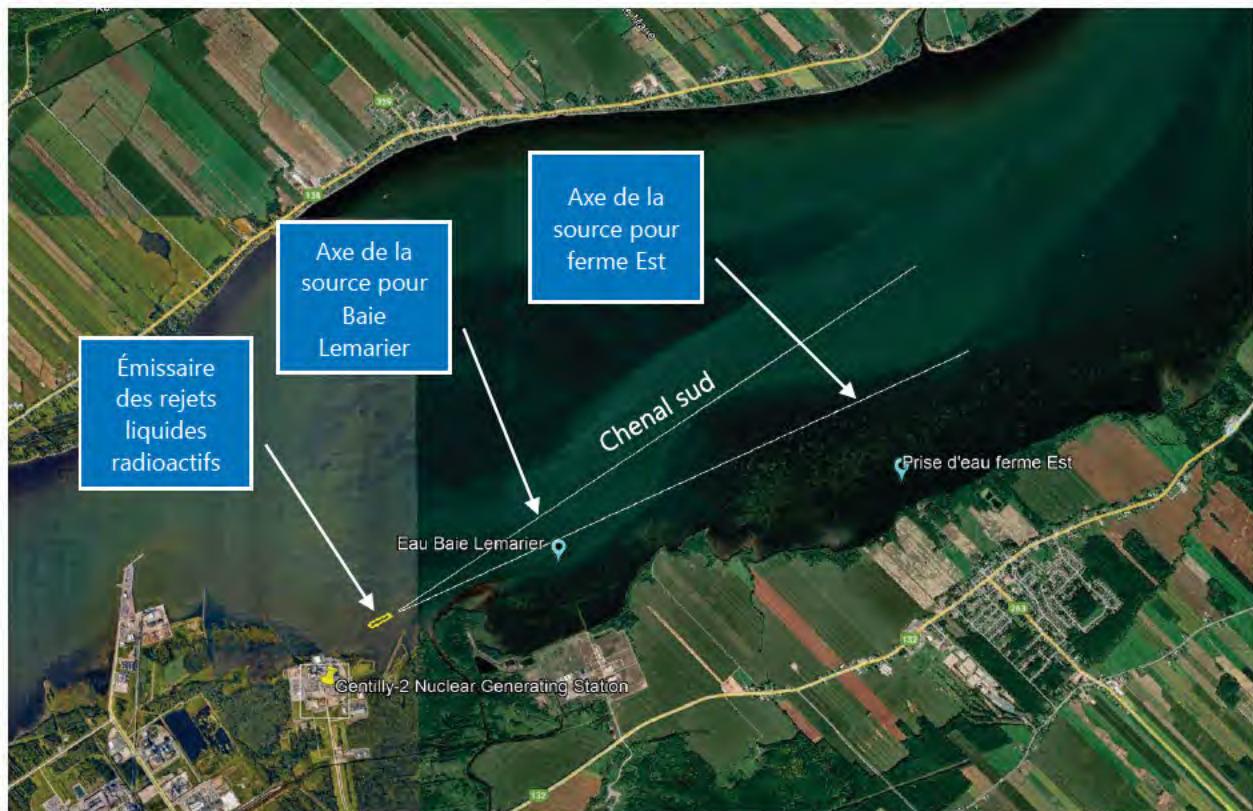


Figure E-1 : Modèle de rivière IMPACT pour la dispersion aquatique dans le chenal sud

Tableau E-1 : Paramètres du nouveau modèle de rivière IMPACT

	Unités	Source	Baie Lemarier	Ferme Est	Lévis
Largeur du chenal sud/fleuve	m	2 000	2 000	2 000	3 000
Profondeur du chenal sud/fleuve	m	2,4	2,4	2,4	9
Débit du chenal sud/fleuve	L/s	1×10^6	1×10^6	1×10^6	1×10^7
Coefficient de dispersion longitudinale	m^2/s	$1,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
Coefficient de dispersion latérale	m^2/s	0,03	0,03	0,03	0,2
Distance entre le point de calcul de concentration et la source	m	20	2 000	5 000	104 000
Distance de la rive à l'axe de la source	m	200	1 000	1 000	1 500
Distance de la rive au point de mesure	m	200	700	100	100

Les coefficients de dispersion sont calculés selon des corrélations empiriques [3].

E.2 CONCENTRATIONS DANS L'EAU DU FLEUVE

Le Tableau E-2 compare les concentrations calculées dans l'eau du fleuve pour les rejets liquides de 2021 :

- L'ancien modèle considère la source et les récepteurs sur la rive du fleuve. Les concentrations montrées sont celles du modèle avec les polygones aquatiques convertis de la version 5.4 à 5.5 d'IMPACT. En raison de la conversion, les résultats sont erronés.
- Le nouveau modèle considère que la source et les récepteurs sont localisés de façon plus réaliste. Les concentrations sont calculées avec de nouveaux polygones aquatiques qui ne sont pas sujets à l'erreur de conversion interne des unités de débit en L/s spécifiées par l'usager à m^3/s .

Les concentrations calculées de façon réaliste sont inférieures d'environ un facteur 2 à 10 en fonction de la distance. On peut donc postuler que les conséquences sur les humains et le biote non humain ont été surestimées comparativement à cette nouvelle évaluation plus réaliste.

Tableau E-2 : Comparaison des concentrations calculées dans l'eau du fleuve pour les rejets liquides de 2021

Endroit	Concentration HTO avec ancien modèle (Bq/L)	Concentration HTO avec nouveau modèle (Bq/L)	Ratio Concentrations Nouveau/Ancien
Baie Lemarier	9,8	5,4	0,55
Ferme Est	5,9	1,4	0,24
Lévis	1,4	0,15	0,10

E.3 DOSE AUX HUMAINS

Le Tableau E-3 compare les doses annuelles pour les rejets liquides de 2021.

Les doses calculées sur la base des concentrations rendues par l'ancien et le nouveau modèle de dispersion aquatique, sans prendre compte les mesures dans l'environnement, diminuent dans les mêmes proportions que les ratios de concentrations présentés au Tableau E-2.

Lorsque les mesures de concentration dans le poisson de la baie Lemarier sont prises en compte, les doses sont plus élevées et les différences entre l'ancien et le nouveau modèle s'estompent. Pour le groupe des chasseurs-pêcheurs qui est le plus exposé, les différences sont non significatives.

Tableau E-3 : Comparaison des doses annuelles pour les rejets liquides de 2021

Groupe récepteur	Groupe d'âge	Doses annuelles ancien modèle ($\mu\text{Sv/a}$)		Doses annuelles nouveau modèle ($\mu\text{Sv/a}$)	
		Concentrations calculées	Concentrations calculées ou mesurées	Concentrations calculées	Concentrations calculées ou mesurées
Chasseurs-Pêcheurs	Adulte	7,9E-03	1,00	4,3E-03	1,00
Chasseurs-Pêcheurs	Enfant 10 ans	5,5E-03	0,78	2,9E-03	0,78
Chasseurs-Pêcheurs	Enfant 1 an	3,4E-03	0,50	1,8E-03	0,50
Chasseurs-Pêcheurs	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferme Est	Adulte	1,3E-01	0,23	3,2E-02	0,13
Ferme Est	Enfant 10 ans	7,5E-02	0,15	1,8E-02	0,10
Ferme Est	Enfant 1 an	9,7E-02	0,15	2,3E-02	0,07
Ferme Est	Dose peau	3,9E-07	3,9E-07	9,3E-08	9,3E-08
Levis	Adulte	3,2E-02	3,4E-02	3,3E-03	5,3E-03
Levis	Enfant 10 ans	1,8E-02	1,9E-02	1,8E-03	3,4E-03
Levis	Enfant 1 an	2,4E-02	2,5E-02	2,4E-03	3,4E-03
Levis	Dose peau	9,5E-08	9,5E-08	9,7E-09	9,7E-09
Secteur Gentilly	Adulte	2,6E-04	2,3E-03	6,7E-05	2,1E-03
Secteur Gentilly	Enfant 10 ans	1,9E-04	1,8E-03	5,0E-05	1,6E-03
Secteur Gentilly	Enfant 1 an	1,6E-04	1,2E-03	4,0E-05	1,1E-03
Secteur Gentilly	Dose peau	0,00	0,00	0,00	0,00

Note : Nombres arrondis à deux chiffres significatifs pour fins de présentation. Dose négligeable indiquée par « 0,00 ». Les valeurs en rouge identifient les trois valeurs les plus élevées de chaque colonne.

Les tableaux suivants comparent la ventilation des risques (dose/1 mSv) pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2020 (reproduction du tableau 4-13 de l'ERE, basé sur l'ancien modèle), pour 2021 (ancien modèle) et 2021 (nouveau modèle).

Au global, le profil et la grandeur des risques demeurent les mêmes. On peut donc affirmer que les conclusions de l'ERE demeurent valides et ce, même après constatation de l'erreur IMPACT.

**Tableau E-4 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2020
(ancien modèle)**

Voie d'exposition	Rejets atmosphériques			Rejets liquides			Total
	H-3	C-14	Bêta total	H-3	C-14	Bêta totale	
Immersion	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Inhalation/Ingestion	0,032 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,000 %	0,000 %	0,034 %
Dépôt sol	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Animaux terrestres	0,012 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,012 %
Plantes terrestres	0,005 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,005 %
Animaux aquatiques	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,073 %	0,009 %	0,082 %
Total	0,049 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,073 %	0,009 %	0,134 %

Note : Gradation des couleurs en fonction des valeurs de risque du vert pour les plus petites valeurs, jaune pour les valeurs médianes et rouge pour les valeurs les plus élevées. 0,000 % signifie que la valeur est inférieure à 0,0005 %.

**Tableau E-5 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2021
(ancien modèle)**

Voie d'exposition	Rejets atmosphériques			Rejets liquides			Total
	H-3	C-14	Bêta total	H-3	C-14	Bêta totale	
Immersion	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Inhalation/Ingestion	0,020 %	0,000 %	0,000 %	0,013 %	0,000 %	0,000 %	0,033 %
Dépôt sol	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Animaux terrestres	0,004 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,005 %
Plantes terrestres	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,003 %
Animaux aquatiques	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,069 %	0,030 %	0,100 %
Total	0,027 %	0,001 %	0,000 %	0,014 %	0,069 %	0,030 %	0,141 %

Note : Gradation des couleurs en fonction des valeurs de risque du vert pour les plus petites valeurs, jaune pour les valeurs médianes et rouge pour les valeurs les plus élevées. 0,000 % signifie que la valeur est inférieure à 0,0005 %.

**Tableau E-6 : Ventilation des risques pour tous les récepteurs et âges confondus pour 2021
(nouveau modèle)**

Voie d'exposition	Rejets atmosphériques			Rejets liquides			Total
	H-3	C-14	Bêta total	H-3	C-14	Bêta totale	
Immersion	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Inhalation/Ingestion	0,020 %	0,000 %	0,000 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,023 %
Dépôt sol	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
Animaux terrestres	0,004 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,004 %
Plantes terrestres	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,003 %
Animaux aquatiques	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,069 %	0,030 %	0,100 %
Total	0,027 %	0,001 %	0,000 %	0,004 %	0,069 %	0,030 %	0,131 %

Note : Gradation des couleurs en fonction des valeurs de risque du vert pour les plus petites valeurs, jaune pour les valeurs médianes et rouge pour les valeurs les plus élevées. 0,000 % signifie que la valeur est inférieure à 0,0005 %.

E.4 DOSE AU BIOTE NON HUMAIN

Le chapitre 6 de l'ERE a identifié le fond du canal de rejet comme l'habitat des récepteurs aquatiques les plus exposés historiquement. Bien que les rejets liquides s'effectuent maintenant dans le chenal sud du fleuve Saint-Laurent et non plus dans le canal de rejet comme c'était le cas avant novembre 2018, les concentrations mesurées dans les poissons, sédiments, et plantes aquatiques prélevés dans le canal de rejet demeurent plus élevées qu'ailleurs.

Les rejets liquides n'ont plus aucune incidence sur les récepteurs situés dans le canal de rejet, mais pourraient en avoir sur les récepteurs dans le cône de dispersion de l'émissaire des effluents liquides radioactifs maintenant situé dans le chenal sud. Présentement, l'échantillonnage prévue au PSRE de l'eau de surface, des sédiments, plantes aquatiques, coquilles et chairs de mollusques en aval de l'émissaire est dans la baie Lemarier, à environ 2 km du point de rejet, si bien que plusieurs mesures sont sous les limites de détection. L'ERE recommande de rapprocher l'échantillonnage du point de rejet pour détecter les rejets.

Dans l'intérim, l'impact des rejets liquides sur la concentration des radioéléments dans l'eau à proximité du nouvel émissaire est évalué de 2 façons :

- Calcul de dispersion IMPACT en considérant les récepteurs à 20 m de l'émissaire dans l'axe du panache. Le nouveau modèle de dispersion aquatique IMPACT est décrit à la section E.1.
- Concentration au tuyau de l'émissaire de rejets liquides radioactifs. Le volume annuel de rejet liquide varie d'année en année. 110 réservoirs ont été rejetés en 2019 et 81 réservoirs en 2020 (section 2.2.1 des rapports annuels 2019 et 2020 [4] [5]). Chaque

vidange est estimée à 40 m³ d'eau (tableau récapitulatif à la fin du PSE [6]). En supposant que 100 réservoirs sont rejetés chaque année en moyenne, le volume annuel moyen des rejets liquides est donc estimé à 4 000 m³/an. Comme chaque rejet dure environ 2,5 heures [6], le biote est exposé aux rejets que 250 heures par an, soit moins de 0,3 % du temps sur une base moyenne annuelle.

Ensuite, les concentrations estimées dans le milieu sont comparées aux concentrations sans effet nocif observé (CSENO) qui ont été déterminées de façon conservatrice en considérant les différentes voies d'exposition (interne et externe) des récepteurs les plus radiosensibles. Les CSENO de Chouhan et al. [7] et du US DOE [8] recommandés à la norme N288.6-12 [9] sont utilisées comme critères de dépistage.

Le Tableau E-7 compare les concentrations estimées dans l'eau à la sortie du nouvel émissaire aux CSENO. Les résultats sont présentés pour les rejets 2021. Les concentrations annuelles moyennes tant à la source qu'au centre du panache à 20 m en aval du point de rejet sont inférieures aux CSENO. La somme des ratios concentration/CSENO est 2,1 E-05 à 20 m en aval de la source et serait d'environ 3,7 E-03 à la source où les concentrations annuelles moyennes sont 177 fois plus élevées.

On peut donc conclure que l'effet des rejets liquides sur le biote aquatique en aval du nouvel émissaire est sans effet nocif observable. De plus, ces rejets n'affectent pas les conclusions de l'ERE sur le biote dans le canal de rejet, à cause de point de relâche des effluents qui fut relocalisé en 2018.

Tableau E-7 : Comparaison des concentrations estimées aux concentrations sans effet nocif observé pour le biote aquatique

Radioélément	Rejet liquide 2021 (Bq/a)	Concentration annuelle moyenne dans l'eau à la source (Bq/L)	Concentration annuelle moyenne dans l'eau à 20 m en aval de la source (Bq/L)	Chouhan CSENO Eau (Bq/L)	DOE CSENO Eau (Bq/L)	Ratio C à 20 m/Min CSENO
H-3 (HTO)	1,56 E+14	1,11 E+04	6,28 E+01	1,26 E+07	1,00 E+07	6,3 E-06
C-14	6,06 E+07	4,32 E-03	2,44 E-05	8,45 E+03	-	2,9 E-09
Cs-137	7,11 E+07	5,07 E-03	2,86 E-05	9,24 E+01	2,00 E+00	1,4 E-05
Somme des ratios :						2,1 E-05

E.5 CONCLUSION

La modélisation corrigée et réaliste des rejets liquides dans le fleuve Saint-Laurent montre que les conclusions de l'ERE sont maintenues malgré l'erreur historique dans le logiciel IMPACT.

E.6 ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

Acronyme ou abréviation	Définition
CSENO	Concentration sans effet nocif observé
ERE	Évaluation des risques environnementaux
PSE	Plan de surveillance de l'environnement
PSRE	Plan de surveillance radiologique de l'environnement

E.7 RÉFÉRENCES

- [1] Moffett, R., "Calcul de la dose de rayonnements aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2021," Rapport Calian HYDROQ-0018-01, Révision 2.0, 22 avril 2022.
- [2] Hart, D., "Derived Release Guidance," COG-06-3090-R3-I, December 2013.
- [3] National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), "Screening Models for Releases of Radionuclides to Atmosphere, Surface Water and Ground," National Council on Radiation Protection Measurement, Rapport NCRP No. 123I, janvier 1996.
- [4] Hydro-Québec, "Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - rapport annuel 2019," Rapport technique G2-RT-2020-00518-001, avril 2020.
- [5] Hydro-Québec, "Résultats de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2 - Rapport annuel 2020," Rapport technique G2-RT-2021-00518-001, Version finale, avril 2021.
- [6] Hydro-Québec Production, "Plan de surveillance de Gentilly-2 - État de stockage sûr (en piscine)," rapport G2-RT-2014-00518-01, Révision 4, juillet 2018.
- [7] S. Chouhan, T. Yankovich and P. Davis, "Environmental radionuclide concentrations below which non-human biota experience no effects," Radioprotection 44(5): 107 à 114, 2009.
- [8] United States Department of Energy (US DOE), "A Graded Approach for Evaluating Radiation Doses to Aquatic and Terrestrial Biota," DOE-STD-1153-2002.
- [9] Groupe CSA, "Évaluation des risques environnementaux aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium," CSA N288.6-12, 2013.