

Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2

Rapport annuel 2023

Rapport technique G2-RT-2024-00518-001

Version finale

Avril 2024

Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2

Document ☒ Public
☐ Non public
☐ Confidentiel

Rapport annuel 2023

Rapport technique G2-RT-2024-00518-001

Version finale

Avec la participation de WSP

Rédigé par :


Stéphan Chapdelaine

Environnement – Surveillance de Gentilly-2



Mélanie Garceau

Environnement – Surveillance de Gentilly-2

Approuvé par :



Annie Désilets

Cheffe Surveillance de Gentilly-2

Hydro-Québec



Patrice Desbiens

Directeur Opération et maintenance

Hydro-Québec

Hydro-Québec
Avril 2024

Sommaire

En vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, les activités de déclasserement d'une installation nucléaire sont réglementées par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). Pour les installations de Gentilly-2, les exigences légales à l'égard de ces activités sont toutes assumées par Hydro-Québec, dont celles de la surveillance de l'environnement et du suivi des rejets radiologiques. À ce propos, la CCSN délivrait à Hydro-Québec, en juin 2016, un *Permis de déclasserement d'un réacteur de puissance* (PDRP 10.00/2026). Ce permis, valide jusqu'en juin 2026, encadre toutes les opérations qui subsistent toujours aux installations de Gentilly-2. Ce permis est également assorti de conditions, regroupées en une quinzaine de domaines de sûreté et de réglementation et qui sont toutes colligées au *Manuel des conditions de permis* (MCP-Gentilly-2-R001). La plus récente et actuelle version de ce document fut émise par la CCSN le 25 février 2019.

Deux différents plans de surveillance de l'environnement sont toujours appliqués aux installations de Gentilly-2. Ils couvrent distinctement les volets physico-chimique et radiologique. Avant même leur déploiement, ils ont été entérinés respectivement par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) et par la CCSN. Bien que l'installation nucléaire de Gentilly-2 ait définitivement cessé de produire de l'électricité le 28 décembre 2012, ces deux plans de surveillance demeurent en vigueur pour la période où l'installation est en état de stockage sûr. Ils statuent entre autres sur les modalités d'échantillonnage et d'analyse de plusieurs matrices environnementales, susceptibles d'être impactées par la dispersion des effluents liquides ou gazeux des installations. Selon les paramètres, ces analyses environnementales sont soit réalisées directement par les laboratoires d'Hydro-Québec ou par des laboratoires externes accrédités. Au gré de l'avancement de la préparation à la phase de stockage sous surveillance, l'adaptation des deux plans a notamment permis de retirer des éléments au fur et à mesure de la cessation d'activités au site de Gentilly-2 et des risques environnementaux qui leurs étaient associés.

Plusieurs travaux importants qui ont été amorcés ou achevés au cours de l'année 2023 étaient ceux de la phase finale de la préparation à l'état dit de stockage sous surveillance des installations de Gentilly-2. Certaines de ces activités prévues au déclasserement en cours ont impliqué quelques variations perceptibles aux taux de rejet des effluents radioactifs liquides et gazeux, de même qu'à l'inventaire de déchets radioactifs solides toujours stockés sécuritairement au site d'Hydro-Québec. En 2023, à la fois pour les effluents radioactifs gazeux et liquides, les valeurs de sommation annuelle de la radioactivité liée au tritium ont été en baisse comparativement à l'année précédente, alors que les mêmes valeurs se rapportant au carbone-14 et à l'activité bêta totale ont plutôt été en hausse. Ainsi, la fin de ces dernières activités préparatoires pourrait résulter en l'atteinte de stockage sous surveillance au cours de la prochaine année.

Une de ces activités préparatoires de l'année 2023 s'est déroulée au cours de la période estivale, alors qu'Hydro-Québec a procédé au drainage final de petites quantités d'eau lourde de grade caloporteur toujours présentes dans le point bas de quelques systèmes.

Aussi, des activités de gestion de déchets métalliques de moyenne activité ont été réalisées en piscines. Ces activités impliquaient notamment la coupe, sous l'eau, de plusieurs pièces afin de pouvoir les disposer adéquatement dans un panier de métal, du même type que ceux qui étaient auparavant utilisés pour le combustible nucléaire irradié. À terme, ces paniers seront tous soudés, puis transférés dans une structure de béton pour un stockage sécuritaire à moyen terme, à même le site de Gentilly-2.

Par ailleurs, toutes les quantifications de radioactivité aux rejets de l'année 2023 sont demeurées en deçà d'une valeur équivalente à un dixième d'un pour cent des limites opérationnelles dérivées (LOD) spécifiques, respectant du coup l'objectif interne d'exploitation fixé à 1 % LOD. Pour les rejets gazeux, l'activité radiologique maximale recensée en 2023 fut équivalente à 0,054 % LOD (tritium), sur une base hebdomadaire, alors que pour les rejets liquides, l'activité radiologique maximale fut quant à elle équivalente à 0,002 % LOD (bêta totale), cette fois sur une base mensuelle.

La consommation d'eau potable au site des installations de Gentilly-2 fut en hausse marquée au cours de l'année 2023, par rapport à l'année précédente. La consommation d'eau de procédé fut pour sa part comparable. Finalement, l'estimation de dose annuelle de rayonnements induite aux membres représentatifs de la population la plus exposée, à proximité des installations de Gentilly-2, a été quantifiée à 1 μSv en 2023. Cette estimation correspond à un dixième d'un pour cent de la limite fixée par la CCSN pour une dose efficace délivrée à la population, soit une dose de 1 mSv (1 000 μSv).

À la lueur des encadrements réglementaires cités au *Permis de déclasser d'un réacteur de puissance* et au *Manuel des conditions de permis*, les résultats et constats issus de la surveillance environnementale démontrent encore en 2023 que les impacts découlant des activités de déclasser des installations de Gentilly-2 sont faibles, et pour la majorité, imperceptibles au-delà de la zone d'exclusion du site.

Liste de distribution

Copies électroniques :

Hydro-Québec Direction Opérations et maintenance – Installations de Gentilly-2 :

Patrice Desbiens	Directeur
Annie Désilets	Cheffe Surveillance
Alain Gosselin	Chef Maintenance

Hydro-Québec Communications, affaires gouvernementales et autochtones :

Elisabeth Gladu	Cheffe Relations avec le milieu
Sophie Lamoureux	Conseillère Communications d'entreprise
Patrick Frigon	Chef Relations avec les autochtones

Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) :

Division des déchets et du déclassé

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) :

Adresse courriel générique	Contrôle industriel – bureaux de Nicolet
----------------------------	--

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) :

Catalin Obreja	Agent de programme nucléaire
----------------	------------------------------

Table des matières

1	Introduction.....	1-1
2	Résultats du suivi des effluents – volet radiologique.....	2-1
2.1	Effluents gazeux	2-1
2.2	Effluents liquides	2-7
2.2.1	Réservoirs de récupération des eaux radioactives	2-13
2.2.2	Drainage pluvial	2-14
2.2.3	Eaux usées sanitaires	2-15
3	Résultats du suivi des effluents – volet physico-chimique	3-1
3.1	Émissions atmosphériques	3-1
3.1.1	Consommation de produits pétroliers.....	3-1
3.1.2	Gaz réfrigérants	3-2
3.2	Effluents liquides	3-2
3.2.1	Réservoirs de récupération des eaux radioactives	3-3
3.2.2	Eaux usées sanitaires	3-3
3.2.3	Eaux de surface – drainage pluvial.....	3-4
4	Autres engagements de suivi	4-1
4.1	Séparateur eau-huile	4-1
4.2	Suivi des eaux souterraines au pourtour des installations de stockage de déchets radioactifs.....	4-1
5	Consommation d'eau	5-1
6	Matières dangereuses et autres matières résiduelles.....	6-1
6.1	Matières dangereuses résiduelles	6-1
6.2	Matières résiduelles	6-2
7	Rejets accidentels de contaminants dans l'environnement.....	7-1
8	Surveillance radiologique du milieu environnant.....	8-1
8.1	Radionucléides retrouvés dans l'environnement	8-1
8.2	Surveillance atmosphérique	8-2
8.2.1	Ambiance gamma.....	8-2
8.2.2	Tritium.....	8-12
8.2.3	Carbone-14	8-19
8.2.4	Aérosols.....	8-22
8.3	Surveillance de l'eau.....	8-23
8.3.1	Précipitations	8-23
8.3.2	Eaux d'infiltration	8-30

8.3.3	Eaux souterraines	8-33
8.4	Surveillance des sols et des sédiments	8-36
8.4.1	Sols arables	8-36
8.4.2	Sédiments dynamiques	8-37
8.5	Surveillance de la faune et de la flore	8-39
8.5.1	Plantes fourragères.....	8-39
8.5.2	Plantes aquatiques.....	8-39
8.5.3	Mollusques.....	8-40
8.5.4	Poissons	8-41
8.6	Données météorologiques	8-47
8.7	Facteurs de dispersion atmosphérique.....	8-48
9	Estimation de la dose de rayonnements aux membres représentatifs de la population.....	9-1
9.1	Groupes récepteurs	9-1
9.2	Doses par voies d'exposition.....	9-2
9.3	Historique de dose	9-4
10	Programme d'intercomparaison du laboratoire et omissions aux plans	10-1
10.1	Intercomparaison du laboratoire.....	10-1
10.2	Omissions aux plans de surveillance environnementale	10-1
11	Conclusion.....	11-1
12	Références	12-1

Annexes

A	Cartes et schéma
B	PSE, PSRE et modalités d'échantillonnage et d'analyses
C	Aspect statistique des résultats
D	Programme d'intercomparaison

Tableaux

Tableau 2-1 :	Principales limites de rejets radioactifs gazeux à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2023	2-2
Tableau 2-2 :	Activité des principaux radionucléides ou indice de radioactivité issus des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le premier semestre de l'année 2023.....	2-5
Tableau 2-3 :	Activité des principaux radionucléides ou indice de radioactivité issus des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le second semestre de l'année 2023	2-6
Tableau 2-4 :	Principales limites de rejets radioactifs liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2023.....	2-8
Tableau 2-5 :	Activité des principaux radionucléides ou indice de radioactivité issus des effluents liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023	2-12
Tableau 2-6 :	Activité des principaux radionucléides dans les systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2023	2-14
Tableau 3-1 :	Quantité de produits pétroliers consommés aux installations de Gentilly-2 pour la période 2020-2023	3-1
Tableau 3-2 :	Résultats d'analyses physico-chimiques des réservoirs de récupération des eaux radioactives de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023	3-3
Tableau 3-3 :	Résultats d'analyses physico-chimiques de l'effluent du système de traitement des eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2 pour l'année 2023	3-4
Tableau 3-4 :	Résultats d'analyses physico-chimiques de l'effluent des systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2023.....	3-4
Tableau 4-1 :	Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines prélevées au pourtour des installations de déchets radioactifs de Gentilly-2 pour l'année 2023	4-2
Tableau 4-2 :	Mesures des niveaux piézométriques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023	4-2
Tableau 6-1 :	Quantité de matières dangereuses résiduelles générées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023.....	6-1
Tableau 6-2 :	Quantité de matières résiduelles recyclées ou éliminées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023	6-2

Tableau 7-1 :	Quantité de produit liquide rejeté accidentellement dans l'environnement aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023	7-1
Tableau 8-1 :	Radioactivité mesurée dans l'échantillon de sols arables prélevés à la ferme collaborant au PSRE pour l'année 2023	8-37
Tableau 8-2 :	Radioactivité maximale mesurée dans les échantillons de sédiments dynamiques du fleuve Saint-Laurent près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023.....	8-38
Tableau 8-3 :	Radioactivité mesurée dans les plantes aquatiques récoltées dans le fleuve Saint-Laurent à la station PA2 en 2023.....	8-40
Tableau 8-4 :	Radioactivité mesurée dans la chair de mollusques récoltés dans le fleuve Saint-Laurent près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023.....	8-41
Tableau 8-5 :	Espèces de poissons pêchés dans le canal de rejet et concentrations des radionucléides mesurées en 2023.....	8-42
Tableau 8-6 :	Espèces de poissons pêchés à l'anse à Lemarier et concentrations des radionucléides mesurées en 2023.....	8-43
Tableau 9-1 :	Dose annuelle de rayonnements aux membres du groupe le plus représentatif de la population en 2023 (modèle IMPACT 5.5.2).....	9-3

Figures

Figure 2-1 :	Présence de tritium aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base hebdomadaire pour l'année 2023	2-2
Figure 2-2 :	Présence de carbone-14 aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base hebdomadaire pour l'année 2023	2-3
Figure 2-3 :	Présence d'aérosols radioactifs aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base hebdomadaire pour l'année 2023	2-4
Figure 2-4 :	Rejets radioactifs gazeux annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 2013-2023	2-7
Figure 2-5 :	Présence de tritium aux effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base mensuelle pour l'année 2023.....	2-9
Figure 2-6 :	Présence de carbone-14 aux effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base mensuelle pour l'année 2023	2-10
Figure 2-7 :	Présence d'activité bêta totale aux effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base mensuelle pour l'année 2023	2-11
Figure 2-8 :	Rejets radioactifs liquides annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 2013-2023	2-13

Figure 5-1 :	Consommation d'eau de procédé aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2023	5-1
Figure 5-2 :	Consommation d'eau potable aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2023	5-2
Figure 8-1 :	Ambiance gamma trimestrielle aux stations de contrôle SCR-3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rapprochée) pour l'année 2023.....	8-3
Figure 8-2 :	Dose annuelle gamma aux stations de contrôle SCR-3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rapprochée) pour la période 2019-2023	8-4
Figure 8-3 :	Ambiance gamma trimestrielle au périmètre sécurisé de l'installation pour l'année 2023	8-5
Figure 8-4 :	Dose annuelle gamma au périmètre sécurisé de l'installation pour la période 2019-2023	8-6
Figure 8-5 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASDR pour l'année 2023.....	8-7
Figure 8-6 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASDR pour la période 2019-2023	8-8
Figure 8-7 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'IGDRS pour l'année 2023.....	8-9
Figure 8-8 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'IGDRS pour la période 2019-2023	8-10
Figure 8-9 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASSCI pour l'année 2023.....	8-11
Figure 8-10 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASSCI pour la période 2019-2023	8-12
Figure 8-11 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux stations Poste-1, Poste-2, SCR-6 à SCR-8 et SCR-10 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour l'année 2023	8-13
Figure 8-12 :	Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux stations Poste-1, Poste-2, SCR-6 à SCR-8 et SCR-10 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour la période 2019-2023	8-14
Figure 8-13 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux stations Nord-1, Sud-1, Est-1 à Est-3, Ouest-1 et pour l'année 2023.....	8-15
Figure 8-14 :	Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux stations Nord-1, Sud-1, Est-1 à Est-3, Ouest-1 pour la période 2019-2023.....	8-16
Figure 8-15 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'IGDRS et l'ASDR pour l'année 2023	8-17
Figure 8-16 :	Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'IGDRS et l'ASDR pour la période 2019-2023.....	8-18
Figure 8-17 :	Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations IGDRS-3, IGDRS-4, ASDR-1, ASDR-4, SCR-7 et SCR-8 pour l'année 2023.....	8-20
Figure 8-18 :	Activité annuelle moyenne en carbone-14 atmosphérique aux stations IGDRS-3, IGDRS-4, ASDR-1, ASDR-4, SCR-7 et SCR-8 pour la période 2019-2023	8-21

Figure 8-19 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans les aérosols prélevés aux stations IGDRS-1, IGDRS-3, ASDR-2, ASDR-3, ASDR-4 et SCR-11 pour l'année 2023	8-22
Figure 8-20 :	Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations SCR-2 à SCR-5, SCR-8, SCR-12, Sud-1, IGDRS-5, IGDRS-7 et IGDRS-8 pour l'année 2023	8-24
Figure 8-21 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans les précipitations aux stations SCR-3, SCR-12, IGDRS-6 et IGDRS-7 pour l'année 2023	8-26
Figure 8-22 :	Moyenne mensuelle de l'activité en tritium dans l'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023	8-27
Figure 8-23 :	Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2019-2023	8-28
Figure 8-24 :	Moyenne mensuelle de l'activité bêta totale dans l'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023	8-29
Figure 8-25 :	Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023	8-31
Figure 8-26 :	Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2019-2023	8-32
Figure 8-27 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023	8-33
Figure 8-28 :	Moyenne semestrielle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023	8-34
Figure 8-29 :	Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2019-2023	8-35
Figure 8-30 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023	8-36
Figure 8-31 :	Représentation simplifiée du flux de carbone-14 dans le milieu aquatique à proximité des installations de Gentilly-2	8-45
Figure 8-32 :	Relation entre les concentrations de carbone-14 aux effluents liquides et dans les plantes aquatiques récoltées dans l'anse à Lemarier pour la période 2014-2023.....	8-46
Figure 8-33 :	Évolution temporelle du carbone-14 dans les poissons du lac 226 (1978 à 1993) et de l'anse à Lemarier (2014 à 2023)	8-46
Figure 8-34 :	Rose de l'origine des vents au site instrumenté du MELCCFP à Bécancour pour l'année 2023.....	8-48
Figure 8-35 :	Facteurs moyens de dispersion du tritium atmosphérique des relâches des installations de Gentilly-2 pour la période 2019-2023.....	8-50

Figure 9-1 :	Dose annuelle de rayonnements estimée pour un membre représentatif de la population liée au déclassement des installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2023.....	9-4
Figure 9-2 :	Comparaison de doses de rayonnements typiques pouvant affecter la population canadienne	9-5

Liste des abréviations

ASDR	Aire de Stockage des D échets R adioactifs
ASSCI	Aire de Stockage à Sec du C ombustible I rradié
CANDU	C ANada D euterium U ranium, réacteur de conception canadienne
CANSTOR	C ANDU S TORage, module de stockage à sec du combustible irradié
CCSN	Commission C anadienne de S ûreté N ucléaire
CRMC	Centre de R écupération des M atières C ontaminées
CRMD	Centre de R écupération des M atières D angereuses
CSA	C anadian S tandards A ssociation, organisme de normalisation
DBO ₅	D emande B iochimique en O xygène pour 5 jours
EBA	E au B rute d' A limentation
EDC	E au D e C irculation
EDFMA	E nceinte de D échets de F aible et de M oyenne A ctivité
ERA	E nvironmental R esource A ssociates, organisme de certification
ÉRE	É valuation de R isques E nvironnementaux
ESR	E au de S ervice R ecirculée
ESRU	E nceinte de S tockage de R ésines U sées
HCFC	H ydro C hloro F luoro C arbures
HP C ₁₀ -C ₅₀	H ydrocarbures P étroliers C ₁₀ -C ₅₀
IGDRS	I nstallation de G estion des D échets R adioactifs S olides
IMPACT	I ntegrated M odel for the P robabilistic A ssessment of C ontaminant T ransport, progiciel de modélisation et de transfert environnemental
IRSN	I nstitut de R adioprotection et de S ûreté N ucléaire
LD	L imite de D étection

LOD	Limite O opérationnelle D érivée
LSO	Luminescence Stimulée O ptiquement
MDDELCC	M inistère du D éveloppement D urable, de l' E nvironnement et de la L utte contre les C hangements C limatiques
MELCC	M inistère de l' E nvironnement et de la L utte contre les C hangements C limatiques
MELCCFP	M inistère de l' E nvironnement, de la L utte contre les C hangements C limatiques, de la F aune et des P arcs
MDR	M atières D angereuses R ésiduelles
MES	M atières E n Suspension
MR	M atières R ésiduelles
PIPB	P arc I ndustriel et P ortuaire de B écancour
PISE	P rogramme I ndépendant de S urveillance E nvironnementale
PSE	P lan de S urveillance de l' E nvironnement
PSRE	P lan de S urveillance R adiologique de l' E nvironnement
REGDOC	R EGulation D OCCument, document d'application de la réglementation
RMCQ	R éseau M étéorologique C oopératif du Q uébec
SCR	S tation de C ontrôle R adiologique
SMS	S urface Water M odeling S ystem, modèle d'écoulement hydraulique
Spectro γ	Spectrométrie gamma
α total	Rayonnement alpha total
β total	Rayonnement bêta total

1 Introduction

En marge du déclassement des activités nucléaires autorisées en cours aux installations de Gentilly-2 à Bécancour, Hydro-Québec assume une surveillance environnementale au site même des installations, ainsi que dans les régions environnantes. Le rapport intitulé *Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2* (G2-RT-2024-00518-001) présente l'ensemble des données issues de l'application des deux plans de surveillance environnementale pour l'année 2023, regroupant à la fois les résultats d'analyses physico-chimiques et radiologiques. Il collige aussi des intrants relatifs à d'autres engagements réglementaires toujours en vigueur à ce moment.

Conformément aux prescriptions de l'actuelle version de son *Permis de déclassement d'un réacteur de puissance* (PDRP 10.00/2026), et du *Manuel des conditions de permis* (MCP-Gentilly-2-R001), Hydro-Québec publie le présent rapport annuel selon les exigences du document d'application de la réglementation REGDOC 3.1.1 intitulé *Rapports à soumettre par les exploitants de centrales nucléaires, exigences relatives à la production de rapports*.

Après avoir dûment transmis aux organismes réglementaires la version 2.0 du *Plan de surveillance radiologique de l'environnement des installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr* (PSRE) ^[1], Hydro-Québec appliquait ainsi les nouvelles modalités de surveillance de ce document à partir du second semestre de l'année 2022. Cette version adaptée du PSRE est basée sur l'ensemble des constats et des recommandations découlant d'une évaluation de risques environnementaux (ÉRE) alignée sur la phase de stockage sous surveillance des installations de Gentilly-2. Ce document intitulé *Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2* ^[2] avait préalablement été déposé à la commission, et avait été exigé dans le cadre d'un plan de mise en œuvre du document d'application de la réglementation REGDOC-2.9.1, édition 1.1 *Protection de l'environnement : Principes, évaluations environnementales et mesures de protection de l'environnement*.

Les principaux objectifs du PSRE appliqué à Gentilly-2 en 2023 sont de :

- favoriser une meilleure connaissance de la qualité radiologique de l'environnement du site des installations de Gentilly-2 et en périphérie ;
- fournir plusieurs intrants à l'estimation de dose annuelle de rayonnements induite aux membres du groupe d'individus les plus susceptibles d'être exposés aux rejets ;
- contribuer au contrôle plus efficient des rejets radioactifs à l'installation nucléaire ;
- permettre la préparation adéquate à une possible situation d'urgence au site ;
- prouver le respect des seuils, normes et limites administratives applicables ;
- démontrer aux organismes réglementaires et à la population que les impacts environnementaux sont tous connus, mesurés et qu'ils demeurent circonscrits au site.

En 2018, Hydro-Québec avait aussi transmis aux mêmes organismes réglementaires la révision 4 du *Plan de surveillance de l'environnement* (PSE)^[3]. Ce document définissait la plus récente adaptation des modalités d'analyses physico-chimiques de l'environnement. Sa mise en application fut aussi faite au cours de la même année.

Tous les changements de cette révision 4 du PSE avaient été préalablement entérinés par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC, aujourd'hui MELCCFP), selon les exigences de l'autorisation ministérielle (7450-17-01-00151-01) ayant permis la relocalisation du point de diffusion des effluents radiologiques liquides, maintenant submergé et situé au centre du chenal sud du fleuve Saint-Laurent.

Les principaux objectifs du PSE appliqué à Gentilly-2 en 2023 sont :

- d'effectuer le contrôle de la qualité physico-chimique des effluents liquides des installations de Gentilly-2 ;
- de s'assurer de la qualité physico-chimique des eaux de surface, d'infiltration et souterraines du site des installations de Gentilly-2 ;
- de démontrer aux organismes réglementaires et à la population que les impacts environnementaux liés à la qualité physico-chimique des rejets sont connus, mesurés et demeurent en deçà des cibles, des critères ou de la réglementation applicables.

Les principales sections du rapport *Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2* de l'année 2023 abordent, dans l'ordre, le suivi et la quantification de la radioactivité des effluents gazeux et liquides (chapitre 2), le bilan de consommation de combustible fossile et la surveillance physico-chimique des effluents liquides (chapitre 3), la reddition liée à d'autres engagements réglementaires (chapitre 4), la consommation d'eau (chapitre 5), le bilan de la gestion des matières dangereuses et autres matières résiduelles (chapitre 6), les rejets accidentels de contaminants dans l'environnement (chapitre 7), les résultats d'analyses effectuées sur une multitude de matrices en dispersion environnementale (chapitre 8) de même que l'estimation de la dose annuelle de rayonnements délivrée à plusieurs membres représentatifs de la population à proximité des installations de Gentilly-2 (chapitre 9). Enfin suivent les résultats de l'exercice d'intercomparaison auquel a souscrit le laboratoire de radioécologie d'Hydro-Québec à Trois-Rivières ainsi que les omissions aux deux plans de surveillance environnementale survenues en 2023 (chapitre 10).

2 Résultats du suivi des effluents – volet radiologique

Le chapitre 2 présente les résultats de la surveillance radiologique des effluents gazeux et liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023.

2.1 Effluents gazeux

En phase finale de préparation au stockage sous surveillance, l'installation nucléaire de Gentilly-2 demeure desservie par plusieurs systèmes et composantes qui assurent une ventilation aux bâtiments du réacteur et de la turbine ainsi qu'à plusieurs autres salles du bâtiment des services et des annexes. Bien que l'installation nucléaire ait définitivement cessé toute production d'énergie depuis plusieurs années, une part de radioactivité demeurera présente aux rejets gazeux à moyen terme, du moins jusqu'à ce que toute manœuvre impliquant des systèmes radioactifs soit complétée.

Les données du chapitre 2, spécifiquement associées aux effluents radiologiques, sont en partie exprimées en fonction des limites de rejets préalablement autorisées par la CCSN. À partir de la limite légale de dose annuelle de rayonnements pouvant être reçue par les individus du groupe le plus exposé et d'un modèle de transfert environnemental, il est ainsi possible de calculer les limites de rejets radioactifs qui, s'ils étaient maintenus constants toute une année, induiraient aux individus de ce groupe la dose maximale de rayonnements prescrite pour le public telle que définie par la CCSN. Cette limite de dose efficace se chiffre à 1 mSv (1 000 µSv) par année. Les limites de rejet, spécifiques à chaque radionucléide, constituent les limites opérationnelles dérivées (LOD), valeurs distinctes qui figurent au permis de chacune des installations nucléaires canadiennes, en respect de la réglementation fédérale.

Les hypothèses de travail et les méthodes de calcul ayant servi à la détermination des LOD spécifiques, en vigueur tout au long de l'année 2023 pour les rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, ont toutes été déterminées en conformité à la norme N288.1-14 du 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* ^[4]).

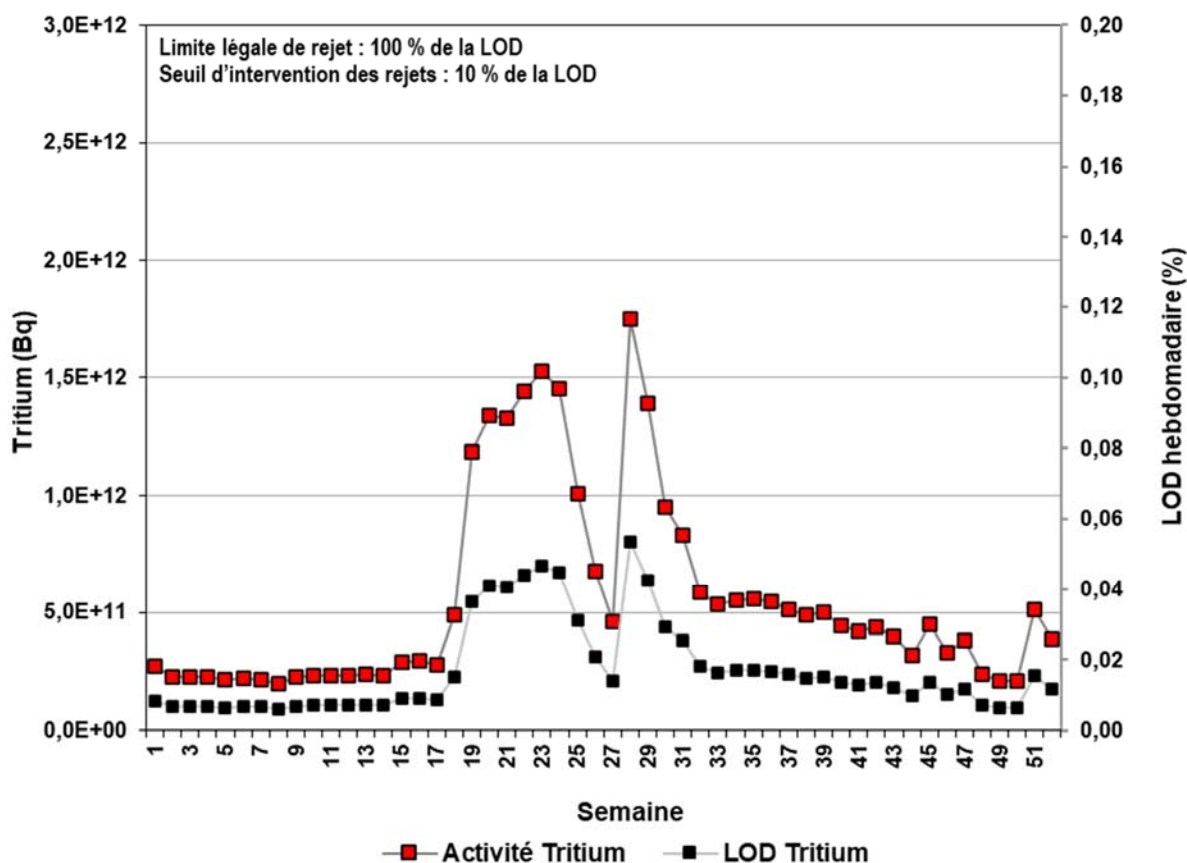
Les radionucléides les plus susceptibles d'être présents dans les émissions gazeuses à la cheminée principale, à la suite d'une interruption prolongée de l'exploitation d'un réacteur CANDU, sont détaillés au tableau 2-1. Les LOD correspondantes, propres à l'installation nucléaire de Gentilly-2, y figurent également. La longue absence d'un flux neutronique au cœur du réacteur, situation qui perdure depuis l'année 2012, amène une réduction significative des possibilités d'émissions pour certains radionucléides. À cet égard, la CCSN autorisait Hydro-Québec, en mai 2015, à cesser la surveillance des taux de rejets de gaz rares et de radioiodes à la cheminée principale.

Tableau 2-1 : Principales limites de rejets radioactifs gazeux à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2023

Radionucléides	Limite de rejet gazeux (Bq semaine ⁻¹)
Aérosols (⁶⁰ Co)	1,53E+10
³ H	3,26E+15
¹⁴ C	2,30E+13

Les figures 2-1 à 2-3 montrent les résultats des principaux radionucléides ayant fait l'objet d'une surveillance aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023. Conformément aux modalités du document d'application de la réglementation concernée, ces rejets sont exprimés en pourcentage des LOD (% LOD) ainsi qu'en sommation d'activité radiologique, sur une base hebdomadaire.

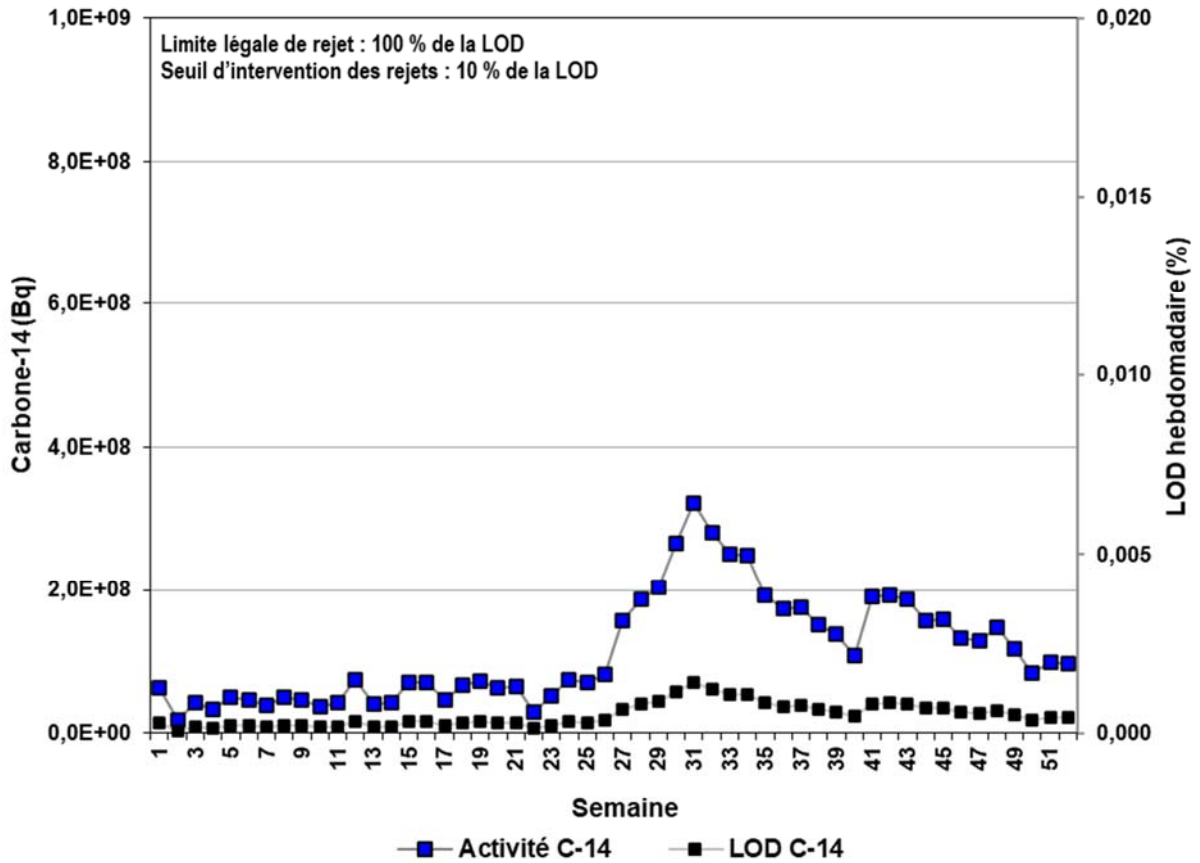
Figure 2-1 : Présence de tritium aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base hebdomadaire pour l'année 2023



L'activité hebdomadaire maximale de tritium, équivalente à 0,054 % LOD, a été mesurée à la 28^e semaine de l'année 2023. Entre les mois de mai et septembre, le drainage final de petites quantités d'eau lourde a été mené par Hydro-Québec. Ces quantités étaient toujours présentes dans certains points bas de quelques systèmes tels

que la détection de ruptures de gaines, les pompes de refroidissement en temps d'arrêt, le recueil d'eau lourde et les circuits d'échantillonnage des transmetteurs.

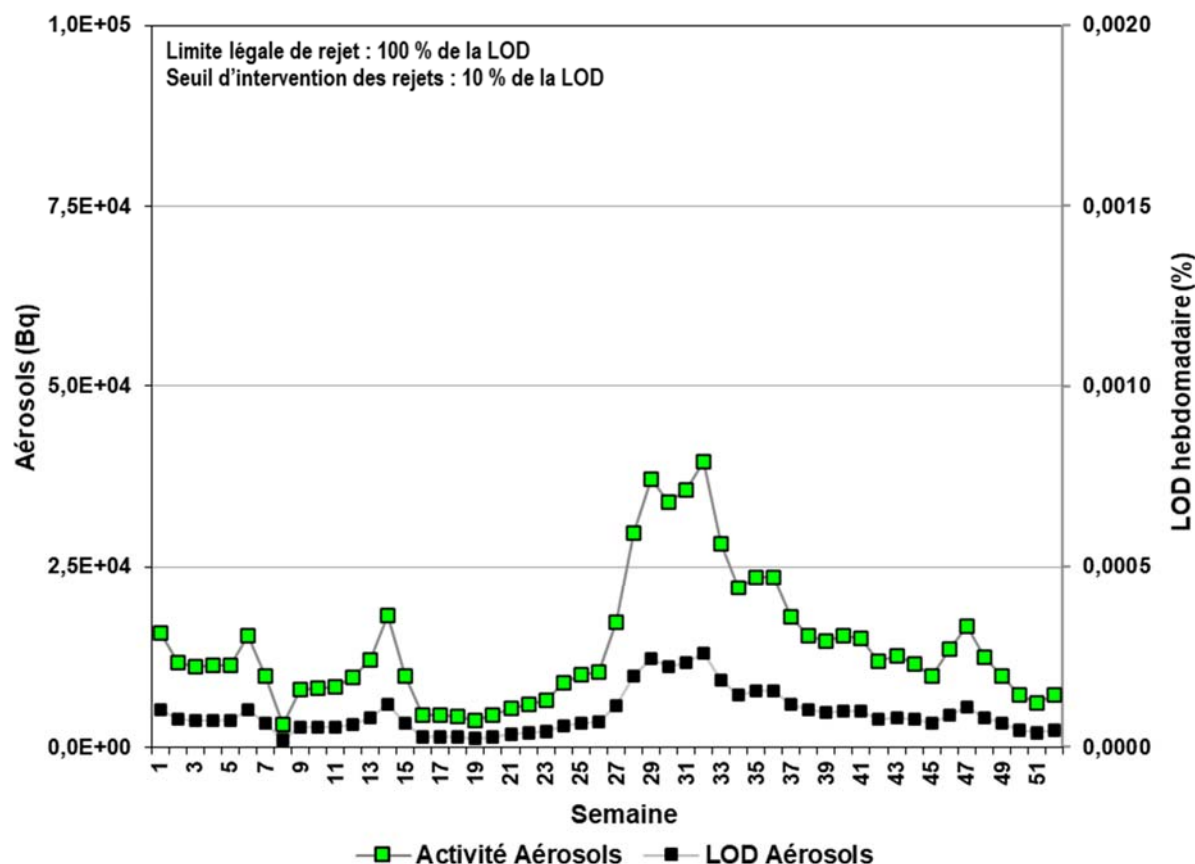
Figure 2-2 : Présence de carbone-14 aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base hebdomadaire pour l'année 2023



La troisième et dernière phase de gestion des résines usées échangeuses d'ions ayant été achevée en 2017, cette importante source de carbone-14 n'était donc plus sujette à influencer les effluents radioactifs en 2023. L'activité de carbone-14 aux effluents gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 y a donc été très faible, comme il était anticipé. L'activité hebdomadaire maximale de carbone-14 observée en 2023 ne fut donc équivalente qu'à 0,001 % LOD, et a été mesurée à la 31^e semaine.

Le profil des valeurs hebdomadaires d'émissions de carbone-14 relevées au cours des dernières années ne laisse plus présager de changements importants qui seraient causés par des activités toujours en cours ou par l'état actuel des systèmes en arrêt définitif.

Figure 2-3 : Présence d'aérosols radioactifs aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base hebdomadaire pour l'année 2023



L'activité bêta totale mesurée aux aérosols fut minime tout au long de l'année 2023. La sommation hebdomadaire maximale, qui fut moindre qu'une valeur équivalente à un millièmes de pour cent LOD (0,0003 % LOD), fut mesurée à la 32^e semaine. Durant les quelques semaines où la présence d'aérosols fut à la hausse en 2023, des activités de coupe de déchets métalliques en piscines furent réalisées. La ventilation forcée de ces locaux a ainsi suffi à conduire certaines particules vers la cheminée principale.

À l'instar de l'année précédente, la totalité des valeurs hebdomadaires d'activité de tritium, de carbone-14 de même que celles liées aux aérosols a été bien en deçà d'un ratio équivalent à un dixième d'un pour cent LOD (0,1 % LOD), et ce, tout au long de l'année 2023. Les deux principaux systèmes nucléaires (caloporteur et modérateur) sont drainés de leur contenu en eau lourde depuis plusieurs années et la majorité des systèmes dits auxiliaires sont également dans un état de mise en retrait définitive.

Les tableaux 2-2 et 2-3 présentent, par semestre, les valeurs d'activité hebdomadaires pour les radionucléides ou indice de radioactivité d'intérêt aux rejets gazeux en 2023.

Tableau 2-2 : Activité des principaux radionucléides ou indice de radioactivité issus des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le premier semestre de l'année 2023

Semaine	Tritium (Bq)	Aérosols (Bq)	Carbone-14 (Bq)
1	2,73E+11	1,56E+04	6,32E+07
2	2,25E+11	1,17E+04	1,86E+07
3	2,27E+11	1,11E+04	4,18E+07
4	2,26E+11	1,12E+04	3,41E+07
5	2,15E+11	1,13E+04	4,94E+07
6	2,20E+11	1,54E+04	4,59E+07
7	2,16E+11	9,68E+03	3,97E+07
8	2,01E+11	2,96E+03	5,07E+07
9	2,26E+11	7,95E+03	4,63E+07
10	2,32E+11	8,06E+03	3,75E+07
11	2,31E+11	8,19E+03	4,19E+07
12	2,35E+11	9,52E+03	7,37E+07
13	2,37E+11	1,21E+04	4,04E+07
14	2,30E+11	1,81E+04	4,34E+07
15	2,90E+11	9,69E+03	7,12E+07
16	2,93E+11	4,42E+03	7,15E+07
17	2,80E+11	4,28E+03	4,55E+07
18	4,90E+11	4,16E+03	6,69E+07
19	1,19E+12	3,54E+03	7,24E+07
20	1,34E+12	4,37E+03	6,35E+07
21	1,33E+12	5,22E+03	6,52E+07
22	1,44E+12	5,93E+03	2,95E+07
23	1,52E+12	6,40E+03	5,14E+07
24	1,46E+12	8,83E+03	7,49E+07
25	1,01E+12	1,00E+04	7,00E+07
26	6,75E+11	1,04E+04	8,21E+07
Gras Valeur hebdomadaire maximale pour l'année 2023			

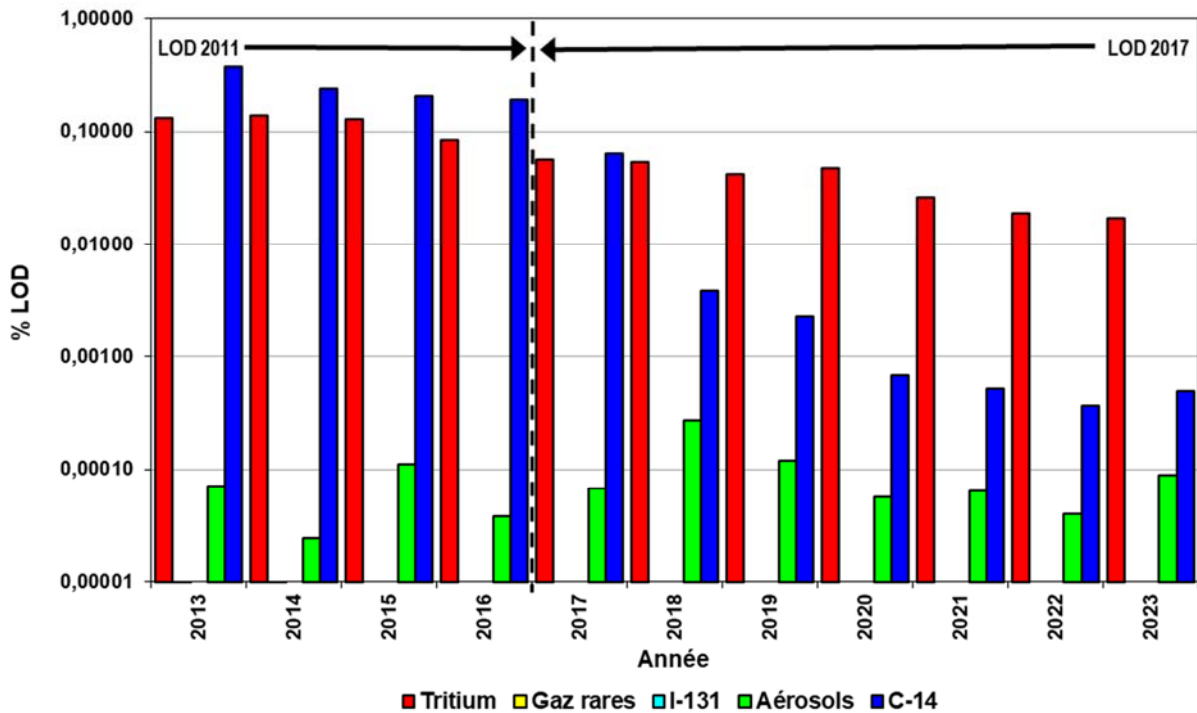
Tableau 2-3 : Activité des principaux radionucléides ou indice de radioactivité issus des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le second semestre de l'année 2023

Semaine	Tritium (Bq)	Aérosols (Bq)	Carbone-14 (Bq)
27	4,60E+11	1,72E+04	1,57E+08
28	1,75E+12	2,96E+04	1,88E+08
29	1,39E+12	3,71E+04	2,03E+08
30	9,50E+11	3,40E+04	2,66E+08
31	8,34E+11	3,56E+04	3,21E+08
32	5,87E+11	3,96E+04	2,81E+08
33	5,36E+11	2,82E+04	2,50E+08
34	5,55E+11	2,20E+04	2,49E+08
35	5,55E+11	2,35E+04	1,93E+08
36	5,49E+11	2,34E+04	1,74E+08
37	5,13E+11	1,79E+04	1,76E+08
38	4,87E+11	1,53E+04	1,52E+08
39	4,99E+11	1,45E+04	1,39E+08
40	4,43E+11	1,53E+04	1,08E+08
41	4,19E+11	1,50E+04	1,90E+08
42	4,41E+11	1,17E+04	1,93E+08
43	3,98E+11	1,25E+04	1,88E+08
44	3,21E+11	1,14E+04	1,58E+08
45	4,48E+11	9,72E+03	1,60E+08
46	3,28E+11	1,34E+04	1,32E+08
47	3,81E+11	1,66E+04	1,29E+08
48	2,38E+11	1,24E+04	1,48E+08
49	2,10E+11	9,70E+03	1,18E+08
50	2,10E+11	7,06E+03	8,46E+07
51	5,10E+11	5,97E+03	9,81E+07
52	3,84E+11	7,07E+03	9,79E+07
Gras Valeur hebdomadaire maximale pour l'année 2023			

La figure 2-4 présente l'historique à long terme de l'activité radiologique annuelle quantifiée aux rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Lorsque les valeurs absolues de radioactivité sont considérées, on peut constater que par rapport à l'année précédente, la variation de l'activité annuelle de tritium aux rejets gazeux a été en diminution de 9,8 % en 2023. Les mêmes valeurs associées au carbone-14 et aux aérosols radioactifs ont quant à elles été en hausse, respectivement de 35,6 % et de 126,1 %, et ce, toujours en comparaison à l'année 2022.

Pour les effluents gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2, la sommation annuelle de l'activité radiologique en 2023 fut de 2,89E+13 Bq pour le tritium, de 5,94E+09 Bq pour le carbone-14 et de 7,16E+05 Bq pour les aérosols radioactifs.

Figure 2-4 : Rejets radioactifs gazeux annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 2013-2023



Note : Modification des valeurs des LOD pour les émissions atmosphériques en juin 2011 et en juillet 2017.

2.2 Effluents liquides

Outre celui que composent les rejets radioactifs, le principal effluent liquide des installations de Gentilly-2 était, en 2023, celui de l'eau brute d'alimentation (EBA), qui est toujours rejetée via les conduites d'évacuation de l'eau de circulation (EDC). S'ajoutent aussi celui de l'effluent de l'étang aéré d'épuration des eaux usées sanitaires ainsi que ceux des réseaux de drainage pluvial du site (carte A-2 de l'annexe A).

Tout comme la radioactivité liée aux émissions atmosphériques, celle issue des rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 sera encore présente à moyen terme, malgré la cessation définitive de toute production d'énergie. Les quelques variations d'activité radiologique aux rejets liquides, documentées pour l'année 2023, sont aussi attribuées à la réalisation d'étapes préalables à la phase de stockage sous surveillance.

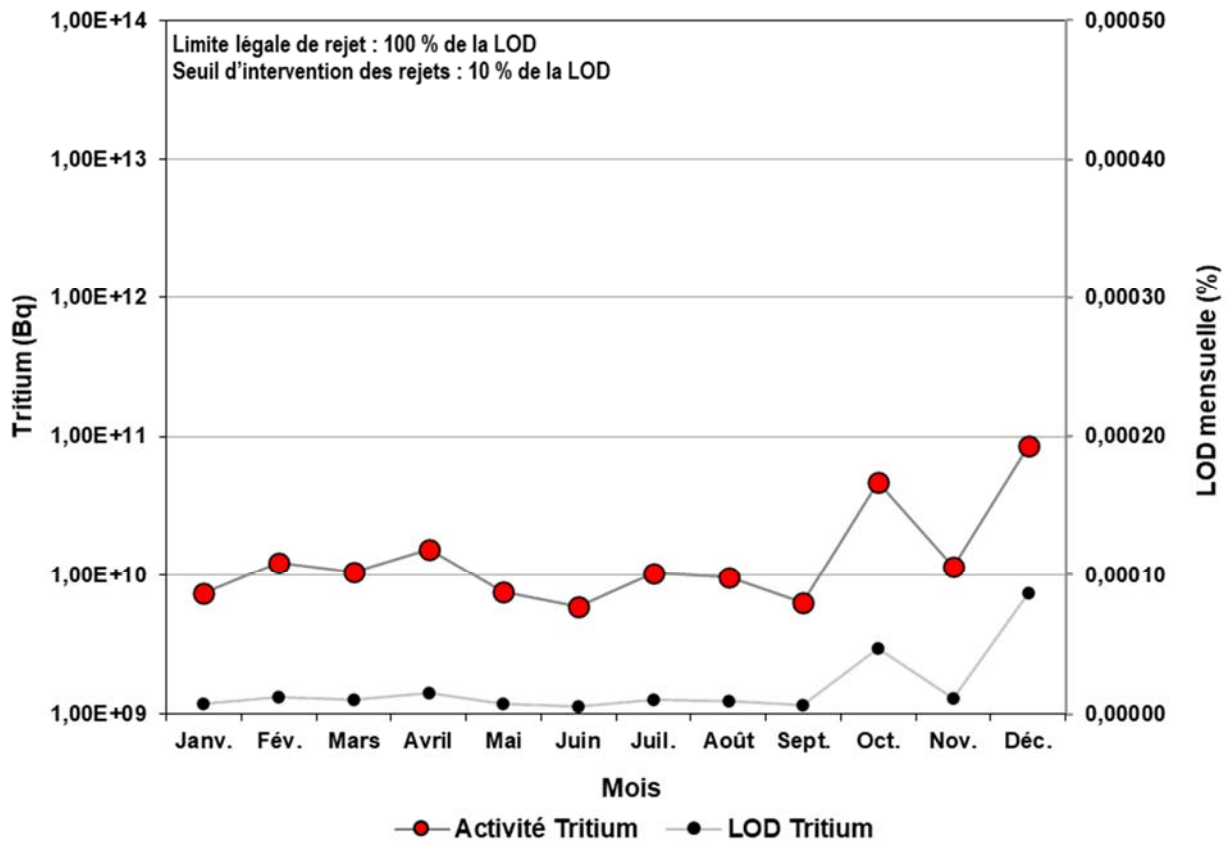
Les principaux radionucléides susceptibles d'être retrouvés dans les effluents liquides de l'installation nucléaire, en cette période de préparation à l'état de stockage sous surveillance, sont présentés au tableau 2-4, de même que toutes les valeurs des LOD qui leur sont associées. Elles ont été calculées de façon similaire aux LOD gazeuses. Les valeurs actuelles de LOD liquides, mises en application en novembre 2018, sont également conformes à la norme N288.1-14 du Groupe CSA.

Tableau 2-4 : Principales limites de rejets radioactifs liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2023

Radionucléides	Limite de rejet liquide (Bq mois ⁻¹)
β total (¹³⁷ Cs)	1,58E+12
³ H	1,00E+17
¹⁴ C	2,25E+13
⁶⁰ Co	1,00E+14
⁹⁵ Zr	1,00E+15
⁹⁵ Nb	3,33E+14
¹²⁴ Sb	3,29E+14
¹²⁵ Sb	6,75E+14
¹³⁴ Cs	1,08E+12
¹³⁷ Cs	1,58E+12

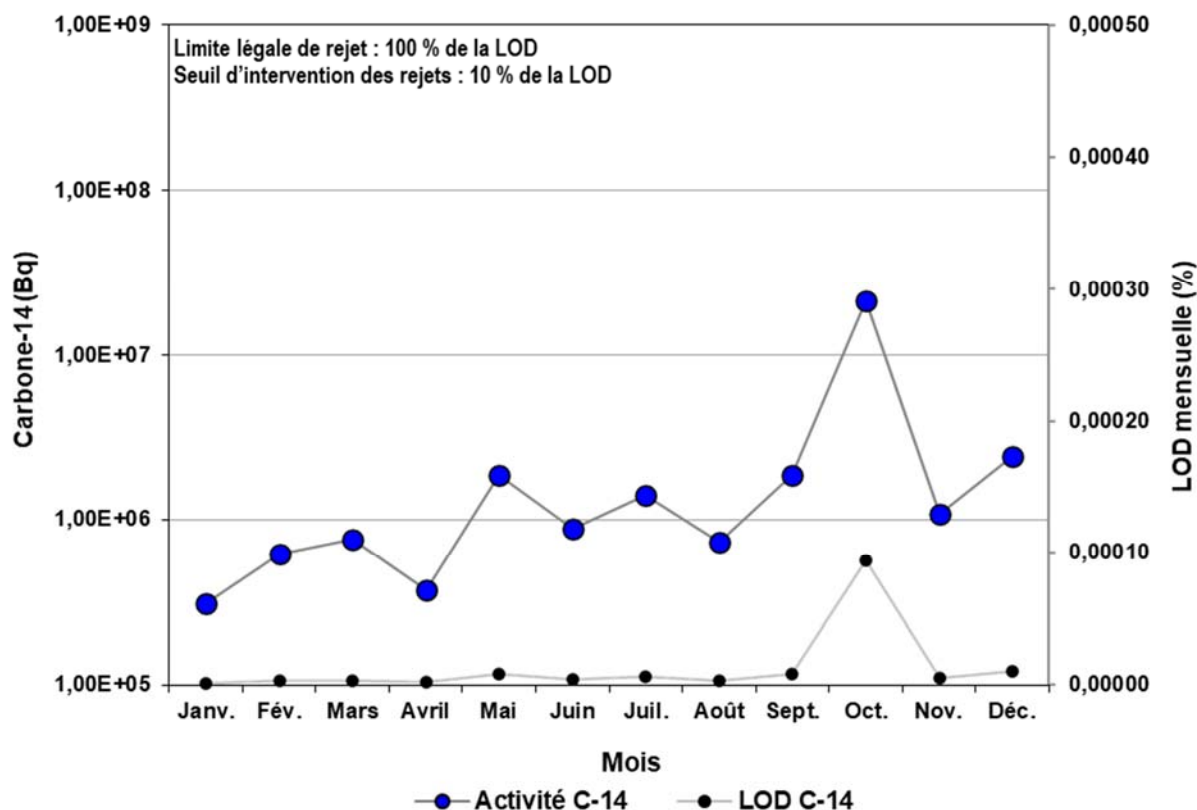
Les figures 2-5 à 2-7 présentent l'ensemble des valeurs d'activité des principaux radionucléides détectés et quantifiés aux rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023. Conformément aux modalités du document d'application de la réglementation concernée, ces rejets sont aussi exprimés en pourcentage des LOD (% LOD) ainsi qu'en sommation d'activité radiologique, sur une base mensuelle.

Figure 2-5 : Présence de tritium aux effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base mensuelle pour l'année 2023



Au cours de l'année 2023, relativement peu d'activités préparatoires à la période de stockage sous surveillance de l'installation nucléaire ont influencé les concentrations de tritium mesurées mensuellement aux effluents liquides. En somme, les valeurs ont été minimales aux trois premiers trimestres de l'année, avant l'avènement de légères variations à la hausse au dernier trimestre. L'activité mensuelle maximale de tritium quantifiée au cours de l'année 2023 est ainsi celle du mois de décembre, et elle fut équivalente à seulement 0,00009 % LOD.

Figure 2-6 : Présence de carbone-14 aux effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base mensuelle pour l'année 2023

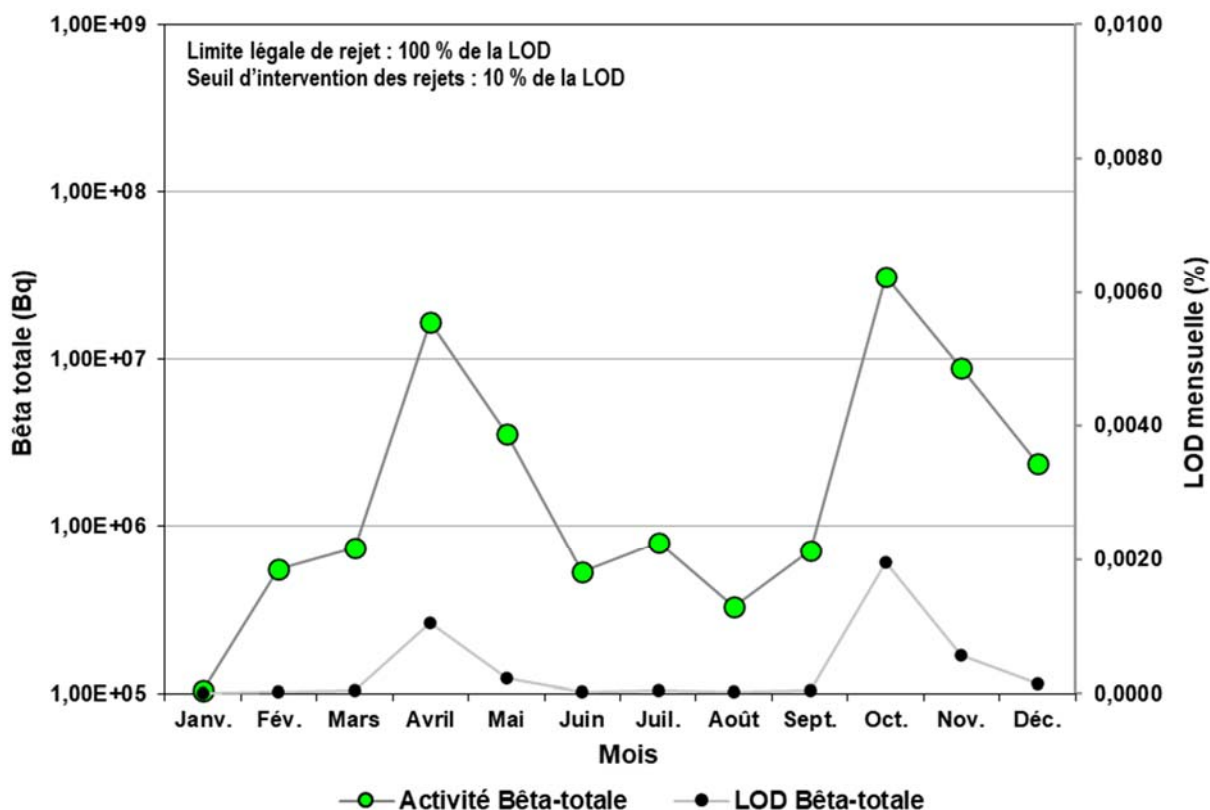


Les valeurs mensuelles d'activité de carbone-14 aux effluents liquides sont demeurées très faibles au cours de l'année 2023, tout comme aux quelques années précédentes. Rappelons que l'année 2018 avait été marquée d'une chute drastique de la présence de carbone-14 à la suite de l'achèvement du transfert des résines usées échangeuses d'ions.

Comme il était considéré que près de 90 % de la charge de carbone-14 produite pendant toute la période d'exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2 avait été captée aux résines dédiées à la purification de l'eau lourde du système modérateur, il était prévu que la fin de ces travaux, en automne 2017, soit suivie d'un retour permanent à de très faibles concentrations de carbone-14 aux effluents radioactifs liquides.

L'activité mensuelle maximale de carbone-14 quantifiée aux effluents liquides au cours de 2023 fut celle du mois d'octobre, à seulement 0,00009 % LOD. La déclinaison des valeurs mensuelles de l'année 2023 est similaire à l'année précédente, mais marque toujours un contraste avec la dernière année de gestion des résines usées en 2017.

Figure 2-7 : Présence d'activité bêta totale aux effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, exprimée en % LOD et en activité sur une base mensuelle pour l'année 2023



Au cours de l'année 2023, le profil des résultats d'activité bêta totale quantifiée aux rejets radiologiques liquides montre encore des valeurs faibles. À cet égard, la valeur mensuelle maximale est aussi associée au mois d'octobre, et est mesurée à deux millièmes d'un pour cent (0,002 % LOD) de sa LOD spécifique. Les activités de gestion de déchets métalliques réalisées en piscines au cours de l'année pourraient aussi être à la source des quelques valeurs plus élevées rencontrées au cours de l'année 2023.

Le tableau 2-5 présente les valeurs mensuelles d'activité pour des radionucléides ou indice de radioactivité d'intérêt, aux effluents radioactifs liquides en 2023.

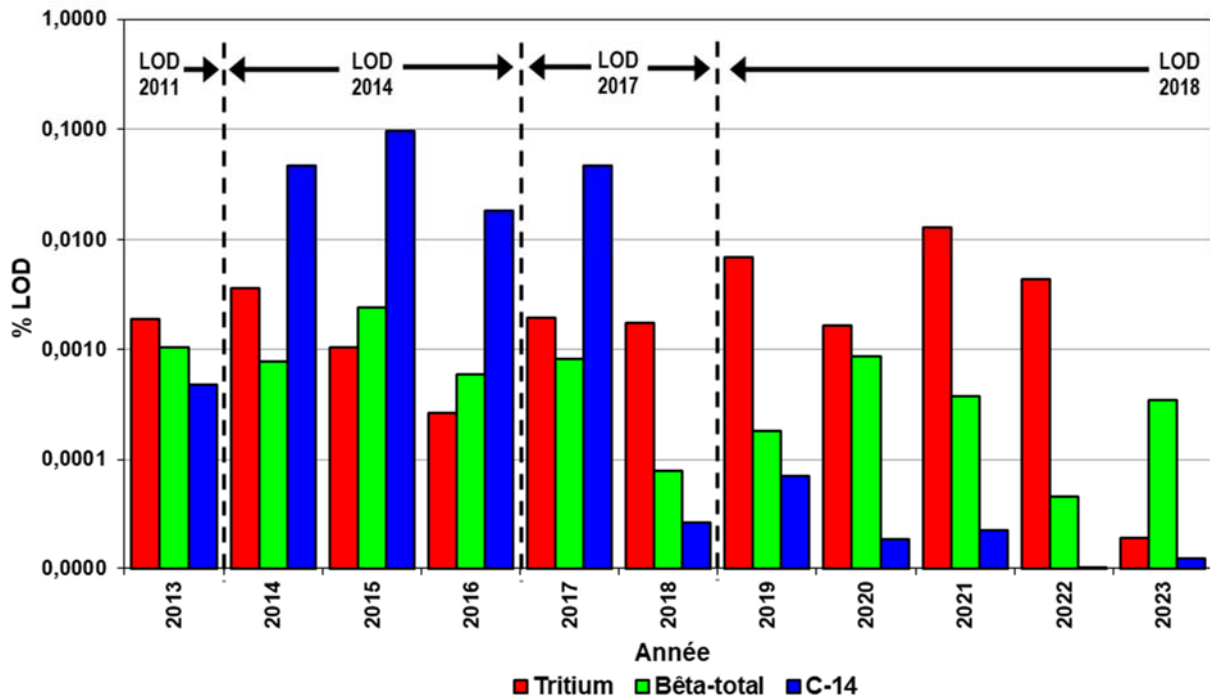
Tableau 2-5 : Activité des principaux radionucléides ou indice de radioactivité issus des effluents liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023

Mois	Tritium (Bq)	Bêta totale (Bq)	Carbone-14 (Bq)
Janvier	7,35E+09	1,04E+05	3,10E+05
Février	1,22E+10	5,52E+05	6,20E+05
Mars	1,05E+10	7,45E+05	7,54E+05
Avril	1,54E+10	1,66E+07	3,72E+05
Mai	7,58E+09	3,60E+06	1,85E+06
Juin	5,94E+09	5,30E+05	8,74E+05
Juillet	1,03E+10	7,95E+05	1,41E+06
Août	9,60E+09	3,30E+05	7,36E+05
Septembre	6,27E+09	7,21E+05	1,85E+06
Octobre	4,73E+10	3,09E+07	2,12E+07
Novembre	1,15E+10	8,91E+06	1,08E+06
Décembre	8,64E+10	2,37E+06	2,41E+06
Gras Valeur mensuelle maximale pour l'année 2023			

La figure 2-8 présente les valeurs annuelles de radioactivité aux rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, de 2013 à 2023. En comparaison de l'année précédente, la valeur annuelle d'activité de tritium de l'année 2023 fut en baisse marquée de 99,6 % alors que les mêmes valeurs de carbone-14 et d'activité bêta totale dans les particules en suspension furent quant à elles en hausse, respectivement de 25,3 % et de 660,0 %. Par ailleurs, toutes les valeurs mensuelles de tritium, de carbone-14 et d'activité bêta totale, recensées aux effluents radioactifs liquides en 2023, ont aussi été en deçà d'un ratio équivalent à un centième d'un pour cent LOD (0,01 % LOD).

Pour les effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2, la sommation annuelle de l'activité radiologique en 2023 fut de 2,30E+11 Bq pour le tritium, de 3,34E+07 Bq pour le carbone-14 et de 6,61E+07 Bq pour l'activité bêta totale.

Figure 2-8 : Rejets radioactifs liquides annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 2013-2023



Note : Modification des valeurs des LOD pour les émissions liquides en juin 2011, en octobre 2014, en juillet 2017 et en novembre 2018.

2.2.1 Réservoirs de récupération des eaux radioactives

Toutes les eaux potentiellement radioactives provenant des différents systèmes ou locaux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 sont d'abord drainées dans un des cinq différents réservoirs de récupération des eaux radioactives, d'une capacité unitaire effective de 60 000 L. Le contenu de chacun en est ensuite échantillonné, analysé (paramètres radiologiques et physico-chimiques), neutralisé si nécessaire, puis dispersé au fleuve Saint-Laurent via la conduite prolongée d'évacuation des effluents liquides. En 2023, le contenu de 46 réservoirs a été vidangé selon cette procédure, en baisse de 29,2 % par rapport à 2022. Certaines activités de préparation à l'état de stockage sous surveillance abordées aux sections précédentes sont un apport aux réservoirs.

Outre les apports d'eau générés par les activités réalisées à l'intérieur des bâtiments des installations de Gentilly-2, de faibles quantités collectées aux cylindres des modules de stockage à sec du combustible irradié, en préparation de l'échantillonnage d'air, et aussi des puisards de l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR) peuvent également être acheminées dans un réservoir de récupération des eaux radioactives. Tous ces volumes d'eau sont analysés et ensuite contrôlés au besoin, préalablement à la vidange.

Certains autres apports d'eau sont maintenant dérivés du réseau de collecte menant aux réservoirs de récupération des eaux radioactives. Hydro-Québec partage à la CCSN les résultats d'une caractérisation complémentaire, dorénavant réalisée trimestriellement, et ce, à même le *Rapport sur les indicateurs de rendement en matière de sûreté des installations de Gentilly-2 – rejets radiologiques dans l'environnement*. Ces volumes d'eau impliquent principalement celle s'infiltrant dans des drains ceinturant la base des deux réservoirs souterrains de résines usées, vides de tout contenu depuis l'année 2017.

2.2.2 Drainage pluvial

Le tableau 2-6 présente la qualité radiologique des eaux de surface prélevées dans les systèmes de drainage des eaux pluviales des installations de Gentilly-2, au cours de l'année 2023. Ces installations sont desservies par trois réseaux de drainage pluvial recueillant les eaux de surface d'une large superficie des terrains à l'intérieur du périmètre clôturé du site et dans les aires de stationnement (carte A-2 de l'annexe A).

Tableau 2-6 : Activité des principaux radionucléides dans les systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2023

Puisard	Date	Tritium (Bq L ⁻¹)	Carbone-14 (Bq L ⁻¹)	Spectrométrie gamma		
				⁶⁰ Co (Bq Kg ⁻¹)	¹²⁵ Sb (Bq Kg ⁻¹)	¹³⁷ Cs (Bq Kg ⁻¹)
MCH-1	Avril 2023	125 ± 5	< 0,23	< 0,15	< 0,34	< 0,15
	Juillet 2023	177 ± 5	< 0,23	< 0,15	< 0,35	< 0,15
	Octobre 2023	100 ± 5	< 0,23	< 0,13	< 0,32	< 0,13
MCH-2	Avril 2023	120 ± 5	< 0,23	< 0,12	< 0,28	< 0,12
	Juillet 2023	132 ± 4	< 0,23	< 0,14	< 0,30	< 0,12
	Octobre 2023	427 ± 8	0,27 ± 0,03	< 0,16	< 0,37	< 0,15
MCH-3	Avril 2023	133 ± 5	< 0,23	< 0,13	< 0,31	< 0,13
	Juillet 2023	168 ± 5	< 0,23	< 0,15	< 0,35	< 0,14
	Octobre 2023	59 ± 5	< 0,23	< 0,08	< 0,29	< 0,11

L'analyse des concentrations de radioactivité aux trois séries de résultats disponibles pour l'année 2023 prouve l'absence d'un quelconque événement qui aurait été la source d'une dispersion de radioactivité à proximité de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Seule une valeur quantifiable de carbone-14 fut recensée au cours de l'année, alors qu'aucun émetteur gamma n'a été relevé. De plus, la présence de tritium y est minime.

2.2.3 Eaux usées sanitaires

Considérant l'emplacement des cabinets de toilettes en zone contrôlée, des analyses radiologiques sont également conduites à l'effluent des eaux usées sanitaires, qui sont d'abord canalisées à l'étang aéré de Gentilly-2.

En 2023, la concentration maximale de tritium mesurée dans les eaux usées sanitaires produites aux multiples points desservis dans l'ensemble des bâtiments des installations de Gentilly-2 fut de 21 Bq L^{-1} (juillet 2023). Aussi, la concentration de carbone-14 n'a jamais été supérieure à la limite de détection (LD) de la méthode d'analyse. Finalement, la seule valeur quantifiée d'émetteur gamma qui fut supérieure à la LD fut celle du thallium-208, mesuré à $0,22 \text{ Bq L}^{-1}$ (juillet 2023).

3 Résultats du suivi des effluents – volet physico-chimique

Le chapitre 3 porte sur les principaux contaminants atmosphériques liés aux activités des installations de Gentilly-2 et rapporte les résultats du suivi des effluents liquides pour le volet physico-chimique.

3.1 Émissions atmosphériques

Pour les installations de Gentilly-2 et leurs différents systèmes et équipements, les principales sources d'émissions atmosphériques de contaminants physico-chimiques sont les moteurs à combustion et la perte de gaz réfrigérants (halocarbures).

3.1.1 Consommation de produits pétroliers

Le tableau 3-1 présente la consommation de produits pétroliers de 2020 à 2023. Ces produits pétroliers sont utilisés dans le cadre de la poursuite de l'opération de quelques systèmes ainsi que de l'entretien et la surveillance des installations de Gentilly-2. Les données de consommation de produits pétroliers proviennent du magasin au site des installations qui gère toutes les entrées et sorties de matériel, notamment les carburants.

Tableau 3-1 : Quantité de produits pétroliers consommés aux installations de Gentilly-2 pour la période 2020-2023

Type de produit pétrolier	Quantité consommée par année (litres)			
	2020	2021	2022	2023
Gaz de pétrole liquéfié (propane) (utilisé par les chariots élévateurs d'Hydro-Québec)	1 078	495	1 369	961
Essence (utilisée par les véhicules légers d'Hydro-Québec)	13 535	10 874	8 355	7 966
Diésel clair (utilisé par les véhicules lourds d'Hydro-Québec)	3 479	1 723	1 459	0
Diésel coloré (utilisé par les moteurs stationnaires d'Hydro-Québec)	1 394	1 191	928	2 137

Les variations annuelles de consommation de propane, d'essence et de diésel clair par les différents véhicules d'Hydro-Québec s'expliquent généralement par la nature et l'ampleur des travaux faits sur le site, de même que par le nombre de rondes effectuées par les agents responsables de la sécurité industrielle des installations de Gentilly-2.

La consommation de combustibles fossiles par les moteurs stationnaires est liée aux essais impliquant la relève d'urgence des pompes du système d'eau d'incendie.

3.1.2 Gaz réfrigérants

Aux installations de Gentilly-2, l'utilisation d'hydrochlorofluorocarbures (HCFC) est liée aux nombreux systèmes de réfrigération. Pour chaque intervention sur ces systèmes, un registre est tenu afin de comptabiliser les pertes et les recharges de gaz, le cas échéant. L'estimation des émissions totales de gaz réfrigérants dans l'environnement se fait en considérant les quantités de gaz ajouté dans les équipements.

En 2023, il y a eu deux événements ayant mené à l'émission accidentelle de gaz réfrigérant. Lors du premier rejet constaté le 23 mai, 9 kg de HCFC ont été perdus dans l'atmosphère en raison d'une micro-fuite sur un système de climatisation.

Lors du second rejet, constaté le 4 juillet, 27,2 kg de HCFC ont aussi été perdus à l'atmosphère provenant d'une fuite à un robinet d'un autre système de climatisation.

3.2 Effluents liquides

Comme décrit à la précédente section 2.2, les principaux effluents liquides des installations de Gentilly-2 sont rejetés via :

- la conduite d'évacuation de l'EDC (pour la seule portion de l'EBA) ;
- l'étang aéré pour l'épuration des eaux usées sanitaires ;
- le réseau de drainage pluvial.

Tous ces effluents liquides sont ultimement déversés dans le canal de rejet de Gentilly-2, où aboutissent les extrémités de canalisations de ces systèmes à l'exception d'une portion du drainage pluvial qui lui se déverse dans le canal d'amenée.

À ces trois effluents s'ajoute celui de procédé provenant des réservoirs de récupération des eaux radioactives, maintenant dispersé au fleuve via le prolongement de la conduite d'effluents liquides dans le chenal sud du fleuve Saint-Laurent.

Les sous-sections suivantes présentent le bilan des résultats de la surveillance physico-chimique des effluents liquides pour lesquels des normes ou des cibles sont établies. Les différents paramètres et critères de surveillance physico-chimique sont documentés dans le PSE des installations de Gentilly-2 ^[3] qui a initialement été élaboré par Hydro-Québec et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC, aujourd'hui MELCCFP) lors de l'émission du décret 536-2007 du 27 juin 2007. Ce décret concernait la délivrance d'un certificat d'autorisation pour le projet de modification des installations de stockage des déchets radioactifs au site de Gentilly-2.

Les modalités de surveillance du volet physico-chimique, décrites au PSE, sont aussi résumées au tableau B-1 de l'annexe B.

3.2.1 Réservoirs de récupération des eaux radioactives

Le système de gestion des déchets radioactifs liquides reçoit toutes les eaux potentiellement contaminées des systèmes radioactifs de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Lorsqu'un réservoir doit être vidangé, des analyses physico-chimiques et radiologiques sont effectuées afin de déterminer l'acceptabilité du rejet. Si tous les critères physico-chimiques et radiologiques sont respectés, le contenu du réservoir est pompé dans la conduite prolongée des effluents radioactifs liquides qui se termine dans le chenal sud du fleuve Saint-Laurent.

Advenant le dépassement d'un critère ou d'une norme, Hydro-Québec s'assure que les eaux destinées au rejet soient d'abord neutralisées ou traitées conformément aux procédures d'exécution. Des analyses supplémentaires sont par la suite effectuées et la procédure se répète jusqu'à ce que la qualité de l'eau des effluents respecte pleinement les critères et qu'un rejet soit autorisé. Le tableau 3-2 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées aux réservoirs de récupération des eaux radioactives, et ce, avant toute neutralisation ou tout traitement.

Tableau 3-2 : Résultats d'analyses physico-chimiques des réservoirs de récupération des eaux radioactives de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023

Paramètre	Norme	Résultat		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
Hydrocarbures Pétroliers (HP) C ₁₀ -C ₅₀ (mg L ⁻¹)	≤ 5	< 0,10	< 0,10	< 0,10
pH	5,5 à 9,5	7,94	8,80	7,21

3.2.2 Eaux usées sanitaires

Les eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2, dont le débit moyen a été de 52 m³ jour⁻¹ en 2023, sont collectées par une station de pompage et traitées dans un étang aéré dûment autorisé. L'eau transite par deux cellules qui sont aérées par des pompes submersibles et par une troisième, non aérée, permettant la sédimentation des matières en suspension (MES). Les trois cellules sont séparées physiquement par deux membranes semi-perméables, ce qui permet notamment un temps de résidence adéquat. Finalement, l'eau traitée est évacuée dans le canal de rejet par le biais d'un émissaire. Les résultats du suivi environnemental sont illustrés au tableau 3-3.

Tableau 3-3 : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'effluent du système de traitement des eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2 pour l'année 2023

Paramètre	Norme ou cible	Concentration		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO ₅) (mg L ⁻¹)	≤ 30	2,8	6,0	< 2
Coliformes fécaux (c.f. 10 ml ⁻¹)	≤ 20 000	79	340	9
HP C ₁₀ -C ₅₀ (mg L ⁻¹)	Absence de film visible à la surface	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Oxygène dissous (mg L ⁻¹)	≥ 2 (cible)	7,47	14,92	0,00
Toxicité (UTa)	Aucune	< 1	< 1	< 1

En 2023, tous les paramètres mesurés lors des inspections mensuelles ont satisfait les normes et cible à l'exception d'une mesure d'oxygène dissous au mois de juin. Aussi, les lentilles aquatiques à la surface de l'eau de l'étang aéré ont été récupérées entre le 25 octobre et le 1^{er} novembre, et ce, afin d'éviter que des phosphates ne soient relâchés durant la période hivernale et que leur décomposition n'amène une augmentation de la charge organique à l'effluent final.

3.2.3 Eaux de surface – drainage pluvial

Les systèmes de drainage des eaux pluviales sont composés de trois réseaux qui recueillent les eaux de surface des voies de circulation et des aires d'aménagement à l'intérieur de la digue de protection contre les inondations et celles des drains de toits. Ces eaux sont dirigées vers trois postes de pompage que sont MCH-1, 2 et 3 (carte A-2 de l'annexe A). Chacun des postes possède deux pompes qui démarrent lorsque le niveau d'eau atteint un point de consigne. Ces pompes évacuent ensuite l'eau au fleuve Saint-Laurent. En 2023, trois séries d'analyses physico-chimiques ont été effectuées à chacun des postes. Les moyennes sont présentées au tableau 3-4.

Tableau 3-4 : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'effluent des systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2023

Réseau	Moyenne (mg L ⁻¹)					
	Chlorures	Chrome	Plomb	Fer	HP C ₁₀ -C ₅₀	MES
MCH-1	136	0,0052	0,00050	6,7	0,11	51,3
MCH-2	420	0,3383	0,00051	0,18	< 0,10	3,7
MCH-3	182	0,00576	0,00350	4,90	0,12	111,7

Parmi tous les paramètres analysés, seuls les hydrocarbures pétroliers (HP C₁₀-C₅₀) sont normés, leur concentration devant être inférieure à 2 mg L⁻¹. Les résultats indiquent que cette norme a été respectée en 2023.

4 Autres engagements de suivi

Dans le cadre du PSE ^[3] ou de circonstances réglementaires additionnelles, d'autres engagements doivent faire l'objet de suivis. Le présent chapitre fait état de ces résultats.

4.1 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. De l'huile minérale isolante est utilisée dans ces appareils sous lesquels un réservoir de récupération d'huile est installé en cas de défaillance, pour ensuite se canaliser à un séparateur eau-huile. L'eau qui sort du séparateur eau-huile est ensuite acheminée vers le puisard pluvial MCH-1, puis dans le canal de rejet (carte A-2 de l'annexe A).

Le système de récupération d'huile est conçu de façon à pouvoir en récupérer le contenu et ensuite le gérer conformément aux encadrements internes de gestion des matières dangereuses résiduelles (MDR), et en respect de la réglementation applicable.

La responsabilité du suivi et de l'entretien du séparateur eau-huile est confiée à une autre instance d'Hydro-Québec (anciennement nommé TransÉnergie). L'obligation de suivi est cependant incluse au PSE des installations de Gentilly-2 et prévoit une mesure annuelle de l'épaisseur de la couche d'huile dans le séparateur. Au cours de l'année 2023, une telle mesure d'huile a été effectuée à la mi-juin. Une épaisseur de 35 cm a ainsi été relevée. Des travaux de nettoyage et de pompage de toute la quantité d'huile ont donc suivi plus tard en juillet de la même année.

4.2 Suivi des eaux souterraines au pourtour des installations de stockage de déchets radioactifs

Les résultats du suivi de la qualité physico-chimique des eaux de la nappe phréatique à proximité des installations de déchets radioactifs sont présentés au tableau 4-1. Les résultats de la surveillance radiologique des eaux souterraines à ces mêmes installations sont quant à eux présentés au chapitre 8 du présent rapport.

Au total, sept piézomètres (P-5, P-7, P-22, P-31, P-36, P-X et P-Y) sont échantillonnés aux horizons A, B et C (carte A-3 et figure A-1 de l'annexe A) pour le suivi de la qualité physico-chimique des eaux souterraines. Ces piézomètres impliquent le suivi des eaux souterraines des secteurs suivants :

- nord de l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS) (P-5) ;
- fossé à l'ouest de l'IGDRS (P-7) ;
- périphérie de l'ASDR (P-22, P-31 et P-36) ;
- périphérie de l'IGDRS (P-X et P-Y).

Tableau 4-1 : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines prélevées au pourtour des installations de déchets radioactifs de Gentilly-2 pour l'année 2023

Paramètre	Critère	Moyenne des mesures ou concentrations		
		Horizon A	Horizon B	Horizon C
pH	5,5 à 9,5	8,47	8,12	7,57
Chlorures (mg L ⁻¹)	≤ 860	2 179	121	71
Conductivité (µS cm ⁻¹)	Aucun	5 849	1 419	959
Sulfates (mg L ⁻¹)	Aucun	146	104	105
Cadmium (mg L ⁻¹)	≤ 0,0043 ^a	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Chrome (mg L ⁻¹)	Aucun	< 0,0050	< 0,0050	< 0,005
Cuivre (mg L ⁻¹)	≤ 0,027 ^a	< 0,0030	< 0,0030	< 0,003
Fer (mg L ⁻¹)	Aucun	< 0,10	0,13	0,11
Plomb (mg L ⁻¹)	≤ 0,20 ^a	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Zinc (mg L ⁻¹)	≤ 0,22 ^a	0,0100	0,0051	< 0,0050
HP C ₁₀ -C ₅₀ (mg L ⁻¹)	≤ 1,8	< 0,10	0,11	0,11
^a Ajusté pour une dureté de 200 mg CaCO ₃ L ⁻¹ selon les critères de qualité de l'eau de surface au Québec pour la protection de la vie aquatique, effet aigu.				

Les échantillons sont prélevés semestriellement, soit au printemps et à l'automne. Les échantillons sont conservés conformément au *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – cahier 3, échantillonnage des eaux souterraines* ^[5]. Les critères de qualité sont ceux énoncés dans le *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* ^[6].

Tel qu'il a été observé au cours des suivis antérieurs, des teneurs élevées en chlorures ont été mesurées en 2023, notamment dans les échantillons provenant des piézomètres P-22 et P-31. Celles-ci sont d'ailleurs d'origine naturelle. Les valeurs maximales unitaires mesurées ont été de 8 900 mg L⁻¹ pour le piézomètre P-22A et 5 900 mg L⁻¹ pour le piézomètre P-31A.

Le PSE prévoit par ailleurs la prise de mesures des niveaux piézométriques deux fois par année aux crépines des horizons A, B et C des sept mêmes ouvrages (tableau 4-2).

Tableau 4-2 : Mesures des niveaux piézométriques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023

Date de la prise de mesures	Moyenne des niveaux (m)		
	Horizon A	Horizon B	Horizon C
2023-03-22	4,05	3,01	2,95
2023-09-20	n. d.	n. d.	n. d.
Variation moyenne	s. o.	s. o.	s. o.
n. d. : Non disponible, les données ont été perdues avant consignation.			
s. o. : Sans objet, la variation ne peut pas être calculée.			

Les niveaux piézométriques moyens mesurés aux crépines des horizons A, B et C des sept mêmes ouvrages n'ont pas pu être présentés au tableau 4-2 en raison de la perte de ces données au deuxième semestre. Après investigations, Hydro-Québec peut confirmer que les mesures ont bel et bien été prises, mais les notes de terrain rédigées lors de la prise de mesures sont demeurées introuvables après coup.

À elles seules, les données de profondeur ne peuvent fournir une information complète puisque relatives, la mesure du niveau étant faite à partir du rebord de chacun des couvercles de piézomètre. Lorsque disponible, la variation moyenne entre basse et haute piézométries offre cependant une appréciation du marnage annuel des trois horizons distincts.

5 Consommation d'eau

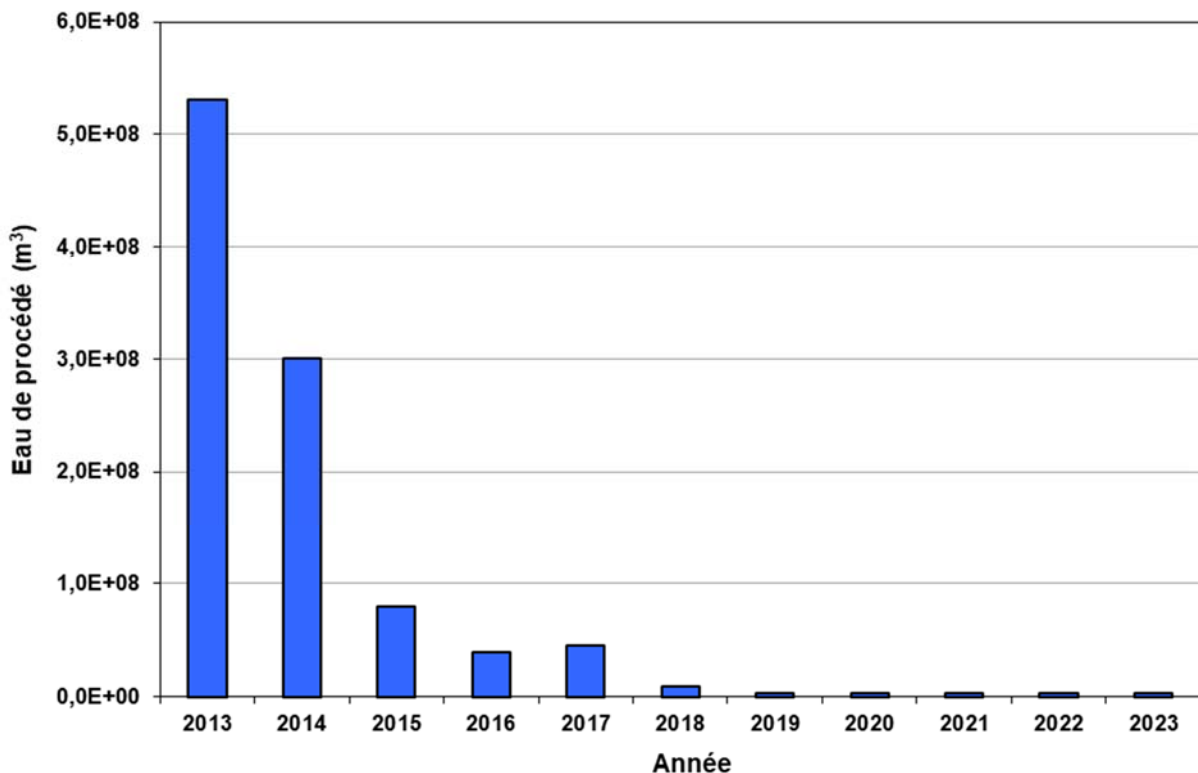
Bien qu'ils soient maintenant réduits, des approvisionnements d'eau sont toujours nécessaires aux installations de Gentilly-2, qu'ils soient pour des besoins de procédé industriel ou de consommation humaine.

Le volume rapporté pour la consommation d'eau de procédé provient de la sommation du débit évalué au fonctionnement du système d'eau brute d'alimentation (EBA) utilisé pour le refroidissement de divers systèmes et équipements. L'estimation du volume d'eau est basée sur une demande maximale de refroidissement. Aussi, l'EBA est celle prélevée directement du fleuve Saint-Laurent, par l'entremise de la station de pompage.

En 2023, la consommation annuelle d'eau de procédé s'établit à 2 522 880 m³, un volume d'eau prélevé comparable à celui de l'année précédente (figure 5-1).

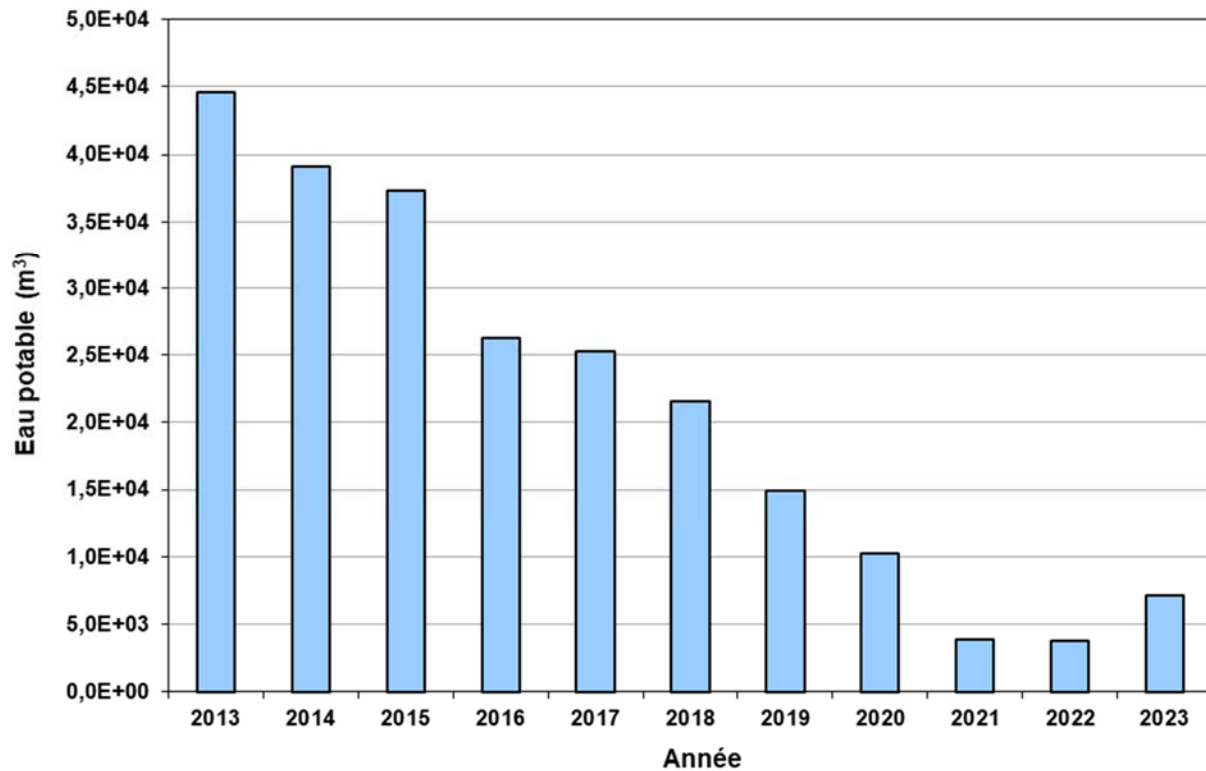
Par ailleurs, lorsque comparée à la dernière année de production d'électricité de l'installation nucléaire (2012), Hydro-Québec confirme une diminution de plus de 99 % de la consommation d'eau de procédé.

Figure 5-1 : Consommation d'eau de procédé aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2023



En ce qui a trait à la consommation d'eau potable comptabilisée en 2023, elle fut de 7 096 m³, en augmentation en comparaison de l'année précédente, mais tout de même en diminution de l'ordre de 88 % en comparaison de l'année 2012, dernière année de production d'électricité (figure 5-2). En 2023, la fréquentation du site de Gentilly a été en hausse, puisque des travaux soutenus aux installations de Gentilly-1 se sont déroulés toute l'année, et qu'une réduction importante des périodes de télétravail s'est avérée pour les employés de Gentilly-2. La consommation d'eau potable s'est ainsi rétablie à ce qu'elle était, à peu de choses près, avant la période de COVID de 2020.

Figure 5-2 : Consommation d'eau potable aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2023



6 Matières dangereuses et autres matières résiduelles

6.1 Matières dangereuses résiduelles

En 2023, un peu plus de 3 100 kg et près de 230 L de MDR non contaminées radiologiquement ont été produits, et gérés conformément à la réglementation dans le cadre des activités d’opération de systèmes et de déclasséement de Gentilly-2.

Les MDR recensées en 2023 ont été transférées dans un des Centres de récupération des matières dangereuses (CRMD) d’Hydro-Québec (tableau 6-1). Les CRMD ont pour mandat d’organiser la réutilisation, la revalorisation ou la disposition finale des MDR à l’échelle de l’entreprise.

Tableau 6-1 : Quantité de matières dangereuses résiduelles générées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023

Matière dangereuse résiduelle	Quantité expédiée dans un CRMD
Accumulateurs (kg)	810
Emballages au rebut, vides, non nettoyés (kg)	9
Glycol (L)	227
Lampes à vapeur de mercure (kg)	22
Liquide dangereux corrosif N.S.A (kg)	29
Liquide dangereux toxique N.S.A. (kg)	7
Solides toxiques N.S.A. (kg)	2 200
Tubes fluorescents concassés (kg)	29

6.2 Matières résiduelles

En 2023, 73,81 tonnes de matières résiduelles (MR) ont également été produites. De cette quantité, près de 8 tonnes ont été recyclées. Le reste des MR a été éliminé, soit près de 66 tonnes principalement constituées de matériaux ou débris de construction (tableau 6-2).

Tableau 6-2 : Quantité de matières résiduelles recyclées ou éliminées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023

Matière résiduelle	Recyclage (t)	Élimination (t)
Papier, carton, plastique, verre et métal	4,14	s. o.
Métaux	3,77	s. o.
Déchets domestiques	s. o.	10,63
Matériaux ou débris de construction	s. o.	55,27
s. o. : Sans objet.		

7 Rejets accidentels de contaminants dans l'environnement

En 2023, un seul rejet accidentel de contaminants liquides ayant atteint l'environnement est survenu sur le site des installations de Gentilly-2. Le tableau 7-1 fait état de la nature et de la quantité du produit déversé, ainsi que de la cause du rejet.

Tableau 7-1 : Quantité de produit liquide rejeté accidentellement dans l'environnement aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2023

Produit	Quantité (L)	Cause
Huile	40	Fuite lente due à un bris d'équipement

Lors de l'entretien planifié sur un tamis rotatif de la station de pompage, le réservoir contenant l'huile de lubrification a été retrouvé vide de son contenu. La quantité d'huile déversée vers le puit de la station de pompage est estimée à quarante litres et seulement un litre d'huile a pu être récupéré après la constatation.

8 Surveillance radiologique du milieu environnant

Au cours de l'année 2023, la surveillance radiologique des matrices environnementales présentes sur et au pourtour du site des installations de Gentilly-2 fut assurée par l'application du plan de surveillance radiologique de l'environnement ^[1]. Au fil des adaptations de ce plan, certaines modalités ont été abandonnées, réduites ou ajoutées. Ce fait explique parfois l'absence de données ou l'apparition de nouveaux points d'échantillonnage à quelques figures du chapitre 8, tout comme pour des séries pour lesquelles les points d'échantillonnage ne sont pas tous identiques sur des figures récapitulant les cinq dernières années. Par ailleurs, l'atteinte de l'état de stockage sous surveillance des installations de Gentilly-2 constituera un changement important, selon les termes de la version actuelle du document d'application de la réglementation concernée. Une ÉRE a donc été produite et déposée à la CCSN au mois de mai de l'année 2022 ^[2]. Cette ÉRE est par la suite devenue un intrant important à la plus récente adaptation du PSRE, mise en vigueur au second semestre de 2022.

Le tableau B-2 de l'annexe B présente un sommaire des différents paramètres et du nombre d'échantillons stipulés au PSRE ayant prévalu pour l'année 2023.

Le chapitre 8 présente les résultats d'analyses radiologiques obtenus pour l'ensemble des échantillons prélevés. L'emplacement des différents points d'échantillonnage et ouvrages de mesure dédiés à la surveillance radiologique figure aux cartes A-1 et A-3 à A-7 de l'annexe A alors que les modalités d'échantillonnage et d'analyses de laboratoire sont décrites aux tableaux B-3A à B-3F de l'annexe B.

8.1 Radionucléides retrouvés dans l'environnement

À des niveaux variables et sous différentes formes, la radioactivité est omniprésente dans l'environnement, et ce, qu'elle soit de sources naturelle ou anthropique. Chaque citoyen est ainsi exposé à la radioactivité à divers degrés. Les principales sources de rayonnement naturel sont d'origine cosmique, émanant du soleil et de l'espace, ou proviennent des radionucléides en présence dans différents substrats de la croûte terrestre. La radioactivité peut même être sous forme gazeuse, à l'exemple du radon, un produit de filiation de la longue chaîne de désintégration de l'uranium-238.

Par ailleurs, des essais militaires atomiques, réalisés en haute atmosphère dans quelques régions du monde jusqu'à la fin des années 1980, expliquent toujours aujourd'hui la présence de plusieurs radionucléides dans l'environnement, puisque certains d'entre eux ont une longue période radioactive et n'ont pas encore achevé leur désintégration ^[7]. Les accidents nucléaires de Tchernobyl, en 1986, et à Fukushima Daiichi en 2011, sont aussi responsables de la dispersion de radionucléides en sol canadien, tel que du césium-137 que l'on retrouve encore dans notre milieu.

Finalement, les activités d'exploitation normale et de déclassement d'une installation nucléaire de type CANDU résultent également en une dispersion d'une certaine part de radioactivité, et ce, bien qu'elle soit étroitement surveillée, comptabilisée, contrôlée et suivie des autorités réglementaires.

8.2 Surveillance atmosphérique

Les sous-sections suivantes présentent les résultats des mesures de la surveillance atmosphérique locale et régionale, pour des paramètres d'irradiation externe gamma, mais aussi pour la présence de tritium, de carbone-14 et d'aérosols radioactifs.

8.2.1 Ambiance gamma

Aux installations de Gentilly-2, l'ambiance gamma est mesurée par l'entremise de dosimètres qui sont installés à une hauteur de 1 à 1,5 m du sol selon les différents points de mesure. Ils sont intégrés dans les SCR ou encore fixés à des endroits stratégiques, par exemple aux clôtures délimitant les installations.

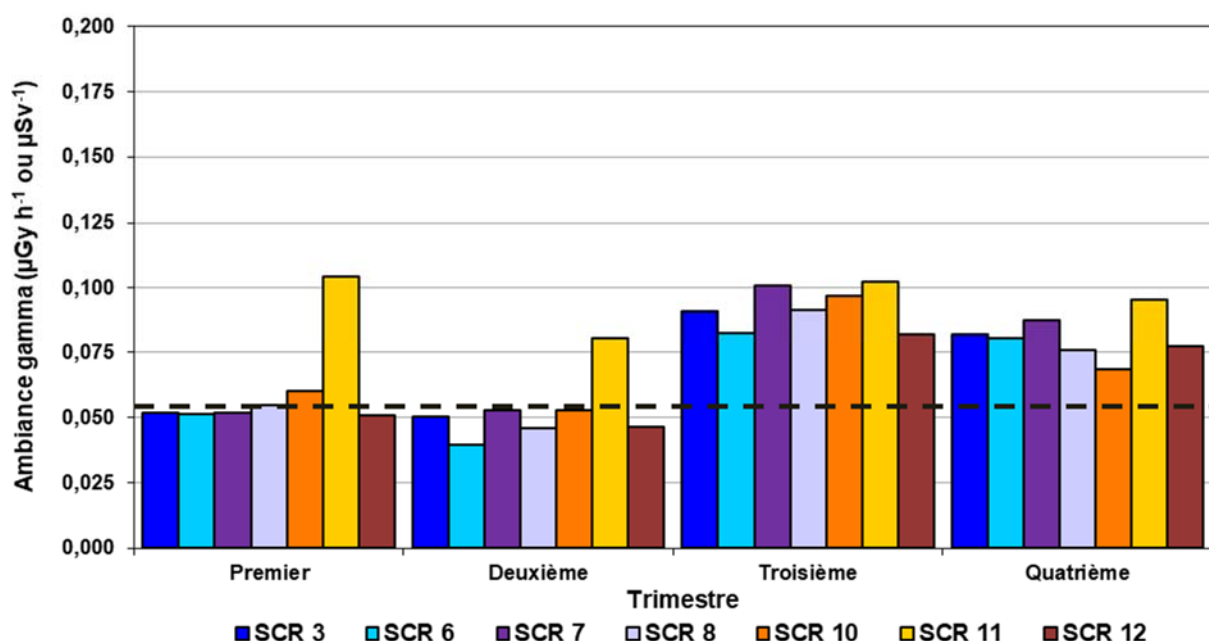
En 2023, Hydro-Québec a par ailleurs convenu de modalités lui assurant les mêmes services de dosimétrie environnementale que ceux du Gouvernement du Canada, en ce qui a trait à la mesure de l'ambiance gamma. Ainsi, toutes les valeurs de doses et de débit de dose rapportées à l'actuel rapport, à partir du second semestre, sont celles quantifiées par Santé Canada, faisant suite à l'exposition de dosimètres à technologie de luminescence stimulée optiquement (LSO). Bien que la corrélation issue de la comparaison des valeurs produites par Santé Canada et par Hydro-Québec soit satisfaisante, les valeurs rendues par Santé Canada tendent à être un peu plus élevées, pour des points de mesures identiques. C'est ce changement qui explique toutes les hausses présentées à la section 8.2.1. Finalement, toutes les valeurs sont dorénavant rapportées directement en dose équivalente ou en débit de dose équivalente, soit en mSv et en $\mu\text{Sv h}^{-1}$ respectivement, plutôt qu'en dose absorbée comme auparavant.

La figure 8-1 présente les valeurs trimestrielles de l'ambiance gamma mesurée dans l'environnement de sept différentes SCR détaillées au PSRE, toutes situées en zone dite rapprochée, pour l'année 2023 (carte A-1 de l'annexe A). Les valeurs annuelles de dose gamma enregistrées aux mêmes stations au cours des cinq dernières années sont quant à elles présentées à la figure 8-2. Depuis l'année 2022, les valeurs associées à la station de référence (carte A-4 de l'annexe A) sont maintenant statiques. Elles indiquent les valeurs moyennes de dose annuelle et de débit de dose pour la période 2017-2021, soit des valeurs respectives de 0,481 mSv et de 0,054 $\mu\text{Sv h}^{-1}$. À cet égard, une bande pointillée noire fut ajoutée aux figures pour mettre ces données en évidence.

Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées en 2023 à ces sept SCR ont toutes varié de 0,039 à 0,104 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ et de 0,068 à 0,102 $\mu\text{Sv h}^{-1}$. La valeur maximale a été relevée à la station SCR-11, au premier trimestre de l'année. Cette SCR est située à même le périmètre de l'aire de stockage à sec du combustible irradié (ASSCI), pour laquelle toutes les enceintes CANSTOR sont remplies à pleine capacité de combustible

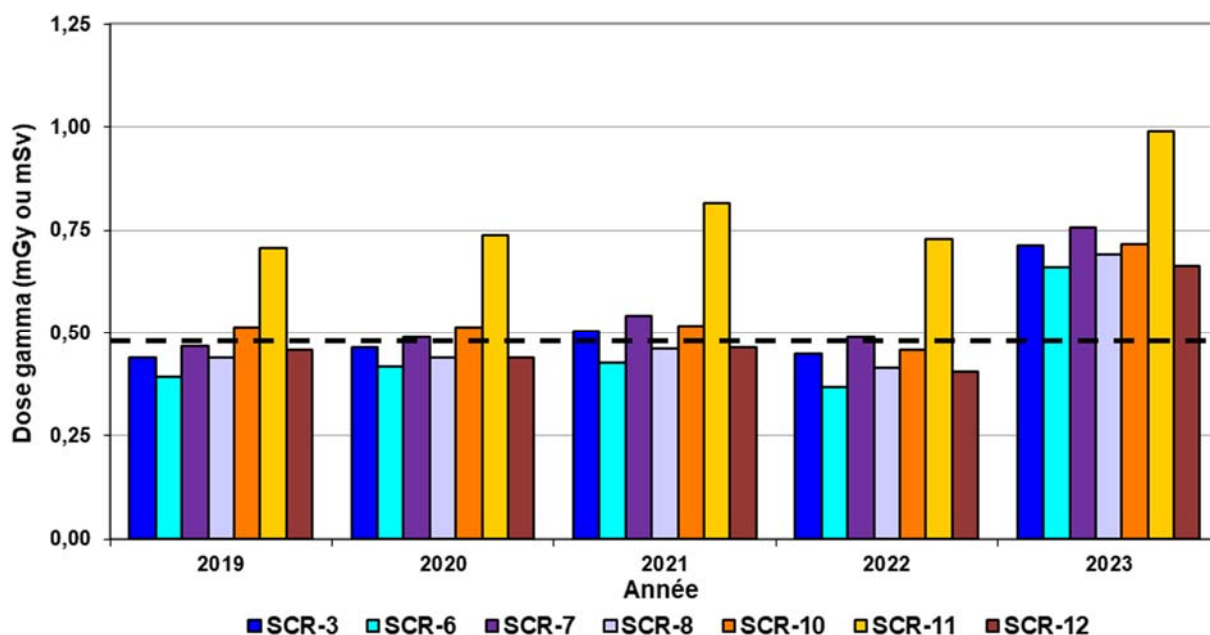
nucléaire irradié. Sauf exception, c'est toujours la station de ce regroupement d'où sont tirées des valeurs qui soient significativement plus élevées que celles de la station de référence du PSRE. C'est également à la station SCR-11 qu'est associée la dose annuelle la plus élevée de l'année 2023 (figure 8-2), à 0,99 mSv. Aussi, en 2023, les stations de ce regroupement ont toutes été en augmentation de leur valeur de dose annuelle en comparaison de l'année 2022, soit de 35,8 % (SCR-11) à 79,4 % (SCR-6). Comme indiqué précédemment, le passage à de nouveaux dosimètres mettant plutôt à profit la technologie LSO de Santé Canada en est la principale cause.

Figure 8-1 : Ambiance gamma trimestrielle aux stations de contrôle SCR-3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rapprochée) pour l'année 2023



Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de débit de dose moyen proviennent de Santé Canada et sont exprimées en débit de dose équivalente ($\mu\text{Sv h}^{-1}$) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en débit de dose absorbée ($\mu\text{Gy h}^{-1}$).

Figure 8-2 : Dose annuelle gamma aux stations de contrôle SCR-3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rapprochée) pour la période 2019-2023

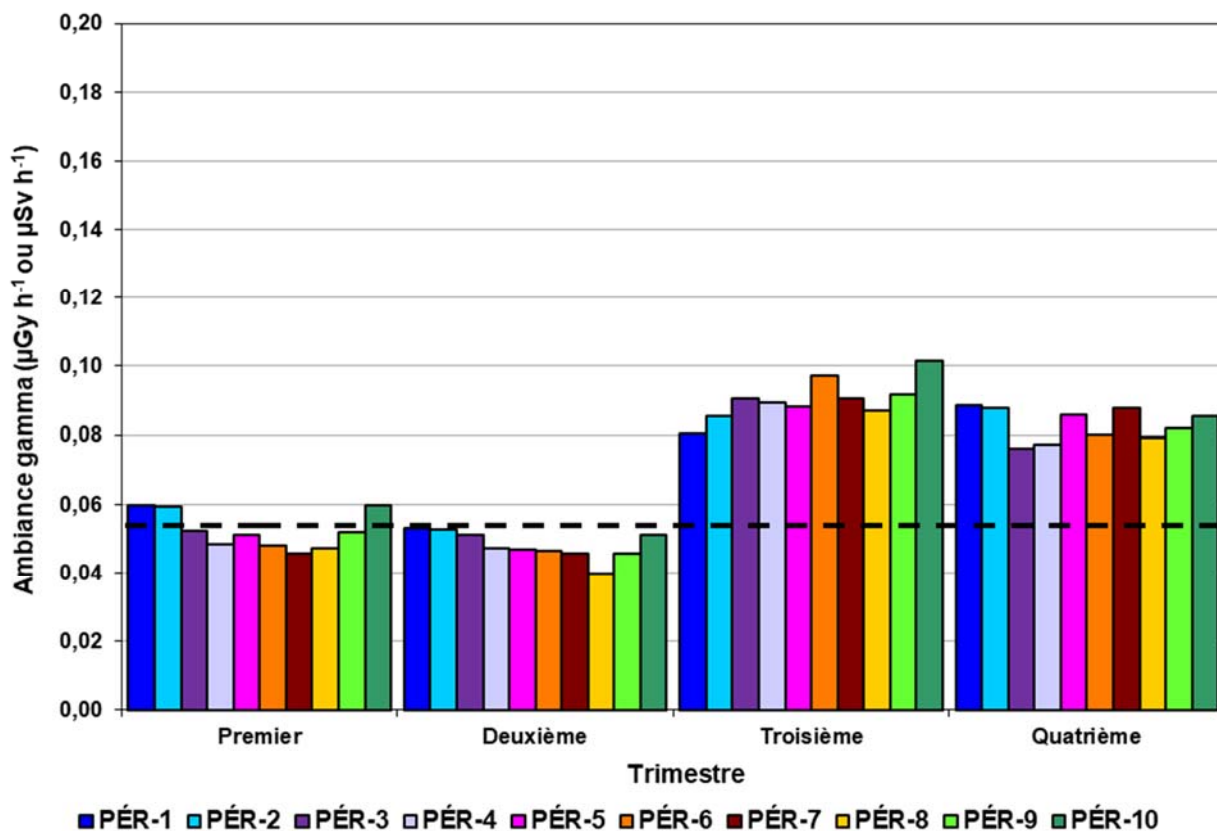


Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de dose gamma proviennent de Santé Canada et sont exprimées en dose équivalente (mSv) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en dose absorbée (mGy).

L'ambiance gamma est également surveillée à d'autres clôtures des installations de Gentilly-2, outre celles ceinturant directement les installations de stockage de déchets radioactifs ou de combustible nucléaire irradié. La figure 8-3 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma à dix points de mesure du périmètre sécurisé des installations de Gentilly-2 (carte A-6 de l'annexe A), tels qu'ils figurent au PSRE. Les valeurs annuelles de dose de rayonnements gamma enregistrées aux mêmes points sont présentées à la figure 8-4. Une bande pointillée noire a été ajoutée à chacune de ces deux figures afin d'indiquer la moyenne statique sur une période de cinq ans (2017 à 2021) à la station de référence de Trois-Rivières (carte A-4 de l'annexe A).

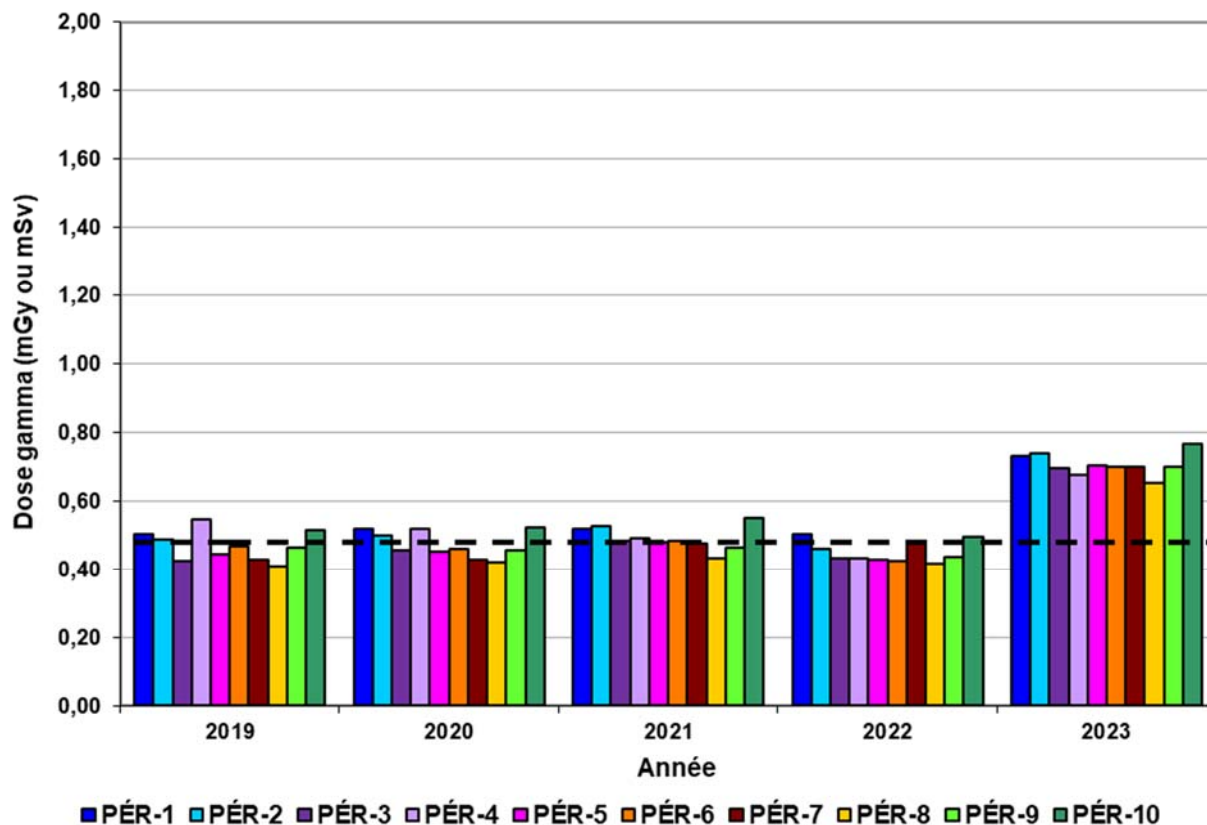
Au cours de l'année 2023, les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées aux 10 différents points du périmètre sécurisé des installations de Gentilly-2 ont varié de 0,040 à 0,060 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ et de 0,076 à 0,102 $\mu\text{Sv h}^{-1}$. La valeur trimestrielle maximale a été relevée au troisième trimestre, au point PÉR-10. En 2023, la valeur maximale de dose annuelle fut également associée au point PÉR-10 à 0,769 mSv. Pour ce regroupement de dix points de mesure au périmètre sécurisé, les valeurs de doses annuelles mesurées en 2023 furent aussi toutes en augmentation, en comparaison de l'année précédente, variant de 45,4 % (PÉR-1) à 64,8 % (PÉR-6). Comme indiqué précédemment, le passage à de nouveaux dosimètres mettant plutôt à profit la technologie LSO de Santé Canada en est la principale cause.

Figure 8-3 : Ambiance gamma trimestrielle au périmètre sécurisé de l'installation pour l'année 2023



Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de débit de dose moyen proviennent de Santé Canada et sont exprimées en débit de dose équivalente ($\mu\text{Sv h}^{-1}$) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en débit de dose absorbée ($\mu\text{Gy h}^{-1}$).

Figure 8-4 : Dose annuelle gamma au périmètre sécurisé de l'installation pour la période 2019-2023

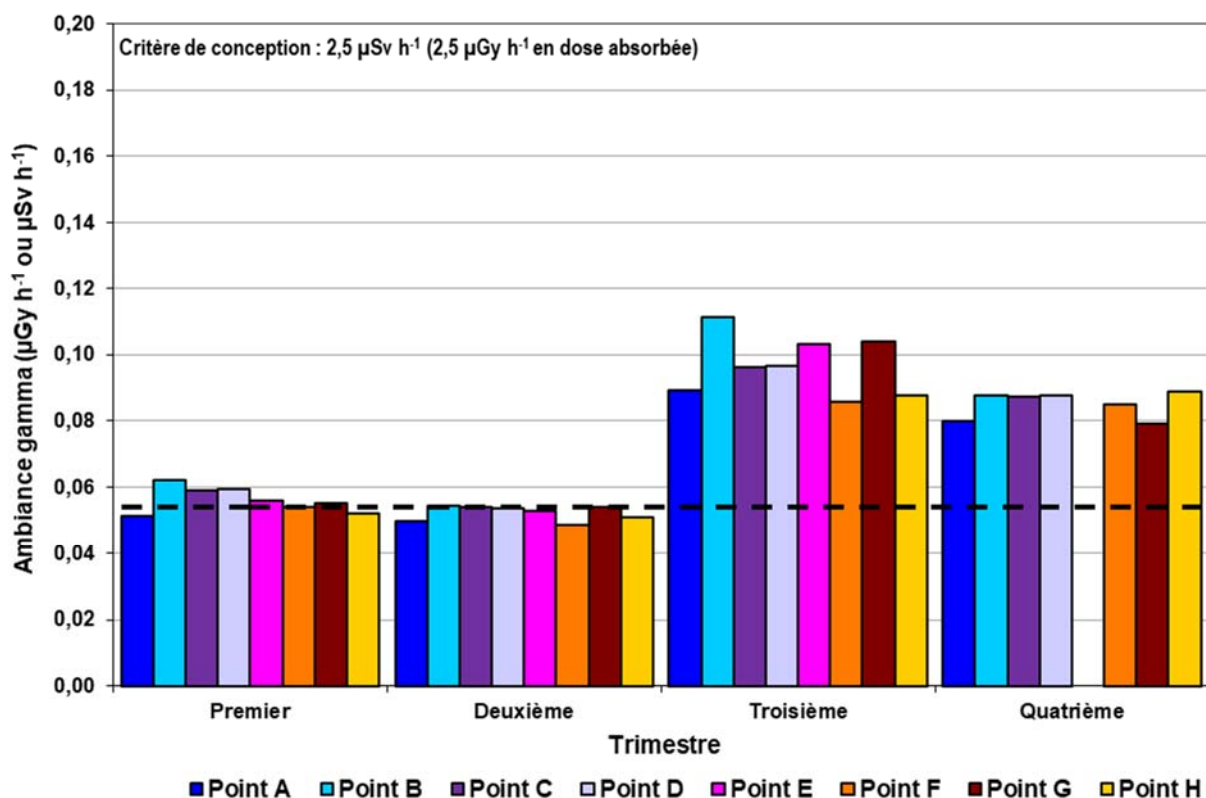


Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de dose gamma proviennent de Santé Canada et sont exprimées en dose équivalente (mSv) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en dose absorbée (mGy).

Les figures 8-5 à 8-10 présentent pour leur part les valeurs d'ambiance et de dose annuelle gamma mesurées exclusivement aux installations de déchets radioactifs solides (ASDR et IGDRS) et de combustible nucléaire irradié (ASSCI), toutes situées sur le site des installations de Gentilly-2. Une bande pointillée noire a aussi été ajoutée à chacune de ces figures pour indiquer la moyenne statique sur une période de cinq ans (2017 à 2021) à la station de référence du PSRE, située à Trois-Rivières.

D'abord, la figure 8-5 présente la série de mesures trimestrielles d'ambiance gamma aux huit points spécifiques à la clôture de l'ASDR (carte A-5 de l'annexe A) au cours de l'année 2023. L'ensemble des valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées en 2023 à l'ASDR a varié de 0,049 à 0,062 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ et de 0,079 à 0,111 $\mu\text{Sv h}^{-1}$. La valeur du quatrième trimestre du point E n'a pu être produite par le service de dosimétrie. Par ailleurs, toutes les valeurs d'ambiance gamma colligées en 2023 à cette aire de stockage ont été en deçà de la limite de conception fixée à 2,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ (ou 2,5 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ en dose absorbée), initialement déterminée pour le périmètre clôturé de l'installation.

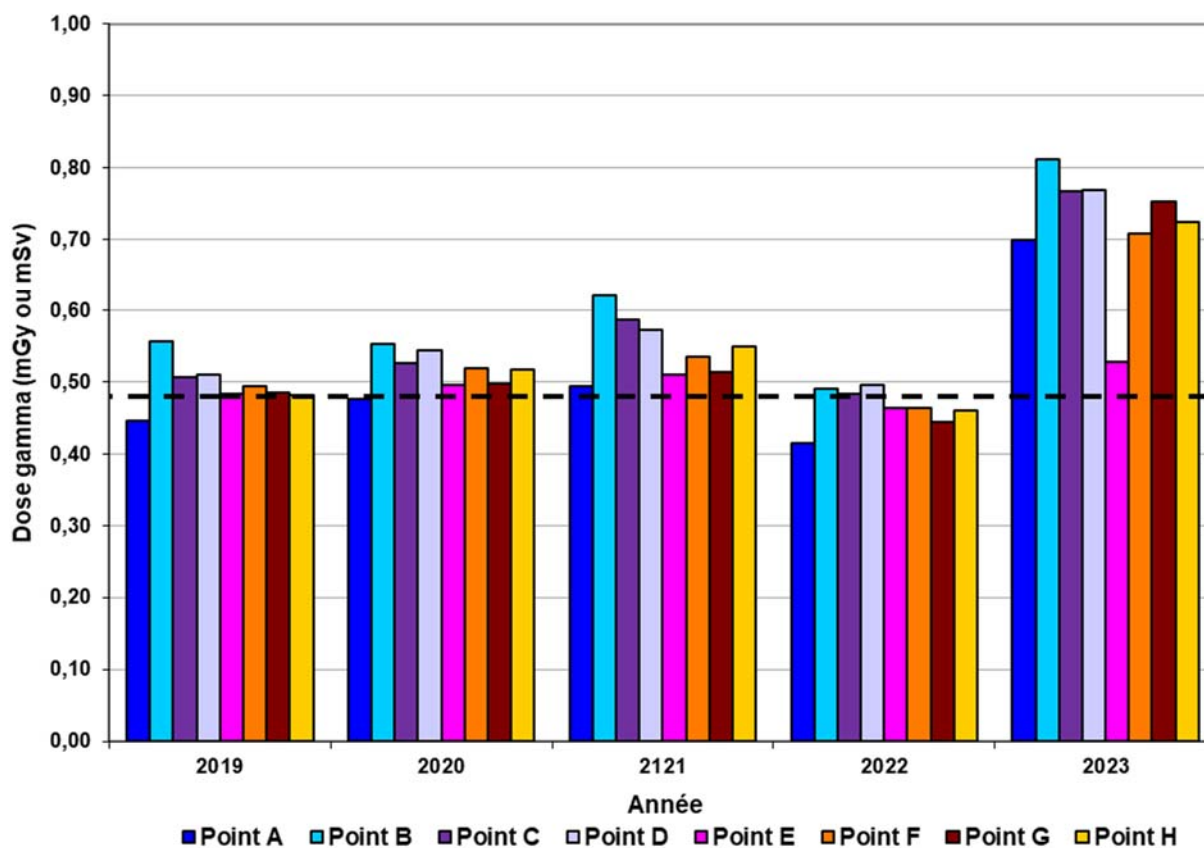
Figure 8-5 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASDR pour l'année 2023



Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de débit de dose moyen proviennent de Santé Canada et sont exprimées en débit de dose équivalente ($\mu\text{Sv h}^{-1}$) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en débit de dose absorbée ($\mu\text{Gy h}^{-1}$).

La figure 8-6 présente une récapitulation des doses annuelles de rayonnements gamma pour les cinq dernières années, à chacun des huit points de mesure de l'ASDR. Les doses annuelles calculées pour l'année 2023, aux clôtures de l'ASDR, ont toutes été en hausse en comparaison de l'année précédente, variant de 52,8 % (point F) à 69,5 % (point G). Comme indiqué précédemment, le passage à de nouveaux dosimètres mettant plutôt à profit la technologie LSO de Santé Canada en est la principale cause. Considérant la situation actuelle prévalant à l'ASDR, Hydro-Québec n'entrevoit pas de changement réel à l'ambiance gamma de ce site, du moins jusqu'au moment où les filtres usés seront retirés de la seule fosse toujours utilisée.

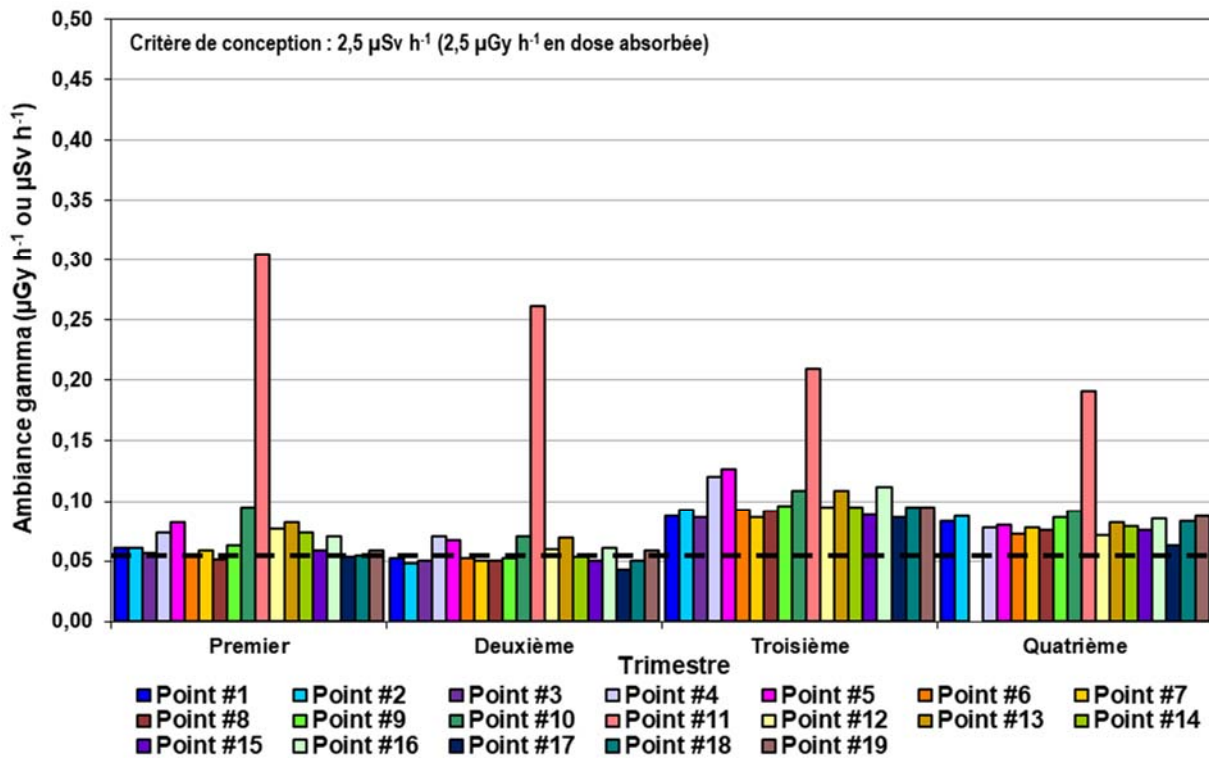
Figure 8-6 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASDR pour la période 2019-2023



Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de dose gamma proviennent de Santé Canada et sont exprimées en dose équivalente (mSv) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en dose absorbée (mGy).

La figure 8-7 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurée aux 19 points fixés aux clôtures de l'IGDRS pour l'année 2023 (carte A-6 de l'annexe A).

Figure 8-7 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'IGDRS pour l'année 2023

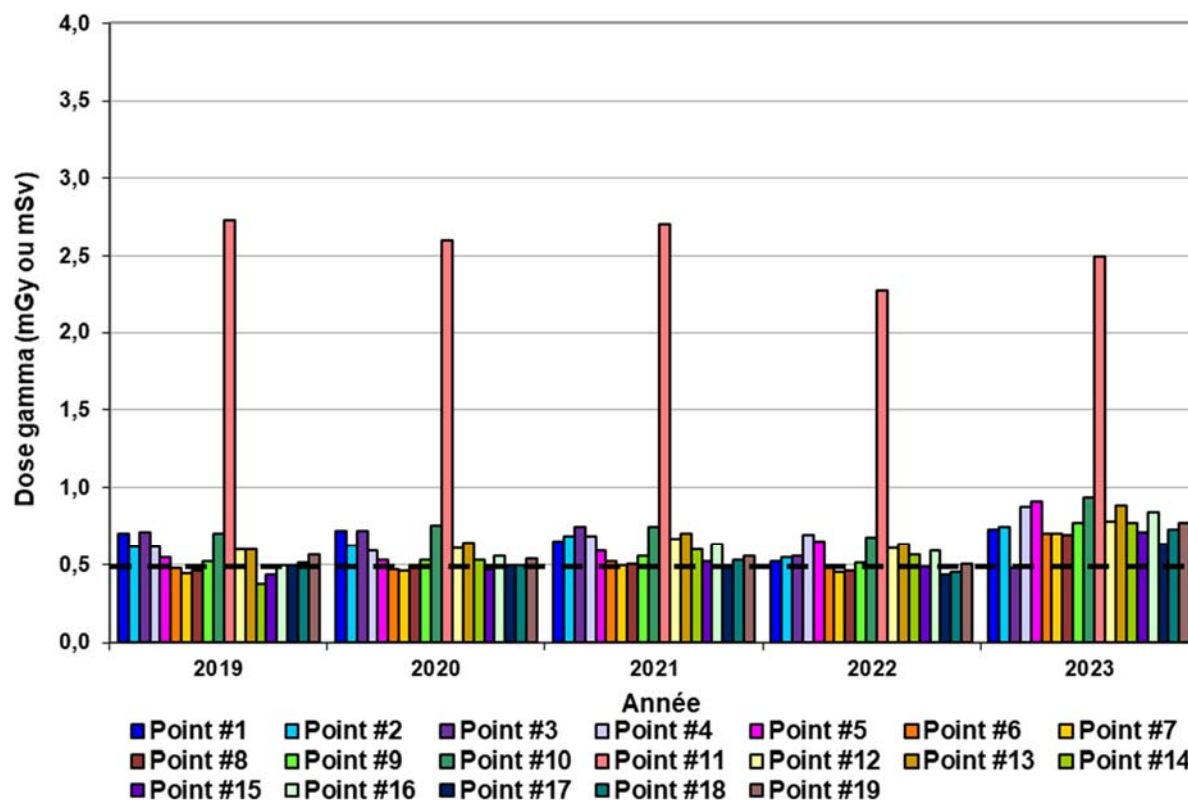


Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de débit de dose moyen proviennent de Santé Canada et sont exprimées en débit de dose équivalente ($\mu\text{Sv h}^{-1}$) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en débit de dose absorbée ($\mu\text{Gy h}^{-1}$).

Depuis 2017, les valeurs d'ambiance gamma les plus élevées aux clôtures de l'IGDRS sont modulées par le stockage à sec de combustible nucléaire irradié fait à l'intérieur de son périmètre, peu après la mise en service des deux derniers modules CANSTOR (n^{os} 10 et 11). L'année 2020 a marqué la fin du transfert de nouveau combustible irradié en stockage à sec. En 2023, les valeurs trimestrielles de chacun des 19 points de mesure de l'IGDRS ont varié de 0,043 à 0,306 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ et de 0,063 à 0,209 $\mu\text{Sv h}^{-1}$. La valeur du quatrième trimestre du point n^o 3 n'a pu être produite par le service de dosimétrie. Toutes ces valeurs sont aussi en deçà de la limite de conception de l'installation de déchets fixée à 2,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ (ou 2,5 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ en dose absorbée) aux clôtures de son périmètre.

La figure 8-8 présente les doses annuelles gamma mesurées aux clôtures de l'IGDRS au cours des cinq dernières années. En 2023, les doses annuelles gamma recensées aux 19 différents points de mesure ont culminé à 2,49 mSv, toujours au point n^o 11. En 2023, la majorité des valeurs de dose annuelle ont été en augmentation en comparaison de l'année précédente. L'augmentation annuelle la plus élevée fut quant à elle de 60,7 % (point n^o 18). Comme indiqué précédemment, le passage à de nouveaux dosimètres mettant plutôt à profit la technologie LSO de Santé Canada en est la principale cause.

Figure 8-8 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'IGDRS pour la période 2019-2023



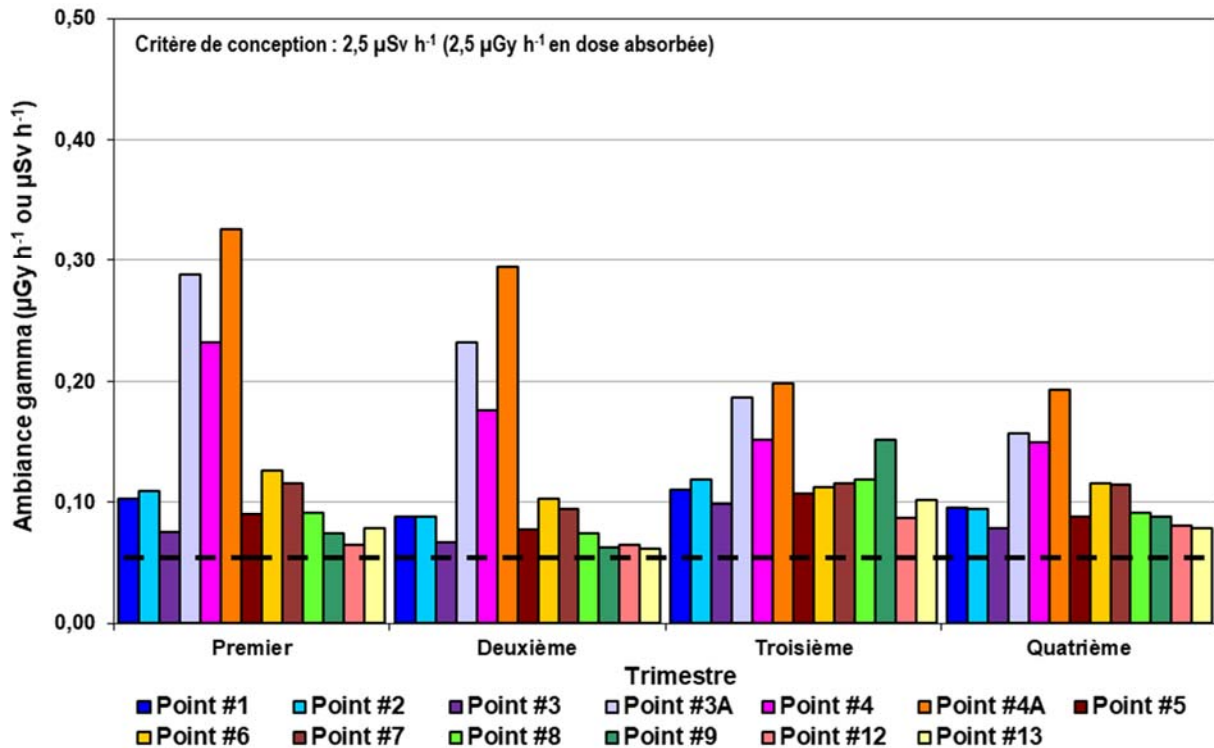
Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de dose gamma proviennent de Santé Canada et sont exprimées en dose équivalente (mSv) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en dose absorbée (mGy).

La figure 8-9 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma aux 13 points de mesure installés aux clôtures de l'ASSCI, pour l'année 2023 (carte A-6 de l'annexe A).

Spécifiquement pour l'ASSCI, les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma ont varié, en 2023, de 0,062 à 0,326 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ et de 0,078 à 0,199 $\mu\text{Sv h}^{-1}$. Comme les conditions d'exposition au rayonnement des points de mesures aménagés à ce périmètre sont stables, les modules CANSTOR de l'ASSCI n'ayant pas reçu de nouveau combustible irradié depuis la campagne annuelle de transfert de l'année 2016, les valeurs n'y varient plus significativement outre le fait d'avoir modifié la méthode de dosimétrie au deuxième semestre de l'année 2023. À l'instar de l'année précédente, pour tous les trimestres de l'année 2023, les valeurs les plus élevées ont été mesurées au point n° 4A, puis aux points n° 3A et 4. Ces trois points sont contigus et font face à deux modules CANSTOR remplis à leur pleine capacité de combustible nucléaire irradié, soit les modules n° 1 et 6.

Tout comme ce fut le cas pour l'ASDR et l'IGDRS, toutes les mesures relevées en 2023 aux clôtures de l'ASSCI ont également été en deçà de la limite de conception de l'installation, qui est de $2,5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ (ou $2,5 \mu\text{Gy h}^{-1}$ en dose absorbée).

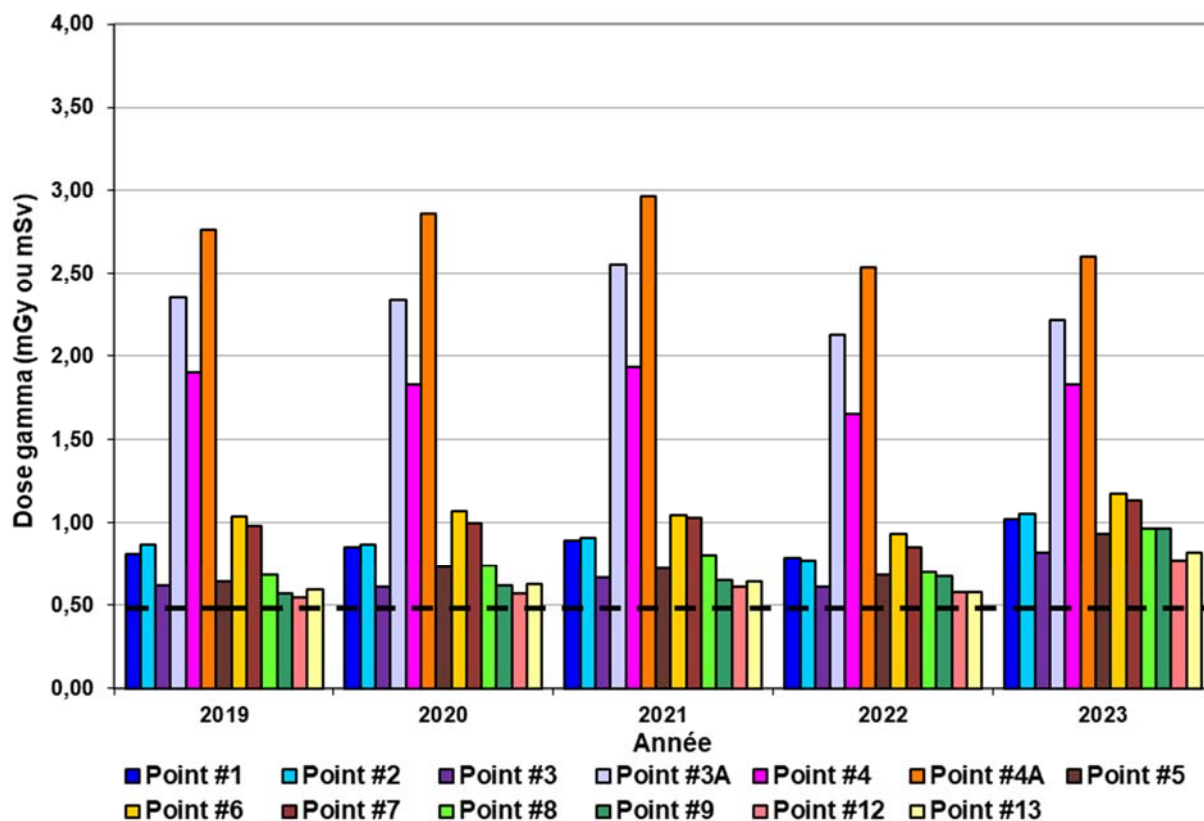
Figure 8-9 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASSCI pour l'année 2023



Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de débit de dose moyen proviennent de Santé Canada et sont exprimées en débit de dose équivalente ($\mu\text{Sv h}^{-1}$) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en débit de dose absorbée ($\mu\text{Gy h}^{-1}$).

La figure 8-10 présente les valeurs de dose annuelle gamma pour chacun des points de mesure fixés aux clôtures de l'ASSCI, pour les cinq dernières années. En comparaison de l'année précédente, toutes les valeurs de dose annuelle sont en hausse, s'étalant de 2,4 % (point n° 4A) à 43,4 % (point n° 13). Comme indiqué précédemment, le passage à de nouveaux dosimètres mettant plutôt à profit la technologie LSO de Santé Canada en est la principale cause.

Figure 8-10 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASSCI pour la période 2019-2023



Note : Depuis le troisième trimestre de 2023, les valeurs de dose gamma proviennent de Santé Canada et sont exprimées en dose équivalente (mSv) alors que les valeurs rapportées précédemment provenaient d'Hydro-Québec et étaient exprimées en dose absorbée (mGy).

8.2.2 Tritium

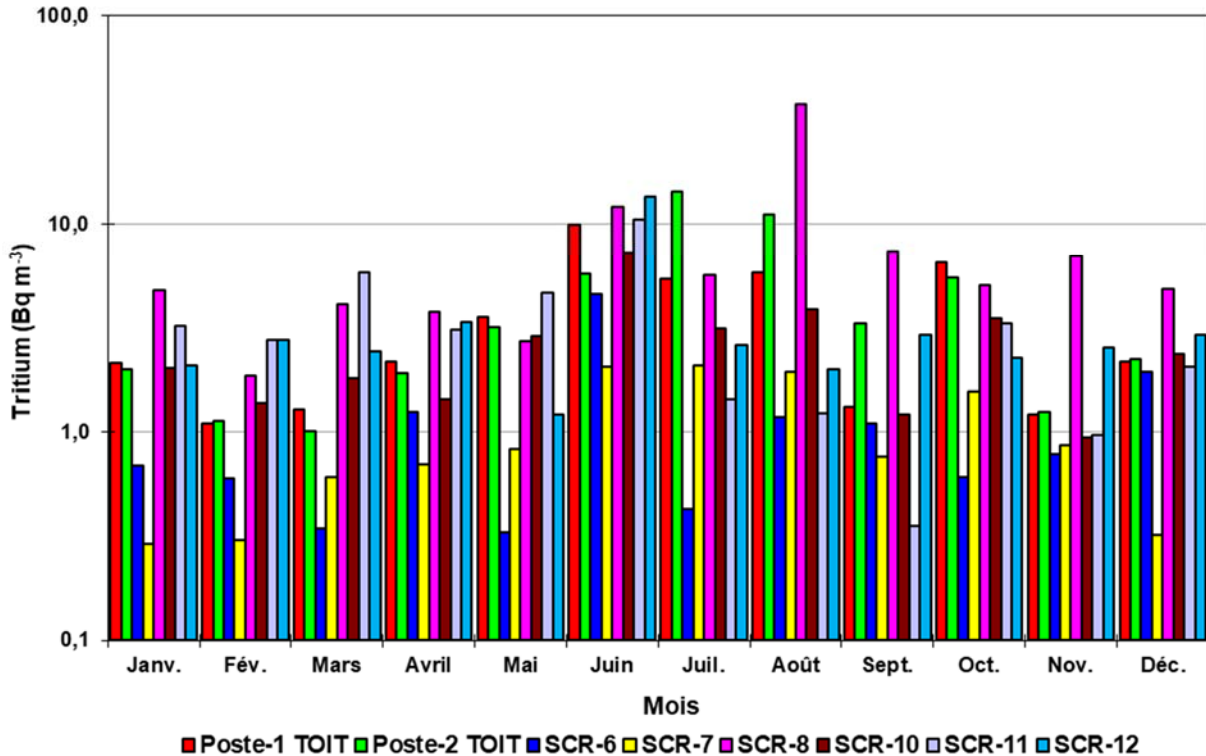
À l'installation nucléaire de Gentilly-2, les effluents gazeux sont source de tritium, sous forme de vapeur d'eau tritiée. Ils sont essentiellement émis à la cheminée principale, jouxtant le bâtiment du réacteur. À ces effluents s'ajoutent des émissions secondaires comme les émissions diffuses de l'ASDR et de l'IGDRS, ainsi que celles qui peuvent émaner de quelques salles qui ne sont pas reliées au principal système de ventilation.

Les figures 8-11, 8-13 et 8-15 présentent l'ensemble des valeurs mensuelles de tritium atmosphérique de l'année 2023, mesurées respectivement aux SCR suivantes :

- huit SCR situées à même le site des installations de Gentilly-2 ;
- six SCR de la région environnante, aménagées dans un rayon de 2 à 15 km autour des installations de Gentilly-2 ;
- deux SCR spécifiquement dédiées à l'IGDRS et trois autres dédiées à l'ASDR.

Pour leur part, les figures 8-12, 8-14 et 8-16 présentent, pour les mêmes stations, les séries de concentrations atmosphériques annuelles moyennes de tritium pour la période 2019-2023. Pour comparer à la valeur du bruit de fond, la valeur statique de la concentration moyenne (2017-2021) à la station de référence fut également ajoutée.

Figure 8-11 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux stations Poste-1, Poste-2, SCR-6 à SCR-8 et SCR-10 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour l'année 2023



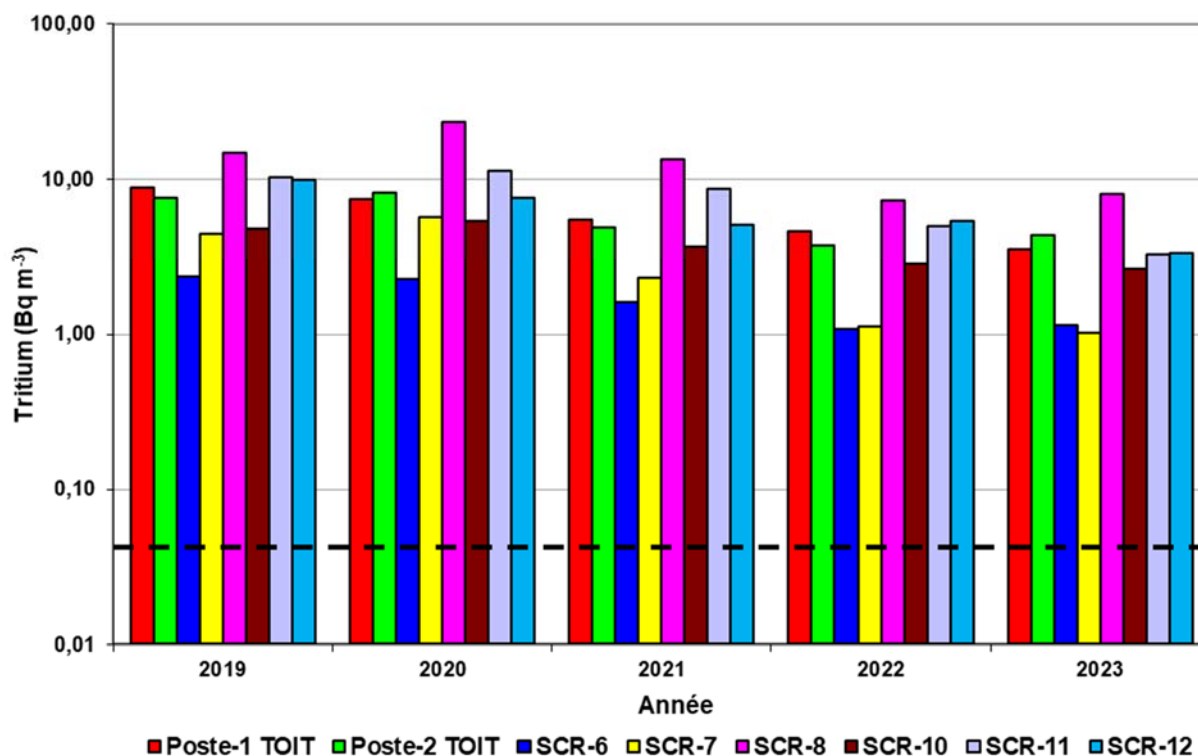
Les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique relevées à chacune des huit SCR aménagées à même le site des installations de Gentilly-2 (figure 8-11) ont varié, en 2023, de 0,29 Bq m⁻³ (SCR-7 en janvier) à 37,50 Bq m⁻³ (SCR-8 en août). Cette plage de valeurs des concentrations de tritium atmosphérique spécifiques à ces stations localisées à même le site de Gentilly-2 est similaire aux années antérieures.

De toutes les SCR équipées d'instruments de mesure de la concentration atmosphérique de tritium, la station SCR-8 est celle située à plus faible distance du pied de la cheminée principale de Gentilly-2. Par ailleurs, les stations Poste-1 et Poste-2 sont les seules qui ne sont pas érigées au niveau du sol, toutes deux juchées sur le toit d'un bâtiment, à faible distance de la même cheminée principale qui elle est d'une hauteur de 37 mètres.

La figure 8-12 présente pour sa part une série de valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues aux huit différentes SCR aménagées sur le site des installations de Gentilly-2, et ce, pour la période 2019-2023.

En 2023, les concentrations annuelles moyennes de tritium atmosphérique mesurées aux SCR localisées à même le site des installations de Gentilly-2 ont varié de façon différente en comparaison de l'année précédente, allant d'une baisse marquée de 38,0 % (SCR-12) à une hausse de 16,7 % (Poste-2 TOIT).

Figure 8-12 : Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux stations Poste-1, Poste-2, SCR-6 à SCR-8 et SCR-10 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour la période 2019-2023

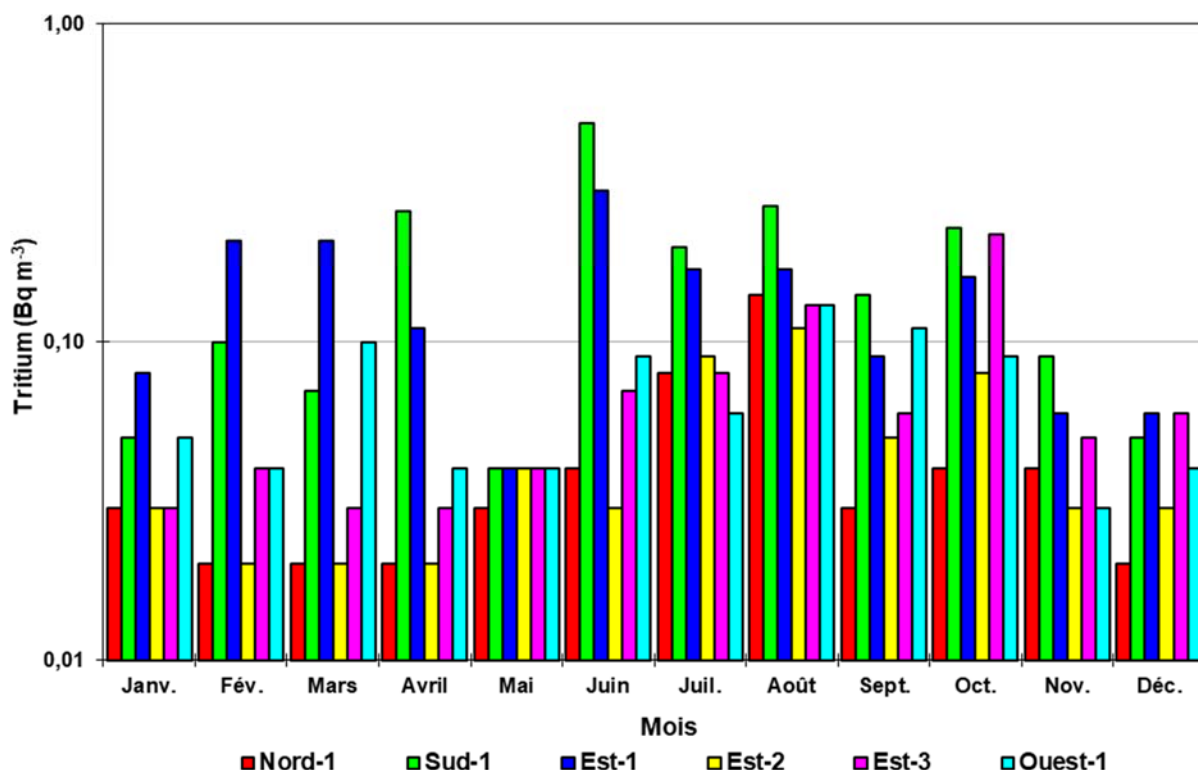


La figure 8-13 présente les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique qui ont été quantifiées aux six SCR situées au-delà du périmètre des installations de Gentilly-2, pour l'année 2023.

En 2023, les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique mesurées aux six différentes SCR sises hors de la propriété d'Hydro-Québec et du site des installations de Gentilly-2 ont varié de 0,02 Bq m⁻³ (Nord-1 et Est-2 à plusieurs mois de l'année) à 0,49 Bq m⁻³ (Sud-1 en juin).

L'analyse parallèle des concentrations de l'ensemble des SCR aménagées à même le site et hors du site des installations de Gentilly-2 prouve un rabattement et une dispersion rapides des émissions atmosphériques radioactives, à faible distance du point d'émissions. Alors que la concentration maximale était de 37,50 Bq m⁻³ pour les huit stations du premier groupe, elle n'était plus que de 0,49 Bq m⁻³ pour les six du second groupe. Déjà, à moins de la mi-distance de la zone d'exclusion d'un rayon de près d'un kilomètre, la concentration maximale n'était que de 4,56 Bq m⁻³ (SCR-6).

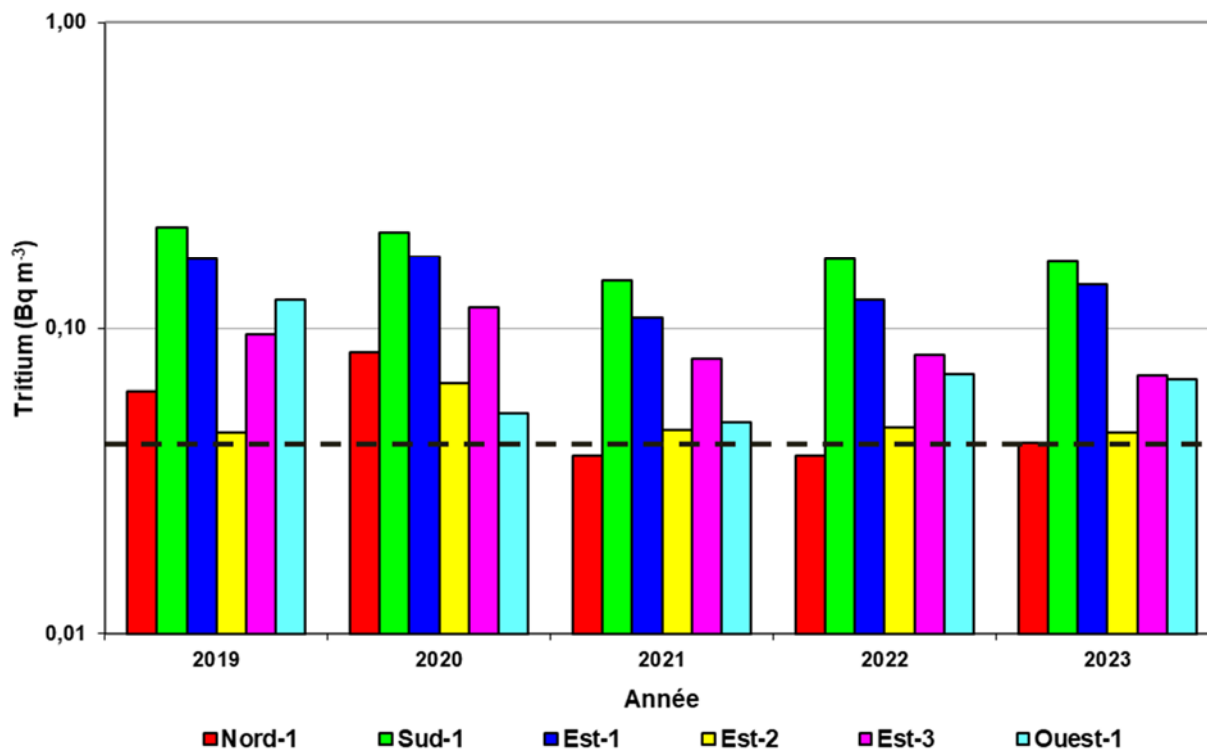
Figure 8-13 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux stations Nord-1, Sud-1, Est-1 à Est-3, Ouest-1 et pour l'année 2023



La figure 8-14 présente les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues aux six SCR aménagées à l'extérieur du site des installations de Gentilly-2 pour la période 2019-2023. Une bande pointillée noire a aussi été ajoutée pour indiquer la valeur statique de la concentration moyenne à la station de référence désignée, calculée pour les années 2017 à 2021.

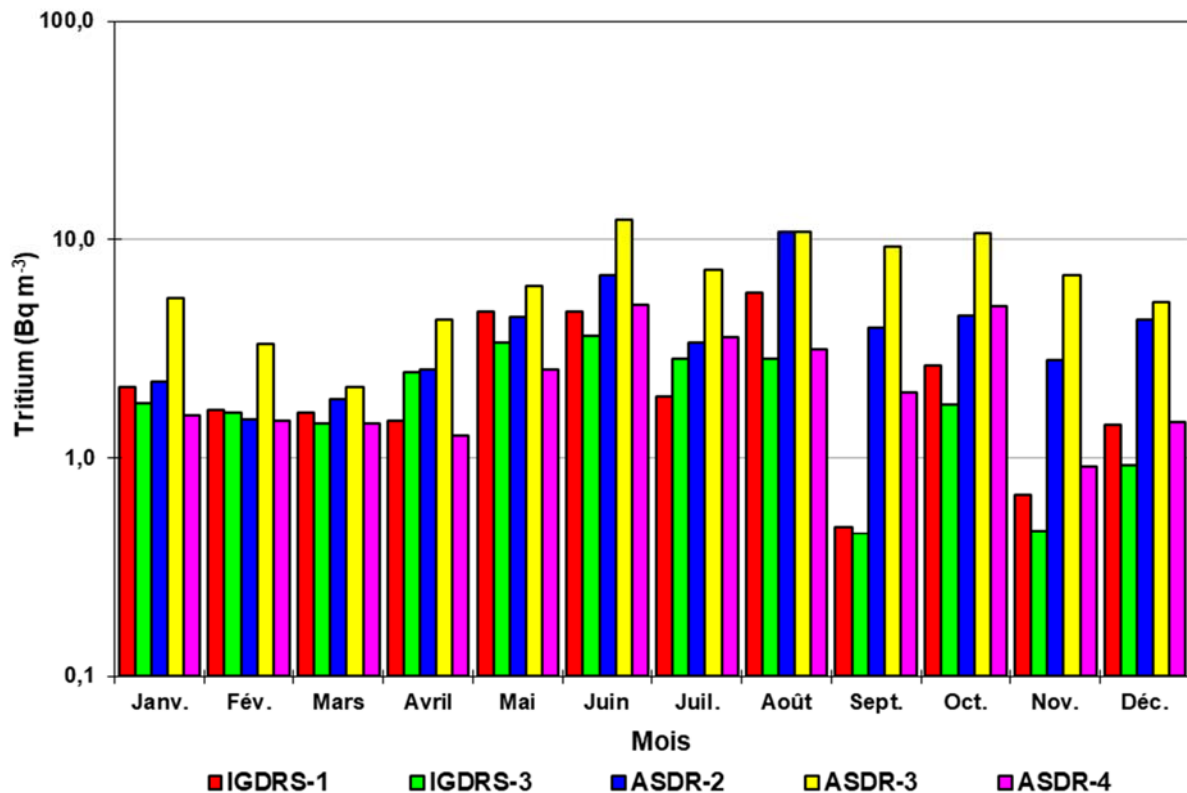
Pour l'ensemble des stations aménagées hors du site des installations de Gentilly-2, les concentrations annuelles moyennes de tritium atmosphérique montrent des variations allant d'une baisse de 14,6 % (Est-3) à une hausse de 11,8 % (Est-1).

Figure 8-14 : Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux stations Nord-1, Sud-1, Est-1 à Est-3, Ouest-1 pour la période 2019-2023



La figure 8-15 présente toutes les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique relevées aux six SCR situées aux périmètres de l'IGDRS et de l'ASDR (carte A-6 de l'annexe A), pour l'année 2023. Ces stations sont dédiées aux installations de stockage de déchets radioactifs solides qui sont toujours utilisés par Hydro-Québec.

Figure 8-15 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'IGDRS et l'ASDR pour l'année 2023



Cet ensemble de stations, disposées autour de l'IGDRS et de l'ASDR, visent à déceler et à tenter de quantifier les possibles apports de tritium gazeux qui pourraient émaner des enceintes de stockage de déchets radioactifs solides. Ces stations peuvent à la fois être soumises aux émissions dispersées de la cheminée principale et à celles des déchets contenus aux fosses. En 2023, aux stations dédiées à la surveillance de l'IGDRS, l'activité mensuelle en tritium atmosphérique a varié de $0,45 \text{ Bq m}^{-3}$ (IGDRS-3 en septembre) à $5,69 \text{ Bq m}^{-3}$ (IGDRS-1 en août). Par ailleurs, au cours de la même année 2023, l'activité mensuelle en tritium atmosphérique relevée aux stations du périmètre de l'ASDR a varié de $0,91 \text{ Bq m}^{-3}$ (ASDR-4 en novembre) à $12,40 \text{ Bq m}^{-3}$ (ASDR-3 en juin). Contrairement à l'IGDRS, aucune ouverture de fosse de déchets radioactifs n'a été faite à l'ASDR au cours de l'année 2023.

Considérant que les valeurs de concentrations des stations de l'IGDRS ne soient pas significativement différentes de celles associées à d'autres stations érigées à distance similaire du principal point d'émissions, et qu'aucune n'excède le seuil des 10 Bq m^{-3} , il peut toujours être conclu qu'aucun autre apport de tritium n'influence ces stations, outre les rejets gazeux de la cheminée principale de Gentilly-2. L'étanchéité des enceintes de déchets de faible et moyenne activités (EDFMA), dont les couvercles sont munis de joints de caoutchouc limitant grandement les échanges d'air, de même que celle des cylindres contenant les résines usées échangeuses d'ions (ESRU), soutient les

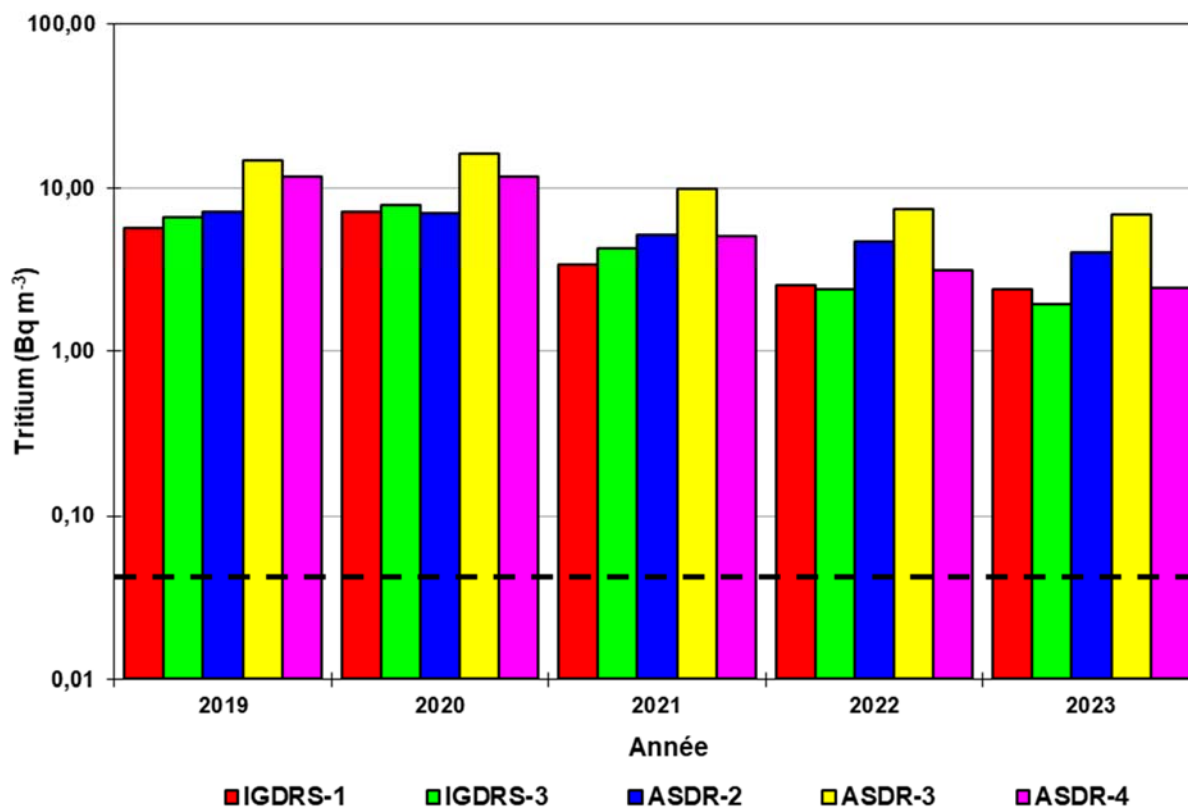
conclusions à l'effet que la masse de déchets contenus dans les enceintes de l'IGDRS ne constitue pas une source distincte d'émissions atmosphériques de tritium.

Contrairement aux constats faits pour les enceintes de l'IGDRS, l'évolution des valeurs rendues par les stations dédiées à l'ASDR confirme que les filtres usés contenus dans la fosse qui leur est dédiée (fosse A-13) constituent toujours une contribution locale et mesurable d'émissions atmosphériques de tritium, en plus de celles issues de la cheminée principale de l'installation nucléaire de Gentilly-2.

Par ailleurs, les émissions secondaires de tritium issues des fosses à déchets radioactifs de l'ASDR sont observées et documentées depuis plusieurs années. D'une part, avant le début des opérations de retrait en 2020, toutes les fosses de l'ASDR étaient pratiquement remplies au maximum de leur capacité mais aussi, la conception même des enceintes de cette installation fait en sorte que l'étanchéité de ses couvercles de béton soit moindre qu'à l'IGDRS. Il n'y a aucun joint d'étanchéité aux rebords de béton des fosses de l'ASDR, et les deux surfaces de contact ne s'y épousent pas parfaitement.

La figure 8-16 montre les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues aux quatre SCR situées au périmètre de l'IGDRS et l'ASDR (carte A-6 de l'annexe A) pour la période 2019-2023.

Figure 8-16 : Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'IGDRS et l'ASDR pour la période 2019-2023



Spécifiquement pour les concentrations annuelles moyennes de tritium atmosphérique des stations dédiées à l'IGDRS et à l'ASDR pour l'année 2023, les valeurs sont toutes en diminution comparativement à l'année précédente, variant de 22,0 % (ASDR-4) à 4,0 % (IGDRS-1).

8.2.3 Carbone-14

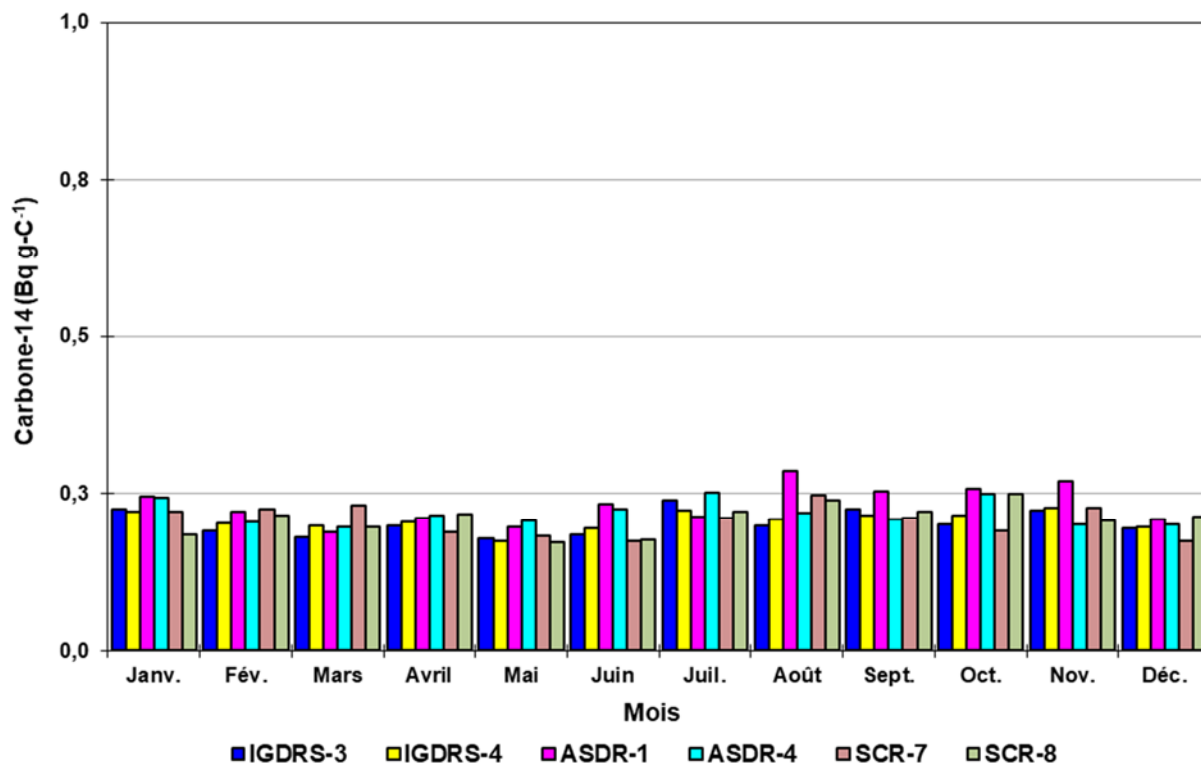
Aux installations de Gentilly-2, les émissions gazeuses de carbone-14, aussi rejetées à l'atmosphère par la cheminée principale, sont majoritairement sous forme de bioxyde de carbone ($^{14}\text{CO}_2$). Aux années suivant la fermeture de la centrale Gentilly-2, ces émissions étaient en grande partie liées aux résines échangeuses d'ions, maintenant toutes stockées aux enceintes étanches de l'IGDRS. À celles-ci, s'ajoutent également d'autres sources secondaires, comme les émanations provenant de filtres usés utilisés en eau lourde qui sont toujours stockés à l'ASDR. La dispersion environnementale du carbone-14 est aussi influencée par les conditions météorologiques. En concentration atmosphérique, l'activité massique du carbone-14 est publiée en becquerel par gramme de carbone (Bq g-C^{-1}). Suivant les modalités de la version du PSRE actuellement en vigueur, la valeur de référence dorénavant utilisée pour le carbone-14 atmosphérique est celle d'une concentration moyenne de la station de Trois-Rivières, pour les années 2017 à 2021. Cette valeur de concentration annuelle moyenne est quantifiée à $0,213 \text{ Bq g-C}^{-1}$, comparable aux valeurs de concentrations naturelles de carbone-14 atmosphérique présentées dans la littérature scientifique ^[8].

Suivant l'achèvement, en 2017, de la troisième et dernière phase de gestion des résines échangeuses d'ions permettant leur transfert aux installations de l'IGDRS, le profil de dispersion environnementale relatif à la quantification des concentrations du carbone-14 atmosphérique a été marqué de changements importants. À l'image de la quantification de carbone-14 aux rejets gazeux (section 2.1) qui montre encore de très faibles valeurs en 2023, et ce, depuis l'année 2018, celles de plusieurs SCR sont aussi en important recul comparativement à cette année charnière de 2017.

Il avait été documenté qu'au terme de leur utilisation dans les systèmes nucléaires, ces résines échangeuses d'ions avaient capté plus de 90 % du carbone-14 produit durant l'exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2.

La figure 8-17 présente les concentrations mensuelles en carbone-14 atmosphérique mesurées en 2023 en six différents endroits du site des installations de Gentilly-2. Ce regroupement de stations implique des SCR qui sont toutes situées dans la zone d'exclusion, soit à grande proximité de la cheminée principale ou encore au pourtour des deux installations de stockage de déchets radioactifs solides de Gentilly-2 (carte A-1 de l'annexe A).

Figure 8-17 : Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations IGDRS-3, IGDRS-4, ASDR-1, ASDR-4, SCR-7 et SCR-8 pour l'année 2023

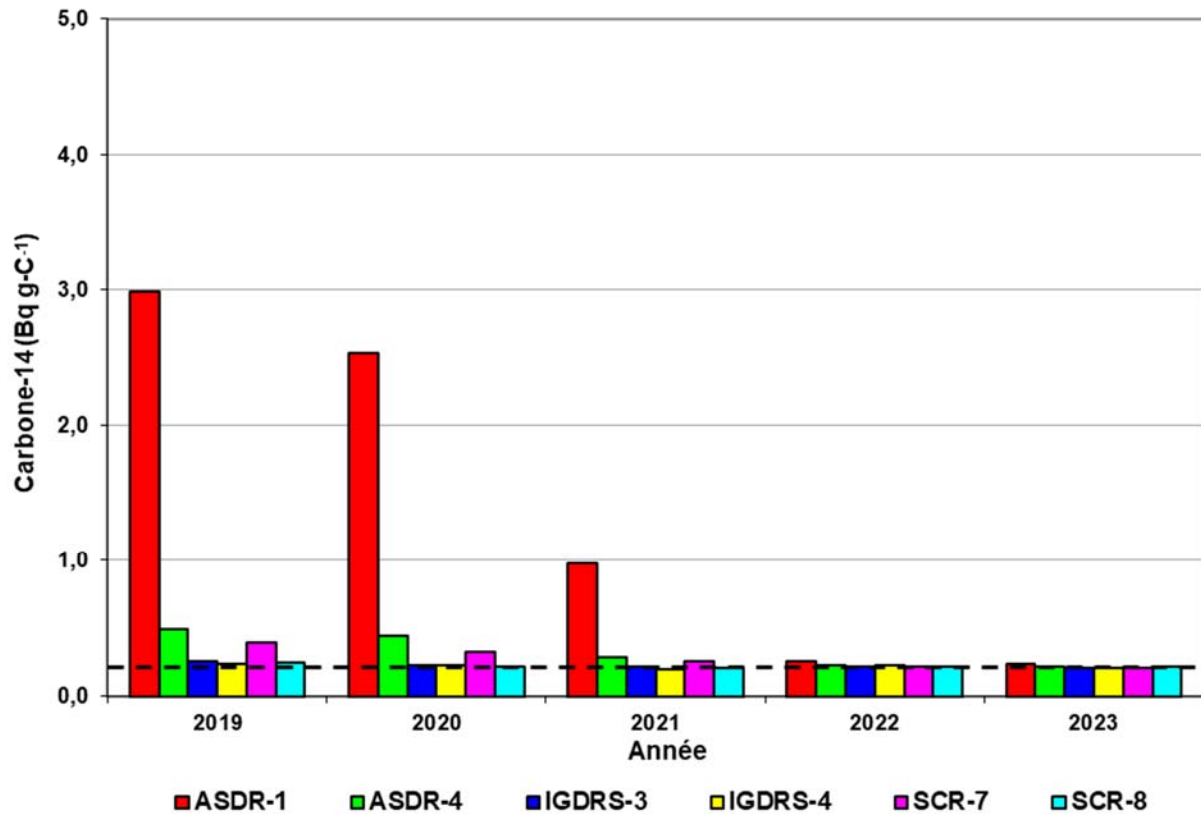


Pour l'ensemble de ces six stations localisées à même les installations de Gentilly-2, les concentrations mensuelles de carbone-14 atmosphérique relevées en 2023 ont varié de 0,172 Bq g-C⁻¹ (SCR-8 en mai) à 0,286 Bq g-C⁻¹ (ASDR-1 en août).

La figure 8-18 présente pour sa part toutes les valeurs annuelles moyennes de concentrations de carbone-14 atmosphérique issues d'échantillons provenant des mêmes six stations situées dans la zone d'exclusion (carte A-1 de l'annexe A). Une bande pointillée noire a aussi été ajoutée pour indiquer la valeur statique de la concentration moyenne à la station de référence désignée, calculée pour les années 2017 à 2021.

Spécifiquement pour l'année 2023, toutes les valeurs issues de ces stations retenues à la version actuelle du PSRE sont en légère diminution en comparaison de l'année précédente. Ces diminutions varient de 3,4 % (IGDRS-3) à 9,3 % (ASDR-1).

Figure 8-18 : Activité annuelle moyenne en carbone-14 atmosphérique aux stations IGDRS-3, IGDRS-4, ASDR-1, ASDR-4, SCR-7 et SCR-8 pour la période 2019-2023



Par ailleurs, la complétion du retrait de la majorité des déchets radioactifs des fosses de l'ASDR, au cours du printemps et de l'été 2021, a eu un impact immédiat sur les valeurs rendues par la station ASDR-1. Historiquement, cette station a toujours été celle pour laquelle les valeurs de carbone-14 atmosphérique auront été les plus élevées de toutes. Dès le mois d'avril de l'année 2021, les valeurs de concentrations mensuelles fléchissaient rapidement, jusqu'à rejoindre une plage similaire à toute autre station du PSRE. Cette situation a donc perduré tout au long de l'année 2023, comme anticipé.

Comme toutes les fosses de l'ASDR, sauf une, sont maintenant vides, Hydro-Québec sera maintenant en mesure de déceler une possible diffusion du $^{14}\text{CO}_2$ dans le béton des enceintes, s'il y avait eu carbonatation au cours des années de stockage de déchets. Au démantèlement de cette installation, une validation des concentrations de carbone-14 sera aussi menée à cet égard, préalablement à toute disposition du béton des enceintes.

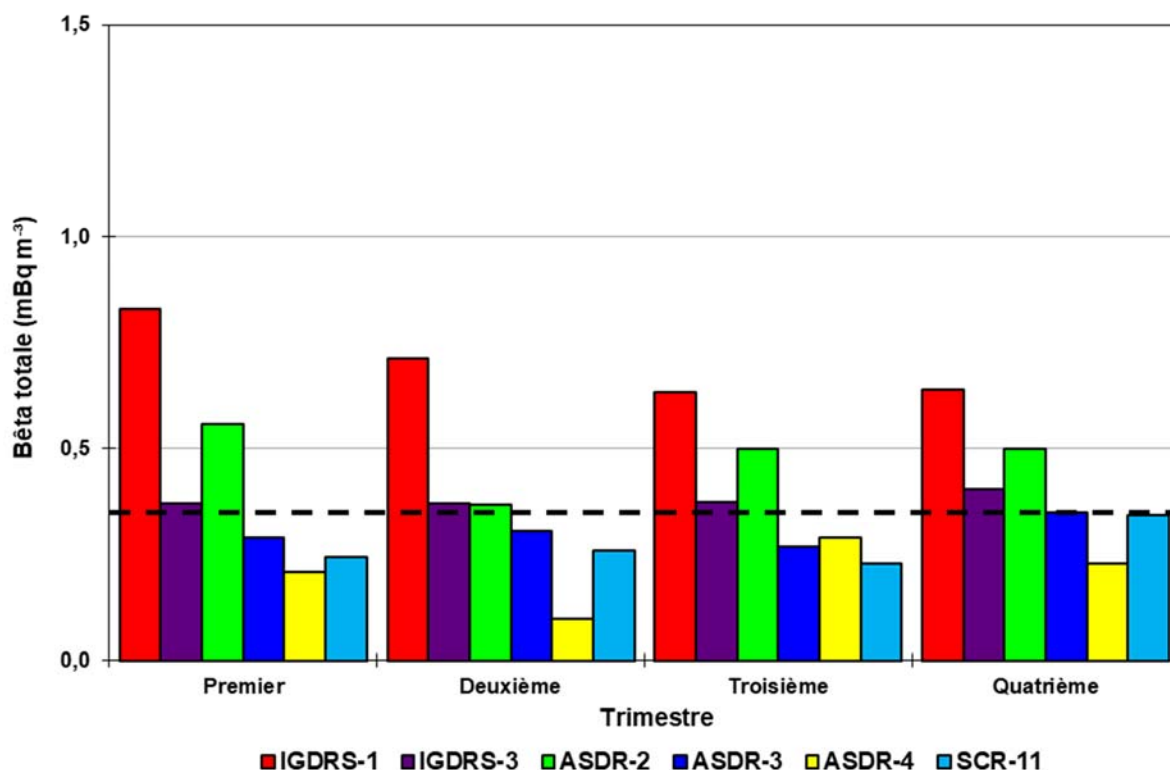
8.2.4 Aérosols

La surveillance radiologique de l'environnement dédiée à l'aspect des aérosols cible exclusivement les particules en suspension dans l'air. Elles sont échantillonnées au moyen d'un assemblage constitué d'une pompe et d'un filtre papier au travers duquel un volume connu d'air ambiant a circulé, de façon continue. Le filtre est ensuite analysé en laboratoire pour en déterminer l'activité bêta totale par unité de volume.

La figure 8-19 présente les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta totale issue des aérosols prélevés au cours de l'année 2023, et ce, à six différentes stations du PSRE (carte A-1 de l'annexe A). Considérant le long historique de stabilité des valeurs de la concentration atmosphérique d'activité bêta totale dans les aérosols, et que plusieurs activités de déclasserment susceptibles d'en être une réelle source sont maintenant complétées, Hydro-Québec ne maintient dorénavant que la station SCR-11 à ce chapitre de la surveillance du PSRE maintenant en vigueur, en sus des stations qui demeurent aux installations de stockage de déchets radioactifs solides.

Advenant une condition anormale au cours d'une manipulation de déchets, ou même pendant la période de stockage, l'émission de particules radioactives pourrait tout de même y survenir. C'est la raison pour laquelle Hydro-Québec priorise dorénavant la surveillance environnementale des particules en suspension dans l'air à ces périmètres.

Figure 8-19 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans les aérosols prélevés aux stations IGDRS-1, IGDRS-3, ASDR-2, ASDR-3, ASDR-4 et SCR-11 pour l'année 2023



Pour l'ensemble de ces six stations, les valeurs mensuelles d'activité bêta totale colligées en 2023 ont varié de 0,05 mBq m⁻³ (ASDR-4 en septembre et octobre) à 0,85 mBq m⁻³ (IGDRS-1 en octobre). Comme par le passé, les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta totale quantifiée pour ces stations en 2023 sont d'un même ordre de grandeur que celles de la station de référence. Une bande pointillée noire a aussi été ajoutée pour indiquer la valeur statique de la concentration trimestrielle moyenne à la station de référence désignée, calculée pour les années 2017 à 2021.

Les valeurs présentées à la figure 8-19 confirment donc qu'aucun événement ponctuel, ni aucune situation anormale dans le transfert ou la gestion d'un déchet radioactif solide, n'ait été la source d'émission significative de radioactivité particulière aux installations de stockage de déchets radioactifs de Gentilly-2 en 2023.

8.3 Surveillance de l'eau

Cette section présente les résultats de la surveillance radiologique des eaux de précipitations, de surface, d'infiltration ainsi que des eaux souterraines au site des installations de Gentilly-2 et dans un environnement proche.

Compte tenu du nombre important de données individuelles impliquées à cette section et pour simplifier le traitement et la représentation, la majorité des données sera abordée sous forme de moyennes mensuelles, trimestrielles ou semestrielles. Le contrôle et la vigie des spécialistes d'Hydro-Québec considèrent toutefois individuellement chacune des données. Aussi, comme le spécifie le PSRE, toutes les valeurs d'activité bêta totale sont confrontées à des limites administratives spécifiques qui peuvent déclencher des analyses supplémentaires et une spectrométrie gamma, le cas échéant.

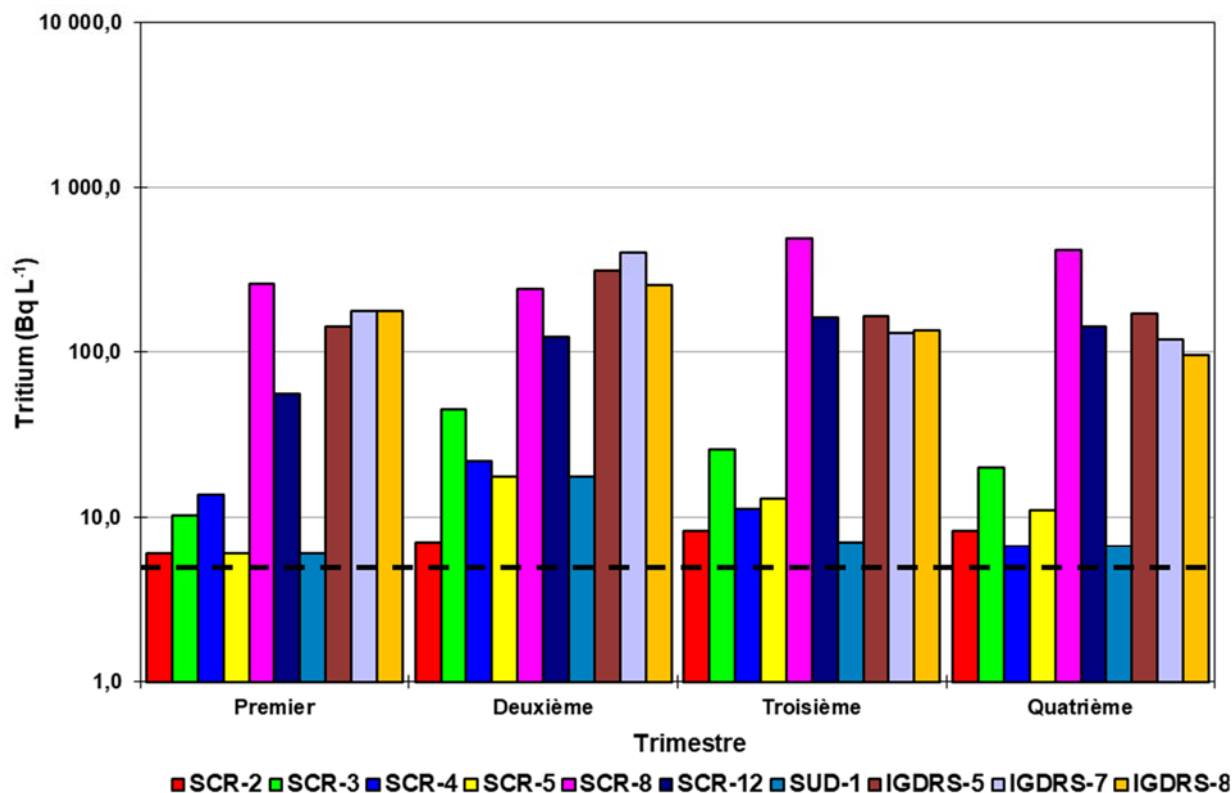
8.3.1 Précipitations

La figure 8-20 présente les valeurs trimestrielles moyennes des concentrations en tritium mesurées dans les eaux de précipitations (pluie, grésil ou neige) pour l'année 2023. Le suivi est réalisé à dix stations identifiées sur les cartes de l'annexe A :

- SCR-3, 8 et 12 de la zone d'exclusion (carte A-1) ;
- SCR-2, 4 et 5, Sud-1 dans la zone rapprochée (carte A-4) ;
- IGDRS-5, IGDRS-7 et IGDRS-8 au périmètre de l'IGDRS (carte A-6).

Sur une base liquide, la quantification mensuelle des précipitations enregistrées à Bécancour a varié, au cours de l'année 2023, de 49 mm (septembre) à 336 mm (juillet). Ces données de quantification proviennent de l'instrumentation météorologique du site appartenant au MELCCFP, érigée à Bécancour, à une distance d'environ sept kilomètres du site des installations de Gentilly-2.

Figure 8-20 : Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations SCR-2 à SCR-5, SCR-8, SCR-12, Sud-1, IGDRS-5, IGDRS-7 et IGDRS-8 pour l'année 2023



Une bande pointillée noire a été ajoutée pour indiquer la valeur statique de la concentration moyenne à la station de référence désignée, située à Trois-Rivières, calculée pour les années 2017 à 2021.

Les concentrations trimestrielles moyennes de tritium quantifiées dans l'eau des précipitations récoltée aux sept SCR des zones d'exclusion et rapprochée varient, en 2023, de 6,0 Bq L⁻¹ (SCR-2, SCR-5 et SUD-1 au 1^{er} trimestre) à 497,7 Bq L⁻¹ (SCR-8 au 3^e trimestre). La valeur trimestrielle moyenne maximale de l'année 2022 avait également été associée à la station SCR-8 (654,7 Bq L⁻¹). Comme cette station est la plus rapprochée de la cheminée principale, il était attendu qu'elle présente à nouveau en 2023 les valeurs les plus élevées, en l'absence d'événement particulier à Gentilly-2.

Quant aux valeurs trimestrielles moyennes de tritium aux stations de l'IGDRS, elles ont varié de 96,0 Bq L⁻¹ (IGDRS-8 au 4^e trimestre) à 402,7 Bq L⁻¹ (IGDRS-7 au 2^{er} trimestre). Cette dernière valeur n'est pas significativement différente des autres stations de contrôle aménagées ailleurs, en zone d'exclusion des installations de Gentilly-2.

Les faibles variations d'activité en tritium entre les trois stations de l'IGDRS, à proximité les unes des autres, suggèrent que les concentrations de tritium mesurées à ces stations proviennent toutes de la cheminée principale de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Advenant qu'une enceinte de déchets de l'IGDRS devienne elle-même une importante source de tritium, le profil des valeurs différerait grandement.

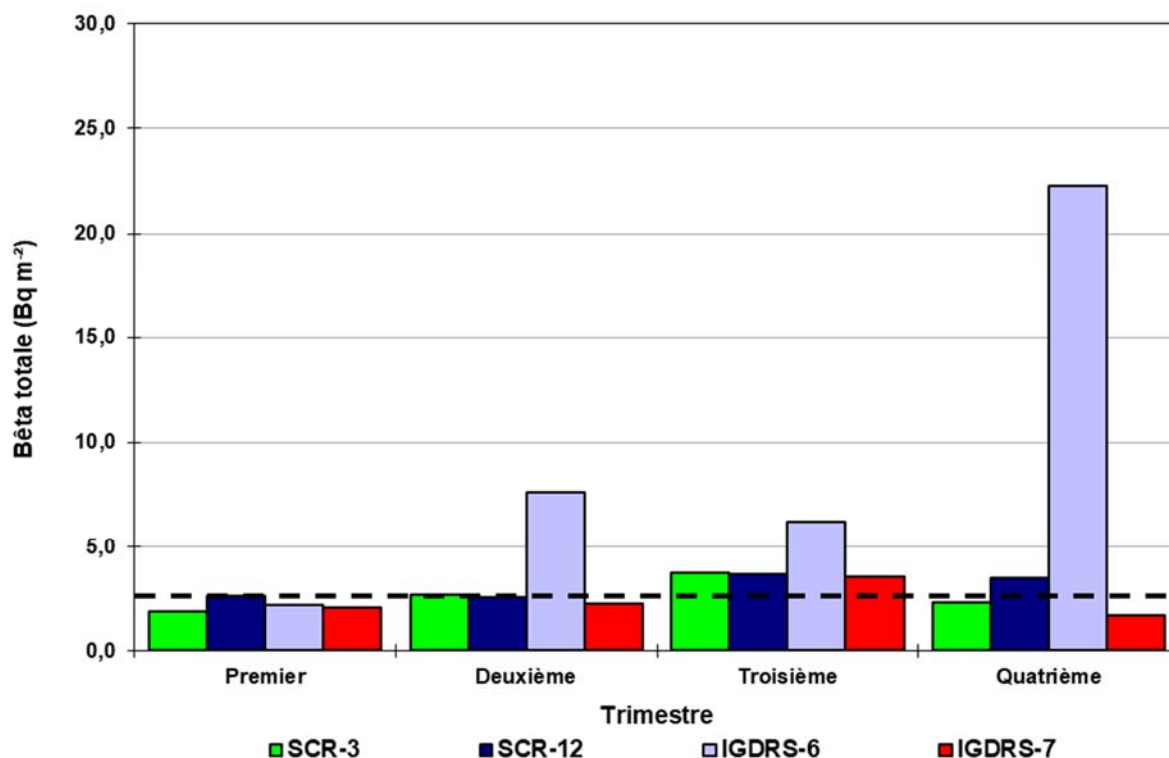
Les moyennes trimestrielles mesurées en 2023, pour toutes les stations, sont comparables à celles des années précédentes. Les variations observées sont dues à plusieurs facteurs, parmi lesquels on trouve : les taux de rejets à la cheminée, l'emplacement des stations d'échantillonnage, leur proximité par rapport au principal point d'émissions et les taux de précipitations. Le profil des concentrations de tritium dans les eaux de précipitations indique aussi que le panache de tritium gazeux émis au principal point d'émissions est rapidement rabattu à l'intérieur de la zone d'exclusion des installations de Gentilly-2.

La figure 8-21 présente plutôt les valeurs trimestrielles moyennes de l'activité bêta totale dans les eaux de précipitations au cours de l'année 2023 pour les SCR-3, SCR-12, IGDRS-6 et IGDRS-7. Une bande pointillée noire a également été ajoutée pour indiquer la valeur statique de la concentration moyenne à la station de référence désignée, située à Trois-Rivières, calculée pour les années 2017 à 2021.

L'activité bêta totale est principalement liée aux particules radioactives aéroportées et rabattues, notamment lors de précipitations. Considérant l'évaporation possible des précipitations accumulées dans les réceptacles des SCR, la détermination de l'activité bêta totale aux précipitations est plutôt quantifiée par unité de surface, soit celle de l'ouverture du réceptacle d'une SCR.

En 2023, trois valeurs mensuelles ont été supérieures au critère déclencheur (10 Bq m^{-2}) demandant une analyse additionnelle de spectrométrie gamma sur les mêmes échantillons. Ces valeurs mensuelles ont toutes été mesurées à la station IGDRS-6 en juin ($12,1 \text{ Bq m}^{-2}$), octobre ($37,8 \text{ Bq m}^{-2}$) et novembre ($27,6 \text{ Bq m}^{-2}$). Aux analyses supplémentaires menées sur ces échantillons, seul le potassium-40 fut quantifié en tant qu'émetteur gamma, à $21,0 \text{ Bq m}^{-2}$ (juin), $49,0 \text{ Bq m}^{-2}$ (octobre) et $26,0 \text{ Bq m}^{-2}$ (novembre). En raison de la possible présence plus importante de potassium-40 dans ces types échantillons, il n'est pas rare d'atteindre ce déclencheur.

Figure 8-21 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans les précipitations aux stations SCR-3, SCR-12, IGDRS-6 et IGDRS-7 pour l'année 2023



Les eaux de surface du site sont principalement alimentées par les précipitations et la fonte de la neige, en période printanière. Elles sont par ailleurs prélevées dans des ruisseaux ou des zones de résurgence lorsqu'elles sont disponibles. Les résultats d'analyses en tritium et en activité bêta totale, dans les eaux de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS, sont présentés aux figures 8-22, 8-23 et 8-24.

Les résultats illustrés représentent :

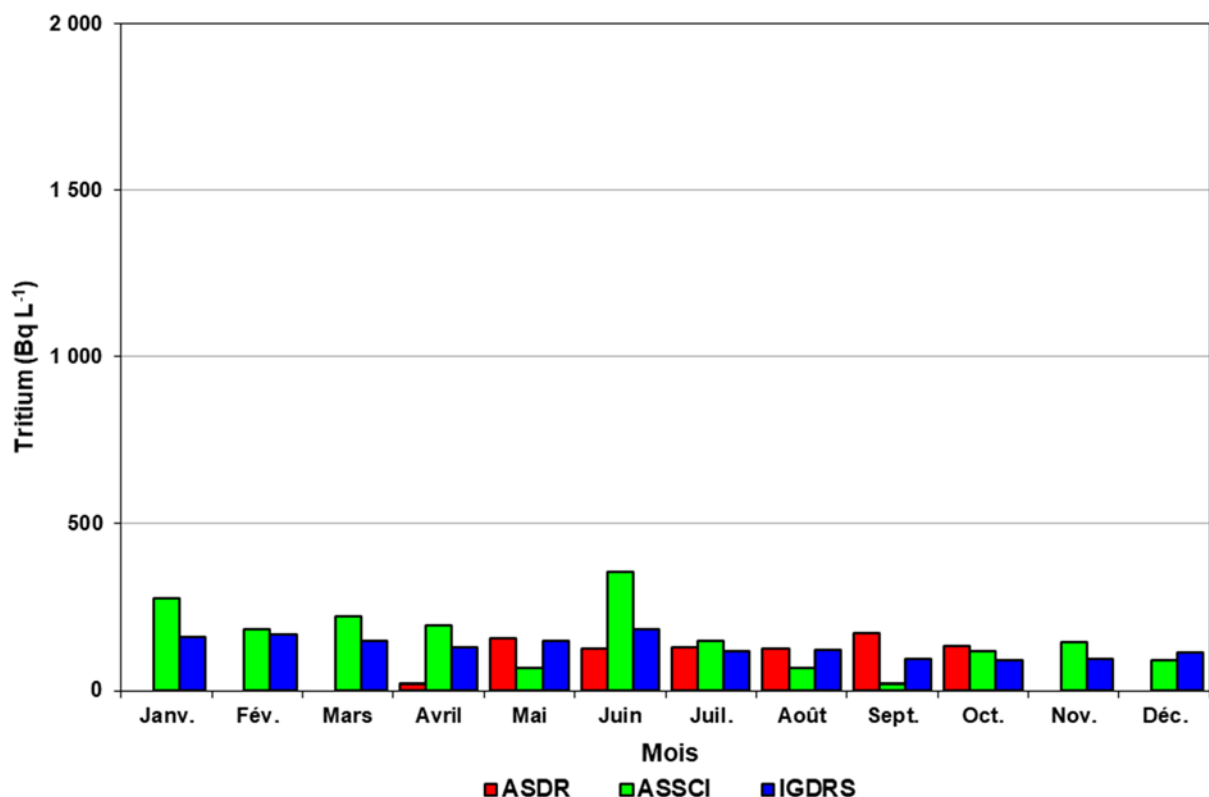
- une moyenne des résultats des prélèvements des points S-16 et S-17 pour la série identifiée ASDR ;
- le résultat des prélèvements du seul point S-1 pour la série identifiée ASSCI ;
- une moyenne des résultats des prélèvements à l'échantillonneur automatique et à la vanne guillotine (1520-V1) de la digue du côté ouest pour la série identifiée IGDRS.

L'emplacement précis de chacun de ces points est illustré sur la carte A-1 de l'annexe A. Pour cette matrice, l'absence de données est souvent attribuable au fait que des points d'échantillonnage étaient secs ou gelés au moment du prélèvement.

La figure 8-22 illustre les moyennes mensuelles de l'activité en tritium dans l'eau de surface mesurée aux points d'échantillonnage précités. En 2023, les valeurs ont varié

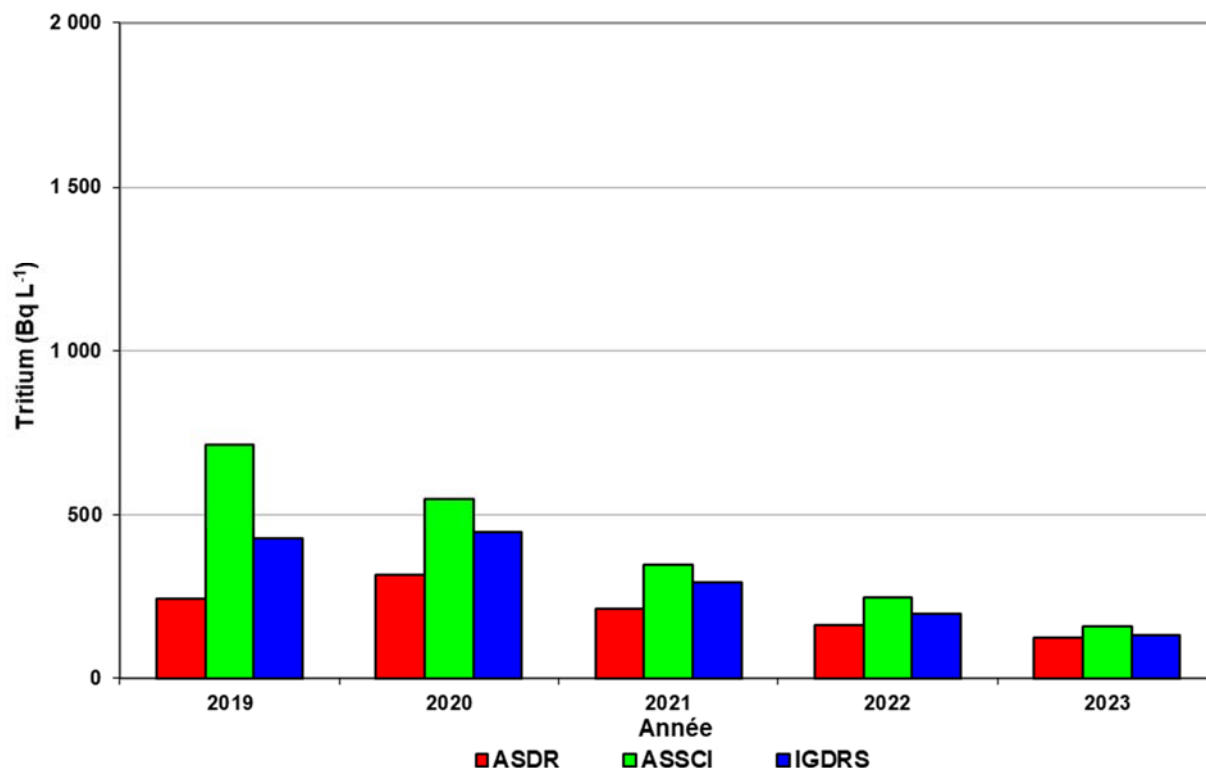
de 18,5 Bq L⁻¹ (ASDR en avril) à 352 Bq L⁻¹ (ASSCI en juin). Afin de relativiser cette valeur maximale, rappelons que la concentration limite de tritium édictée au règlement provincial sur la qualité de l'eau potable est fixée à 7 000 Bq L⁻¹.

Figure 8-22 : Moyenne mensuelle de l'activité en tritium dans l'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023



Les valeurs annuelles moyennes de l'activité en tritium des eaux de surface à l'ASDR, à l'IGDRS et à l'ASSCI paraissent à la figure 8-23. Comparativement à l'année précédente, les données de l'année 2023 indiquent des baisses de 36,6 % pour l'ASSCI, de 33,5 % pour l'IGDRS et de 24,4 % pour l'ASDR.

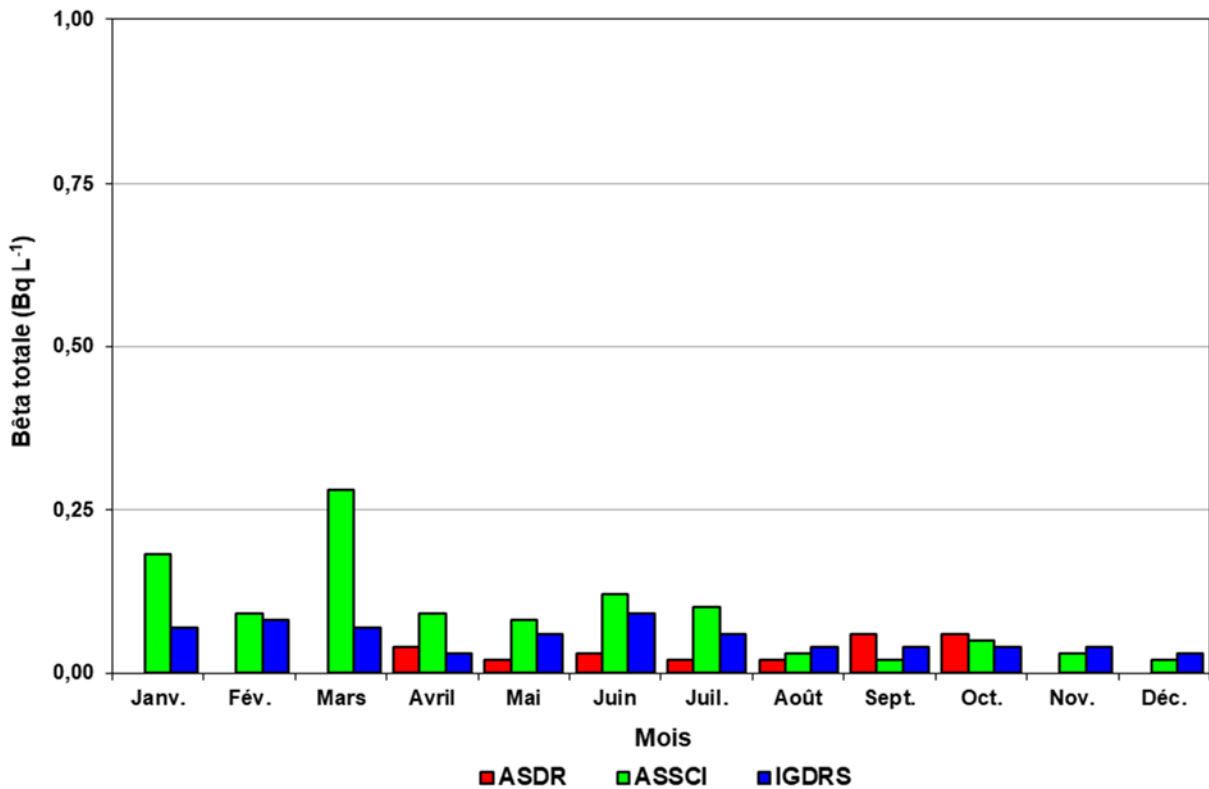
Figure 8-23 : Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2019-2023



Les mesures mensuelles moyennes de l'activité bêta totale obtenues dans l'eau de surface à l'ASDR, à l'ASSCI et à l'IGDRS sont présentées à la figure 8-24. En 2023, la valeur maximale mesurée a été de 0,28 Bq L⁻¹ (ASSCI en mars). En 2023, aucune des valeurs mensuelles d'activité bêta totale n'a été supérieure au seuil déclencheur statué au PSRE (1,0 Bq L⁻¹) engageant à une analyse additionnelle de spectrométrie gamma.

Considérant la valeur de leur coefficient de partage respectif, la majorité des radionucléides habituellement présents ont une plus grande affinité avec les particules de sol et, par conséquent, n'ont pas tendance à demeurer dans l'eau de surface. C'est l'une des raisons expliquant que les valeurs d'activité bêta totale y soient généralement moindres que dans d'autres matrices aqueuses, en l'absence de condition anormale d'exploitation ou d'événement qui aurait pu être source de dispersion de radioactivité.

Figure 8-24 : Moyenne mensuelle de l'activité bêta totale dans l'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023



Le suivi des eaux de surface intègre également le prélèvement d'échantillons destinés à mesurer la teneur en tritium dans l'eau du fleuve Saint-Laurent. La carte A-7 de l'annexe A illustre l'emplacement du point d'échantillonnage en aval (D) du canal de rejet des installations de Gentilly-2. Le point d'échantillonnage en amont (A) du canal de rejet, échantillon réputé représenter le bruit 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 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.

Au cours de l'année 2023, des échantillons ont ainsi été prélevés en mai, juillet et novembre. Les trois échantillons analysés montraient une teneur en tritium inférieure à la LD (variant de 4 à 6 Bq L⁻¹). Quant au carbone-14, il n'a pas été détecté dans aucun des trois échantillons analysés. Par ailleurs, du potassium-40 a été quantifié dans les trois échantillons analysés (variant de 3,5 à 5,1 Bq L⁻¹).

8.3.2 Eaux d'infiltration

Les eaux d'infiltration prélevées se situent dans la zone saturée, à même la portion meuble du sol, qu'elle soit composée de remblais ou de sol naturel. Puisque la mobilité des eaux dans ces sols est souvent plus élevée, les teneurs en tritium qui y sont mesurées sont plus susceptibles d'être étroitement liées à celles des eaux de surface. Tel qu'il a été discuté précédemment, les conditions climatiques peuvent aussi influencer les concentrations de tritium dans les eaux d'infiltration, tout comme les taux de rejets atmosphériques de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Les résultats d'analyses radiologiques en tritium et en activité bêta totale dans les eaux d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS sont présentés aux figures 8-25, 8-26 et 8-27.

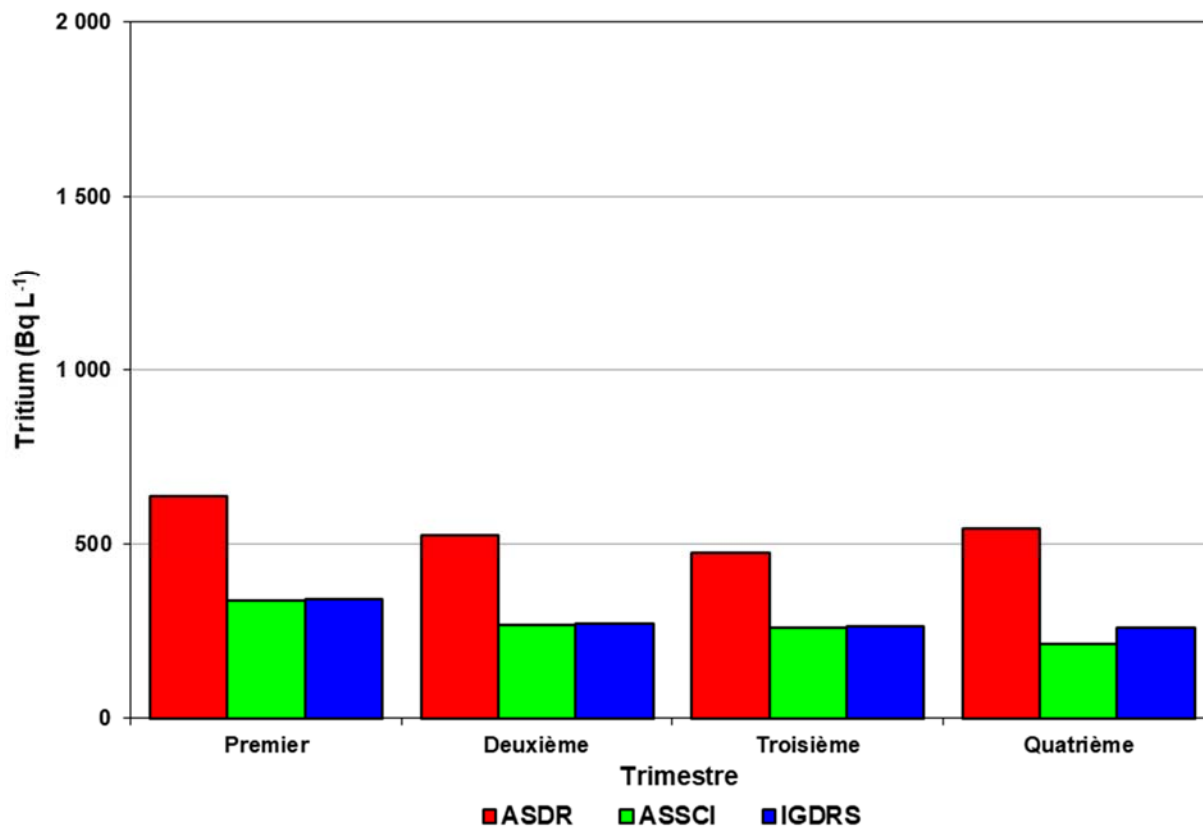
Les résultats illustrés représentent :

- une moyenne des mesures relevées aux points I-14, I-15, I-16 et I-17 pour la série identifiée ASDR ;
- une moyenne des mesures relevées aux points I-1 et I-4 ainsi qu'à l'horizon C des points P-9 et P-10 pour la série identifiée ASSCI ;
- une moyenne des mesures relevées à l'horizon C des points P-1, P-5, P-6, P-7, P-11, P-12, P-X et P-Y pour la série identifiée IGDRS.

L'emplacement de ces points d'échantillonnage est illustré à la carte A-1 de l'annexe A.

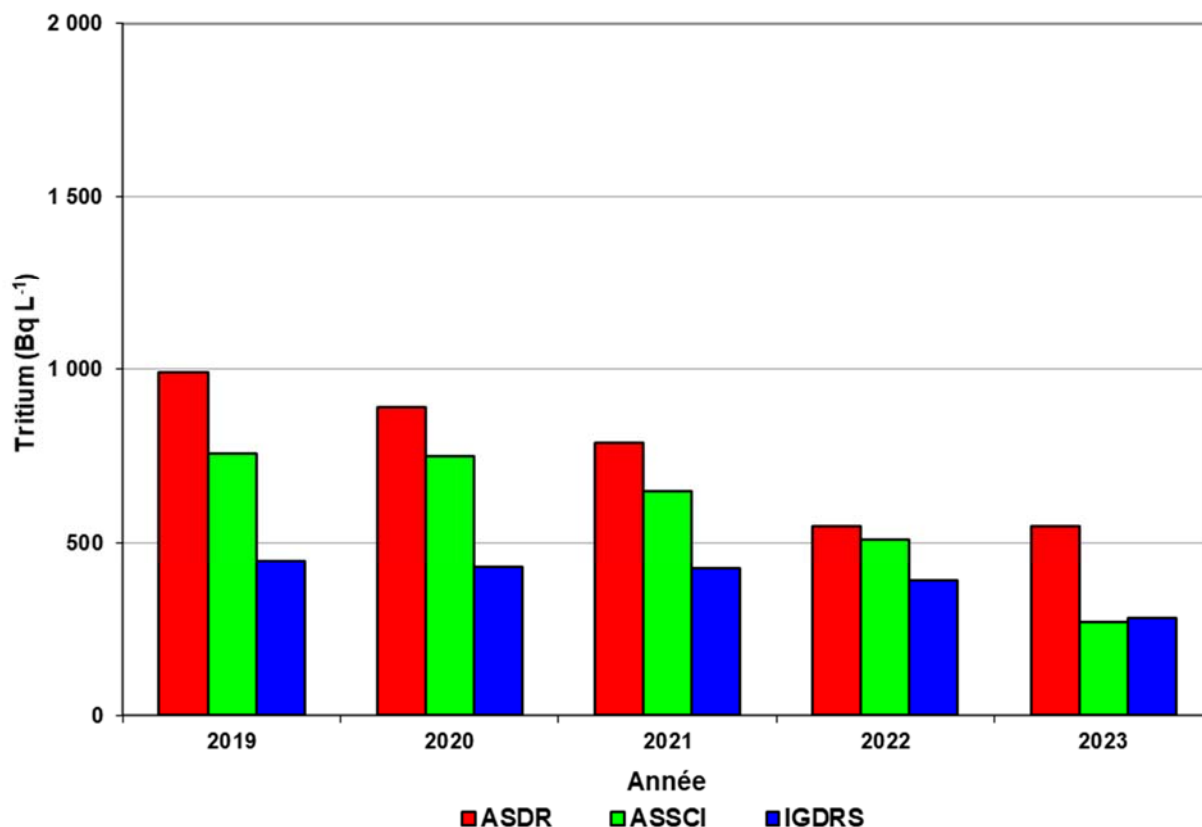
La figure 8-25 porte plus précisément sur les moyennes trimestrielles de l'activité en tritium mesurée aux différents points d'échantillonnage de l'ASDR, de l'IGDRS et de l'ASSCI. En 2023, toutes les valeurs ont varié de 211 Bq L⁻¹ (ASSCI au 4^e trimestre) à 638 Bq L⁻¹ (ASDR 1^{er} trimestre). Les valeurs moyennes trimestrielles maximales des deux autres installations étaient de 334 Bq L⁻¹ (ASSCI au 1^{er} trimestre) et 341 Bq L⁻¹ (IGDRS au 1^{er} trimestre).

Figure 8-25 : Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023



La figure 8-26 présente, pour la période 2019-2023, les moyennes annuelles de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration à proximité de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS. En comparant les valeurs moyennes de l'année 2023 à celles de 2022, on constate des diminutions de 47,4 % pour l'ASSCI, de 27,3 % pour l'IGDRS et de 0,5 % pour l'ASDR.

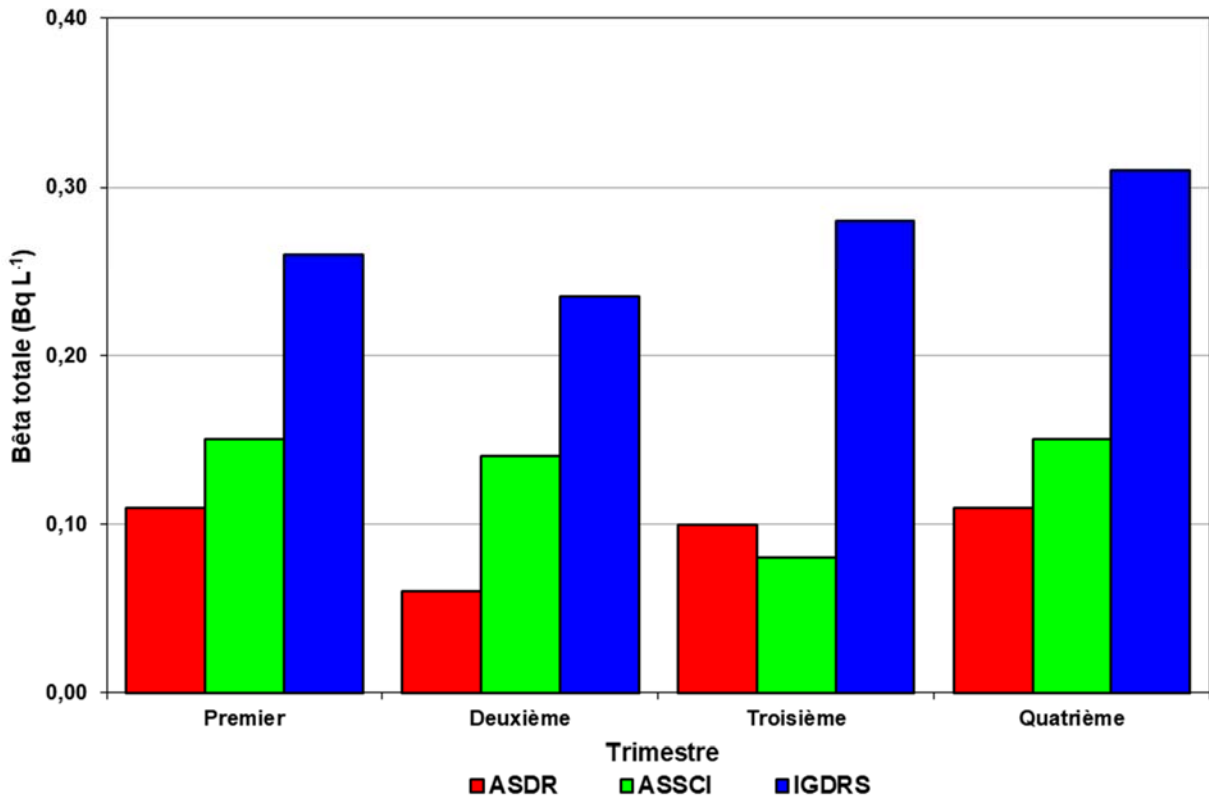
Figure 8-26 : Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2019-2023



La surveillance de l'activité bêta totale de l'eau d'infiltration prélevée à proximité des installations de Gentilly-2 est réalisée sur la base d'échantillons composites. L'évolution des concentrations mensuelles, tirées de ces échantillons, est illustrée à la figure 8-27 pour l'ASDR, l'ASSCI et l'IGDRS.

Toutes les valeurs de l'activité bêta totale quantifiée en 2023 dans l'eau d'infiltration étaient inférieures ou égales à 0,31 Bq L⁻¹. Toutes ont donc aussi été inférieures à la concentration (1,0 Bq L⁻¹) déclenchant des analyses supplémentaires, dont celles de spectrométrie gamma nécessaires à l'identification des radionucléides en présence.

Figure 8-27 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023



8.3.3 Eaux souterraines

Le volet des eaux souterraines de la prochaine section aborde plus spécifiquement les eaux prélevées dans le roc profond ainsi que celles situées à l'interface du roc et des dépôts meubles. Au site des installations de Gentilly-2, ces eaux sont généralement atteintes à des profondeurs variant entre cinq et huit mètres. Ces eaux ont une mobilité plus faible que les eaux d'infiltration, expliquant notamment que les valeurs d'activité en tritium y soient généralement moins élevées. Les résultats d'analyses radiologiques en tritium et en activité bêta totale dans les eaux souterraines hors du site et autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS sont présentés aux figures 8-28, 8-29 et 8-30.

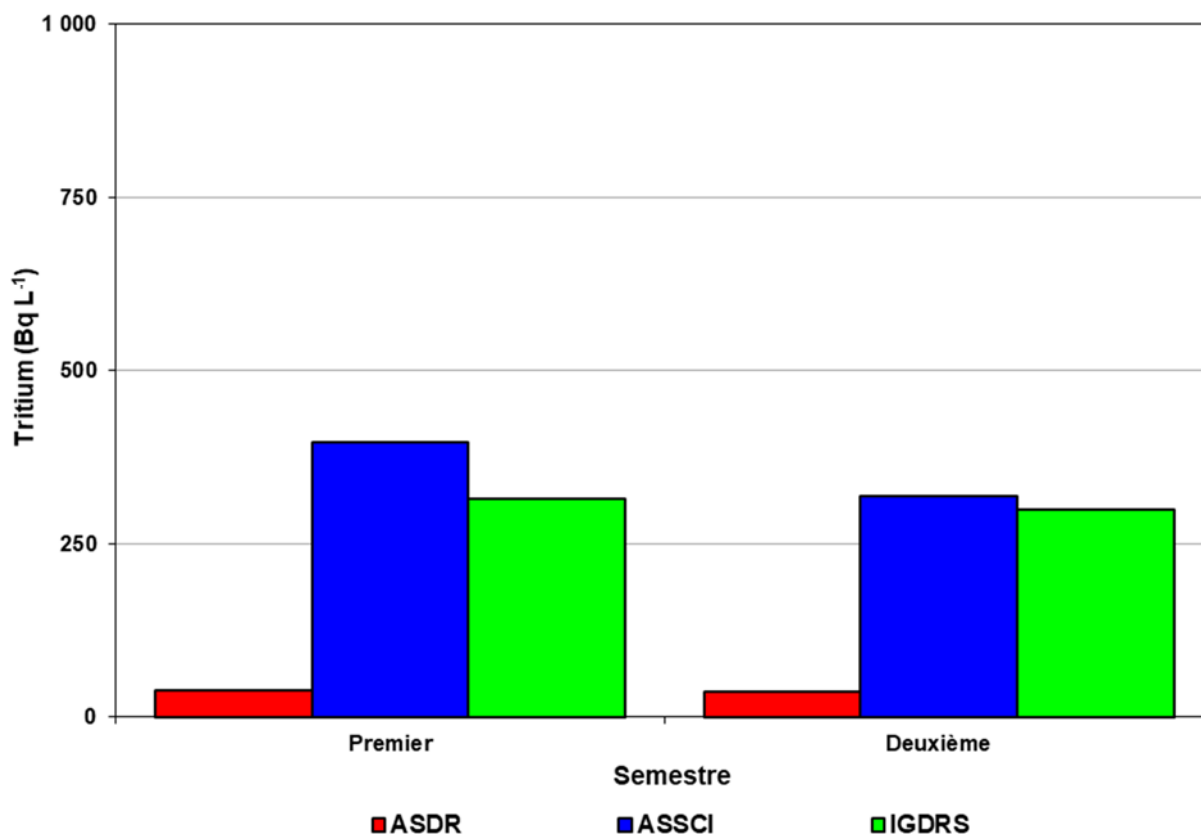
Les résultats illustrés représentent :

- une moyenne des mesures relevées aux points A-1, D-1 et D'-1 pour la série identifiée ASDR ;
- une moyenne des mesures relevées au point A-2 ainsi qu'aux horizons A et B des points P-8, P-9 et P-10 pour la série identifiée ASSCI ;
- une moyenne des mesures relevées aux horizons A et B des points P-1, P-5, P-6, P-7, P-11, P-12, P-X et P-Y pour la série identifiée IGDRS.

Les cartes A-1 et A-4 de l'annexe A présentent l'emplacement précis de ces points.

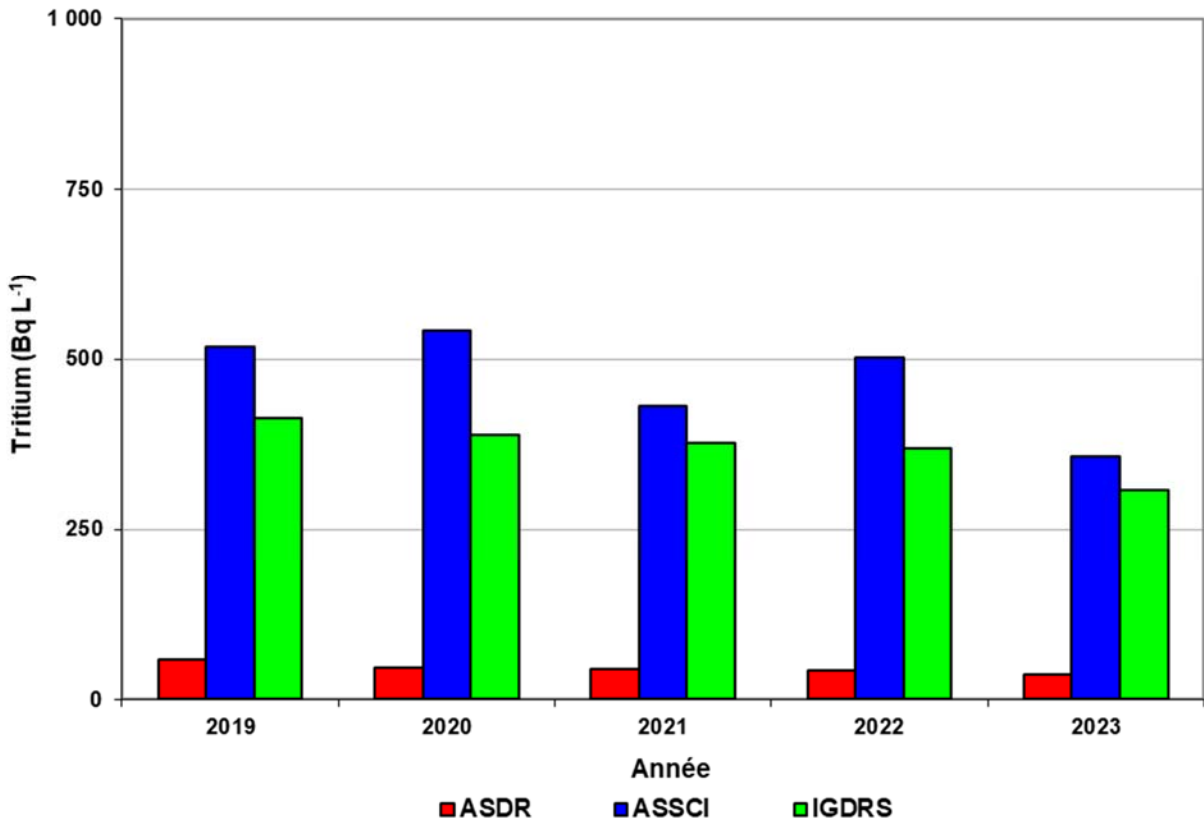
La figure 8-28 présente les moyennes semestrielles des concentrations en tritium mesurées dans les eaux souterraines pour l'année 2023. En ce qui concerne les concentrations de tritium dans l'eau souterraine de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS, les valeurs moyennes les plus élevées de l'année 2023 ont à nouveau été mesurées à l'ASSCI, où la valeur maximale de 397 Bq L⁻¹ fut quantifiée au premier trimestre.

Figure 8-28 : Moyenne semestrielle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023



La figure 8-29 présente, pour la période 2019-2023, les moyennes annuelles de l'activité en tritium dans l'eau souterraine à proximité de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS. Comparativement à l'année précédente, les données de l'année 2023 indiquent des baisses de 28,6 % pour l'ASSCI, de 16,6 % pour l'IGDRS et de 14,6 % pour l'ASDR.

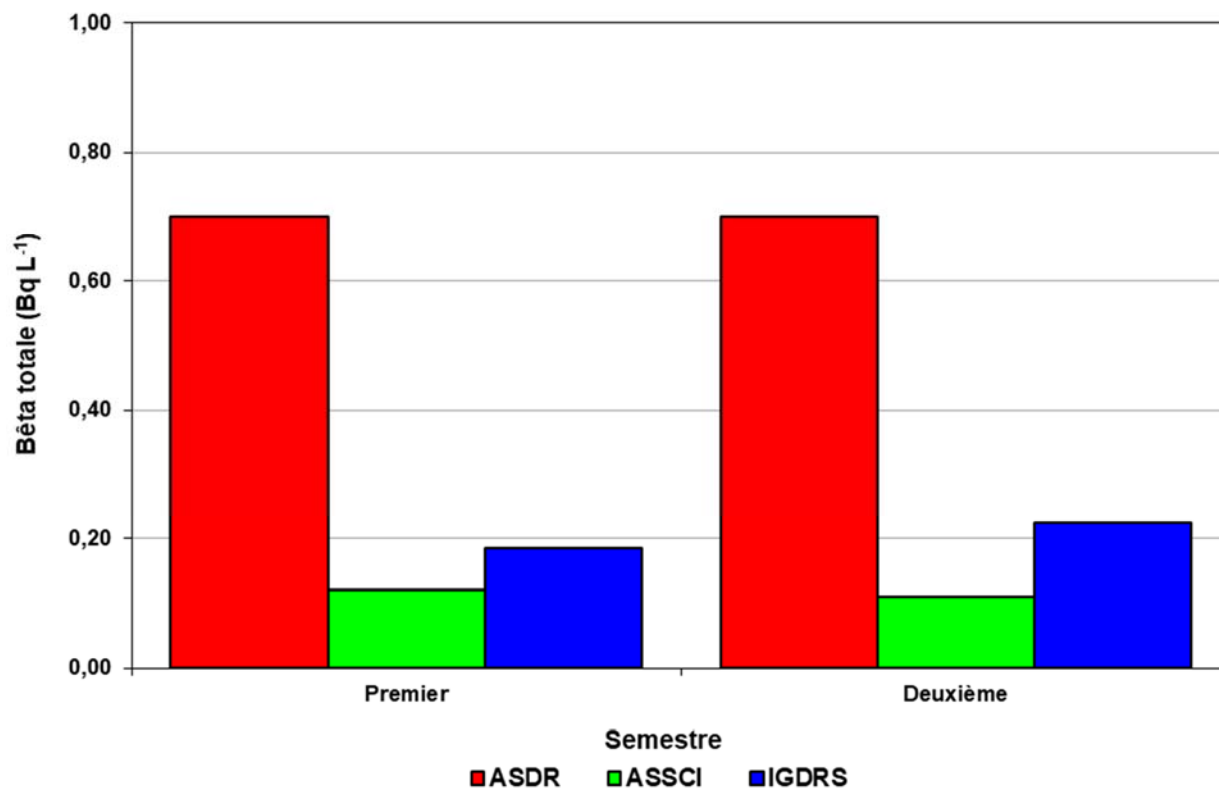
Figure 8-29 : Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2019-2023



Le suivi radiologique de l'activité bêta totale de l'eau souterraine prélevée autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS est réalisé à partir d'échantillons composites. Les moyennes semestrielles sont présentées à la figure 8-30. Toutes les valeurs recueillies au cours de l'année 2023 sont égales ou inférieures à une activité de 0,23 Bq L⁻¹, à l'exception des échantillons provenant de l'ASDR dont la moyenne aux deux semestres est de 0,70 Bq L⁻¹. Ce résultat a atteint le critère déclencheur (0,35 Bq L⁻¹) pour les eaux souterraines, engendrant des analyses supplémentaires de spectrométrie gamma nécessaires à l'identification formelle des radionucléides en présence sur des échantillons mensuels unitaires pendant une période de trois mois.

Les analyses supplémentaires ont permis d'identifier les radionucléides en cause, soit le potassium-40, le bismuth-211, le bismuth-214, le plomb-212 et le plomb-214. Le potassium-40 est d'origine naturelle alors que les autres radionucléides sont plutôt issus de la filiation des chaînes de désintégration de l'uranium-235 et de l'uranium-238.

Figure 8-30 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta totale dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2023



8.4 Surveillance des sols et des sédiments

Cette section présente les résultats de la surveillance des sols arables d'une ferme de la région et des sédiments dynamiques prélevés dans le fleuve Saint-Laurent.

8.4.1 Sols arables

Le PSRE prévoit que la dispersion radiologique dans les sols arables sera évaluée en effectuant des prélèvements dans les champs d'une ferme (Ferme 1) située dans la région (carte A-4 de l'annexe A) sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent.

Les échantillons de sols ont ainsi été prélevés le 27 juin 2023. La présence de béryllium-7, de potassium-40 et de césium-137 y a été détectée. Leur activité respective est présentée au tableau 8-1.

Tableau 8-1 : Radioactivité mesurée dans l'échantillon de sols arables prélevés à la ferme collaborant au PSRE pour l'année 2023

Radionucléide	Activité mesurée (LD) (Bq kg ⁻¹)
⁷ Be	4,6 (0,8)
⁴⁰ K	635 (19)
¹³⁷ Cs	1,3 (0,1)

Le béryllium-7 dans les sols est d'origine cosmique alors que le potassium-40 est un des radionucléides qui est le plus fréquemment rencontré dans les roches, à des teneurs naturelles variant entre 70 et 1 500 Bq kg⁻¹ [9]. À cette concentration, la présence du césium-137 peut, quant à elle, être attribuable à des essais d'armements nucléaires passés et à d'autres événements tels que celui de Tchernobyl. Ces radionucléides sont détectés année après année et les résultats obtenus en 2023 sont comparables à ceux obtenus au cours des années antérieures.

8.4.2 Sédiments dynamiques

L'ancien PSRE révisé en 2017 prévoyait que les échantillons de sédiments dynamiques soient prélevés à une station située à l'embouchure du canal de rejet (station B) et à une autre située à environ deux kilomètres en aval, dans l'anse à Lemarier (station C). L'adaptation du PSRE mise en vigueur au cours du mois de juillet 2022 prévoit un échantillonnage de sédiments dynamiques à deux points de prélèvements (B'1 et D), situés respectivement à l'embouchure du canal de rejets ayant été sollicité jusqu'en 2018, et dans le chenal sud du fleuve St-Laurent, à la hauteur de la rivière Gentilly.

En 2023, des échantillons de sédiments y ont été prélevés le 12 juin, 21 septembre et 21 novembre. L'emplacement de ces deux points de prélèvement est illustré à la carte A-7 de l'annexe A. L'activité de chacun des radionucléides mesurés est pour sa part présentée au tableau 8-2.

Tableau 8-2 : Radioactivité maximale mesurée dans les échantillons de sédiments dynamiques du fleuve Saint-Laurent près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023

Radionucléide	Activité maximale mesurée (LD) (Bq kg ⁻¹)	
	B'1	D
⁷ Be	12 (2)	< 2,9
⁴⁰ K	785 (23)	759 (22)
⁶⁰ Co	72 (1)	< 0,28
⁵⁴ Mn	< 0,56	< 0,25
⁹⁴ Nb	1,8 (0,1)	< 0,22
⁹⁵ Nb	< 1,4	< 0,59
⁹⁵ Zr	< 1,5	< 0,65
¹²⁴ Sb	< 0,69	< 0,30
¹²⁵ Sb	< 1,1	< 0,54
¹³⁷ Cs	10,7 (0,3)	0,60 (0,04)
¹⁵³ Gd	< 0,92	< 0,48
²³⁵ U	3,4 (0,2)	0,81 (0,1)
²³⁸ U	50 (2)	25 (1)
¹⁴ C	0,13 (0,02)	< 0,11

Du potassium-40, du césium-137, de l'uranium-235 et de l'uranium-238 ont été détectés dans les sédiments des deux stations B'1 et D.

Tous ces radionucléides ont été quantifiés à des concentrations plus élevées à la station B'1 qu'à la station D. De faibles concentrations de béryllium-7, de cobalt-60, de niobium-95 et de carbone-14 ont également été détectées à la station B'1. L'activité des autres radionucléides analysés dans les sédiments des deux stations était, quant à elle, inférieure au seuil de détection de la méthode d'analyse utilisée. À de telles concentrations, ces résultats suggèrent une influence des opérations de l'installation nucléaire de Gentilly-2 dans les sédiments dynamiques du fleuve.

Des valeurs d'activité de césium-137, d'uranium-235 et d'uranium-238 mesurées dans les sols de certaines régions du Canada ^[10] sont présentées ici à des fins de comparaison. Dans le cas du césium-137, les valeurs rapportées pour le Bouclier canadien varient de 3,8 à 60 Bq kg⁻¹ et, pour le sud de l'Ontario, de 0,5 à 25 Bq kg⁻¹. En ce qui concerne l'uranium-235, une valeur de 0,42 Bq kg⁻¹ a été mesurée dans le Bouclier canadien et des valeurs variant de 0,98 à 1,1 Bq kg⁻¹ ont été mesurées dans le sud de l'Ontario. Pour l'uranium-238, une activité de 9,1 Bq kg⁻¹ a été rapportée pour le Bouclier canadien et des activités variant de 21 à 25 Bq kg⁻¹ ont été rapportées pour le sud de l'Ontario.

8.5 Surveillance de la faune et de la flore

Le PSRE de Gentilly-2 prévoit aussi mesurer l'impact de la dispersion des effluents liquides et gazeux sur la faune et la flore aquatique. Les résultats de cette surveillance sont présentés dans les sous-sections suivantes. Depuis 2017, les concentrations de carbone-14 sont présentées en proportion du poids frais (PF) alors qu'auparavant, elles étaient présentées en proportion de la fraction de carbone. Les coefficients de conversion retenus sont ceux du Groupe CSA ou de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), soit : $0,08796 \text{ kg-C kg}^{-1} \text{ PF}$ pour la chair des mollusques; $0,12175 \text{ kg-C kg}^{-1} \text{ PF}$ pour la chair des poissons ^[4]; $0,048 \text{ kg-C kg}^{-1} \text{ PF}$ pour les plantes aquatiques et $0,100 \text{ kg-C kg}^{-1} \text{ PF}$ pour les plantes fourragères ^[11]. Par ailleurs, l'adaptation du PSRE mise en vigueur au mois de juillet 2022 ne prévoit plus la quantification de radioactivité sur les coquilles des mollusques et les produits comestibles spécifiquement.

8.5.1 Plantes fourragères

Des échantillons de plantes fourragères ont été prélevés au cours du mois de juillet 2023 à la Ferme 1, la même ferme que celle indiquée pour les modalités de surveillance du sol arable (carte A-4 de l'annexe A).

Seule une concentration de tritium de $2,8 \text{ Bq kg}^{-1}$ (poids sec) a été mesurée dans l'échantillon prélevé à la Ferme 1. Le potassium-40, le béryllium-7, le césium-137 et le carbone-14 n'ont pas été mesurés dans le fourrage de cette ferme.

8.5.2 Plantes aquatiques

Le PSRE prévoit l'échantillonnage annuel de plantes aquatiques prélevées dans le fleuve Saint-Laurent. À l'actuelle version du plan, les plantes aquatiques sont prélevées dans la zone PA2, celle-ci étant susceptible d'être affectée par les effluents liquides radioactifs de l'installation de Gentilly-2. L'emplacement de cette zone est illustré à la carte A-7 de l'annexe A. Les résultats de l'échantillonnage réalisé le 21 septembre 2023 sont présentés au tableau 8-3.

Tableau 8-3 : Radioactivité mesurée dans les plantes aquatiques récoltées dans le fleuve Saint-Laurent à la station PA2 en 2023

Radionucléide	Activité (LD) (Bq kg ⁻¹)
⁴⁰ K	708 (21)
⁶⁰ Co	< 0,57
⁹⁵ Nb	< 0,90
¹³⁷ Cs	0,93 (0,07)
¹³¹ I	< 3,7
¹⁴ C	11 (2) Bq kg ⁻¹ PF

En 2023, le cobalt-60, le niobium-95 et l'iode-131 dans les plantes aquatiques étaient en concentrations inférieures aux LD, alors que le potassium-40, le césium-137 et le carbone-14 étaient mesurés à une concentration plus élevée que la LD.

En 2023, la concentration de potassium-40 était de 708 Bq kg⁻¹, donc supérieure à celle de 2022 où la concentration mesurée y avait été de 507 Bq kg⁻¹. Le potassium-40 retrouvé dans les plantes aquatiques s'explique par sa présence naturelle dans le sol ^[12].

En ce qui concerne le carbone-14, sa concentration dans les plantes aquatiques récoltées en 2023 à la station PA2 était de 11 Bq kg⁻¹ PF, donc équivalente à celle mesurée en 2022. Une interprétation plus détaillée des concentrations de carbone-14 mesurées en 2023 dans la faune et la flore aquatiques à proximité des installations de Gentilly-2 est présentée au soutien de l'analyse des résultats de la section 8.5.4.

8.5.3 Mollusques

Le PSRE prévoit la récolte annuelle de mollusques afin d'analyser l'activité radiologique dans leur chair. La zone de récolte est située en aval du canal de rejet, à environ deux kilomètres de l'installation nucléaire de Gentilly-2, dans l'anse à Lemarier (carte A-7 de l'annexe A). Les résultats d'analyse de l'échantillonnage réalisé le 10 août 2023 sont présentés au tableau 8-4.

Tableau 8-4 : Radioactivité mesurée dans la chair de mollusques récoltés dans le fleuve Saint-Laurent près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2023

Radionucléide	Activité (LD) (Bq kg ⁻¹)
⁴⁰ K	13,3 (0,9)
⁶⁰ Co	< 0,18
⁹⁵ Nb	< 0,29
¹³⁷ Cs	< 0,16
¹³¹ I	< 2,2
¹⁴ C	74 (11) Bq kg ⁻¹ PF

De façon semblable aux années précédentes, aucune concentration de cobalt-60, de niobium-95, de césium-137 ou d'iode-131 n'a été détectée dans la chair des mollusques. Une concentration de potassium-40 a été mesurée à 13,3 Bq kg⁻¹ et elle est plus élevée que celle mesurée en 2022, alors qu'elle était de 7,6 Bq kg⁻¹.

La concentration de carbone-14 mesurée en 2023 dans la chair des mollusques était de 74 Bq kg⁻¹ PF, donc moins élevée que celle de l'année 2022, alors que la teneur mesurée avait plutôt été de 95 Bq kg⁻¹ PF.

8.5.4 Poissons

Spécifiquement pour les analyses de chair du poisson, Hydro-Québec avait réévalué, en 2017, la pertinence de l'emplacement de la zone de pêche spécifiquement pour les besoins d'évaluation des impacts à la santé humaine découlant de la consommation de poissons pêchés sportivement. Depuis, la radioactivité dans la chair des poissons était donc mesurée dans des poissons capturés à différentes périodes dans une zone située à l'anse à Lemarier, un secteur librement fréquenté par la population pour la pêche (carte A-7 de l'annexe A). L'anse à Lemarier est l'endroit le plus proche du point de rejet où l'on peut accéder pour pratiquer la pêche, notamment sur la glace, depuis la mise à l'arrêt du réacteur. On suppose que les plus grands consommateurs de poisson d'eau douce y prennent toutes leurs prises. Toutefois, la révision 2 du PSRE (2022) stipule tout de même la validation additionnelle de la présence de radioactivité dans la chair du poisson à la fois au canal de rejet et à l'anse à Lemarier.

En 2023, des pêches au filet maillant ont été réalisées les 13 juin, 21 septembre et 18 octobre dans le canal de rejet. Et des pêches ont également été réalisées à l'anse à Lemarier les 9 mai, 13 juin, 13 juillet, 21 septembre, 18 octobre et 21 novembre. Au total, cinq espèces différentes de poissons ont été capturées dans le canal de rejet et onze à l'anse à Lemarier.

Lorsqu'au cours d'une même campagne d'échantillonnage plus d'un spécimen d'une même espèce sont capturés, les analyses sont réalisées sur un échantillon composite formé des tissus de tous les spécimens de l'espèce. Les tableaux 8-5 et 8-6 présentent les espèces pêchées de même que les concentrations des radionucléides mesurées dans ces poissons.

Tableau 8-5 : Espèces de poissons pêchés dans le canal de rejet et concentrations des radionucléides mesurées en 2023

Mois	Nom commun	Nom scientifique	Nombre capturé	Activité (LD)			
				Bq kg ⁻¹			Bq kg ⁻¹ PF
				⁴⁰ K	³ H	¹³⁷ Cs	¹⁴ C
Juin	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	2	181 (8)	6,4 (3,5)	< 0,86	85 (13)
	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	2	131 (4)	6,1 (2,9)	0,19 (0,04)	42 (6)
Septembre	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	2	174 (5)	7,8 (1,9)	0,10 (0,03)	33 (5)
	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	1	149 (5)	4,8 (1,9)	< 0,49	34 (5)
	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	1	130 (4)	5,6 (1,9)	0,46 (0,03)	69 (10)
Octobre	Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	1	152 (3)	4,9 (2,0)	0,75 (0,05)	26 (4)
	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	1	125 (4)	5,6 (1,9)	< 0,27	74 (11)
	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	1 ^a	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
Moyenne				149	5,9	0,45	52
Écart-type				22	1,0	0,28	24
Note : Lorsque la concentration était inférieure à la LD, la moyenne a été calculée en utilisant une valeur équivalente à la LD. s. o. : Sans objet. a L'échantillon a été rejeté, car il était d'un poids inférieur au critère minimal requis pour être analysé (< 30 g).							

Tableau 8-6 : Espèces de poissons pêchés à l'anse à Lemarier et concentrations des radionucléides mesurées en 2023

Mois	Nom commun	Nom scientifique	Nombre capturé	Activité (LD)			
				Bq kg ⁻¹			Bq kg ⁻¹ PF
				⁴⁰ K	³ H	¹³⁷ Cs	¹⁴ C
Mai	Baret	<i>Morone americana</i>	1 ^a	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
	Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	20	128 (4)	< 3,0	0,11 (0,02)	36 (5)
Juin	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	6	127 (4)	3,7 (1,9)	0,12 (0,03)	71 (11)
	Meunier noir	<i>Catostomus commersonii</i>	1	127 (4)	3,6 (2,1)	< 0,38	121 (18)
	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	2	137 (4)	< 4,8	0,37 (0,04)	29 (4)
	Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	1 ^a	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
Juillet	Baret	<i>Morone americana</i>	14	114 (4)	5,0 (3,4)	< 0,38	25 (4)
	Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	1	147 (4)	< 3,0	< 0,30	164 (25)
	Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	8	183 (5)	< 3,1	< 0,13	39 (6)
Septembre	Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	1	230 (8)	< 3,1	< 0,85	33 (5)
	Doré noir	<i>Stizostedion canadense</i>	2	199 (6)	< 3,0	1,13 (0,07)	33 (5)
	Baret	<i>Morone americana</i>	1	140 (9)	< 3,0	< 1,1	24 (4)
	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	1	169 (5)	< 2,9	0,11 (0,03)	26 (4)
	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	1	191 (6)	< 3,0	0,98 (0,06)	133 (20)
	Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	1	134 (4)	3,0 (1,9)	< 0,26	29 (4)
Octobre	Meunier noir	<i>Catostomus commersonii</i>	1	128 (4)	< 4,9	0,99 (0,12)	26 (4)
	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	3	223 (8)	< 4,9	< 0,72	33 (5)
	Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	1	115 (3)	< 2,9	< 0,28	118 (18)
	Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	1	149 (5)	< 4,8	< 0,49	87 (13)
	Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	1	164 (4)	< 4,8	0,75 (0,09)	24 (4)
Novembre	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	3	170 (5)	< 4,9	0,31 (0,05)	28 (4)
	Doré noir	<i>Stizostedion canadense</i>	1	175 (6)	< 3,0	0,58 (0,13)	28 (4)
	Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	1	128 (3)	3,8 (1,9)	0,93 (0,04)	28 (4)
	Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	2	118 (3)	< 4,9	< 0,26	53 (8)
Moyenne				154	3,8	0,52	54
Écart-type				34	0,8	0,35	42
Note : Lorsque la concentration était inférieure à la LD, la moyenne a été calculée en utilisant une valeur équivalente à la LD.							
s. o. : Sans objet.							
a L'échantillon a été rejeté, car il était d'un poids inférieur au critère minimal requis pour être analysé (< 30 g).							

Le césium-137 a été détecté dans quatre des sept échantillons analysés en provenance du canal de rejet, à des concentrations variant de 0,10 Bq kg⁻¹ à 0,75 Bq kg⁻¹, pour une moyenne de 0,45 Bq kg⁻¹ (voir la note au bas du tableau 8-5). Concernant les 24 échantillons en provenance de l'anse à Lemarier, onze d'entre eux présentaient une concentration en césium-137 comprises entre 0,11 Bq kg⁻¹ et 1,13 Bq kg⁻¹, pour une moyenne de 0,52 Bq kg⁻¹ (voir la même note au bas du tableau 8-6). La concentration

moyenne en césium-137 était donc plus élevée à l'anse à Lemarier qu'au canal de rejet. En 2022, le césium-137 avait été détecté dans trois des huit échantillons analysés en provenance du canal de rejet et dans cinq des 29 échantillons en provenance de l'anse à Lemarier. La concentration moyenne en césium-137 mesurée dans le canal de rejet en 2022 ($0,46 \text{ Bq kg}^{-1}$) était dans le même ordre de grandeur que celle mesurée en 2023 alors que celle mesurée à l'anse à Lemarier était supérieure ($1,03 \text{ Bq kg}^{-1}$).

Le tritium a lui aussi été détecté dans la totalité des échantillons en provenance du canal de rejet, à des concentrations variant de $4,8 \text{ Bq kg}^{-1}$ à $7,8 \text{ Bq kg}^{-1}$, pour une moyenne de $5,9 \text{ Bq kg}^{-1}$. Cinq des 24 échantillons en provenance de l'anse à Lemarier ont également présenté une concentration en tritium comprise entre $3,0 \text{ Bq kg}^{-1}$ et $5,0 \text{ Bq kg}^{-1}$, pour une moyenne de $3,8 \text{ Bq kg}^{-1}$. À l'inverse du césium-137, la concentration moyenne en tritium était plus élevée au canal de rejet qu'à l'anse à Lemarier. En 2022, le tritium avait également été détecté dans la totalité des échantillons en provenance du canal de rejet ainsi que dans cinq des 29 échantillons prélevés à l'anse à Lemarier avec une concentration moyenne légèrement supérieure dans le canal de rejet ($9,7 \text{ Bq kg}^{-1}$) et dans le même ordre de grandeur à l'anse à Lemarier ($4,1 \text{ Bq kg}^{-1}$).

Du potassium-40 et du carbone-14 ont été mesurés dans tous les échantillons en provenance du canal de rejet et de l'anse à Lemarier. La concentration moyenne du potassium-40 en 2023 au canal de rejet était de 149 Bq kg^{-1} , soit plus élevée que celle de l'année précédente (133 Bq kg^{-1}). Quant à la concentration moyenne de potassium-40 en 2023 à l'anse à Lemarier, elle était de 154 Bq kg^{-1} , soit également supérieure à celle de l'année précédente (139 Bq kg^{-1}). À ces concentrations, sa présence est uniquement liée à une origine naturelle.

En 2023, les concentrations de carbone-14 ont varié de $26 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$ à $85 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$, pour une concentration moyenne de $52 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$ au canal de rejet. Les concentrations de carbone-14 mesurées à l'anse à Lemarier ont pour leur part varié de $24 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$ à $164 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$, pour une moyenne de $54 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$. En 2022, les concentrations de carbone-14 ont varié de $26 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$ à $692 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$, pour une concentration moyenne de $181 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$ au canal de rejet. Les concentrations de carbone-14 mesurées à l'anse à Lemarier ont pour leur part varié de $20 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$ à $179 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$, pour une moyenne de $66 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{PF}}$.

Les premières concentrations élevées de carbone-14 mesurées dans la chair de certains poissons s'expliquaient par l'activité importante qui avait été quantifiée aux effluents liquides radioactifs pendant l'année 2017. De 2018 à 2023, les sommations annuelles d'activité de carbone-14 en présence aux effluents liquides ont culminé à $1,90\text{E}+08 \text{ Bq}$, donc toutes nettement plus faibles que celles de l'année 2017 ($2,78\text{E}+11 \text{ Bq}$).

Ces résultats pourraient s'expliquer par l'utilisation et le recyclage du carbone-14 qui a été émis aux effluents liquides entre les années 2014 et 2017. Ce carbone radioactif, rejeté sous forme inorganique, peut alors suivre différentes voies (figure 8-31).

Le flux du carbone-14 implique un transfert entre les niveaux trophiques. Le temps de son intégration dans les producteurs primaires, soit le premier niveau trophique, est rapide, tel que le révèle la forte relation observée entre les concentrations annuelles de carbone-14 quantifiées de 2014 à 2023 aux effluents liquides et celles mesurées dans la végétation aquatique de l'anse à Lemarier (figure 8-32). Le transfert subséquent d'un niveau trophique à l'autre nécessite le temps que les activités de prédation aient lieu.

Une étude expérimentale réalisée dans un lac du nord de l'Ontario (nommé « lac 226 ») a permis de suivre l'évolution du carbone-14 après son injection dans le milieu aquatique ^[13]. En 1978, du carbone-14 inorganique a été injecté à quatre reprises dans le secteur nord du lac (lac 226N) et à une occasion dans le secteur sud (lac 226S). Des poissons (grand corégone) y ont ensuite été pêchés régulièrement, jusqu'en 1983 dans la partie sud et jusqu'en 1993 dans la partie nord, et les concentrations de carbone-14 ont été mesurées dans leurs tissus.

La variation des concentrations de carbone-14 dans la chair des poissons, observée à cette étude, est similaire à celle de l'anse à Lemarier, avec une concentration moyenne en carbone-14 réduite de 90 % en 2023 par rapport à ce qu'elle était en 2018. En marge des constats de l'étude expérimentale précitée et du fait qu'il n'y aura dorénavant plus d'apport important de carbone-14 aux effluents liquides radioactifs des installations de Gentilly-2, ces diminutions devraient encore se poursuivre graduellement au cours des quelques prochaines années.

Figure 8-31 : Représentation simplifiée du flux de carbone-14 dans le milieu aquatique à proximité des installations de Gentilly-2

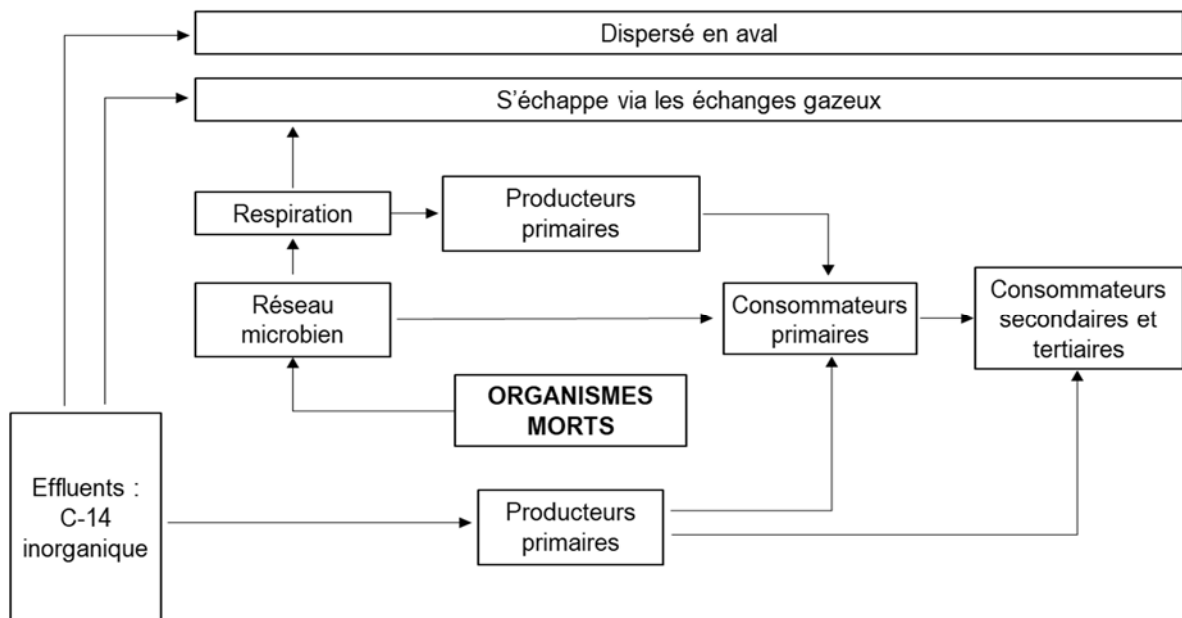


Figure 8-32 : Relation entre les concentrations de carbone-14 aux effluents liquides et dans les plantes aquatiques récoltées dans l'anse à Lemarier pour la période 2014-2023

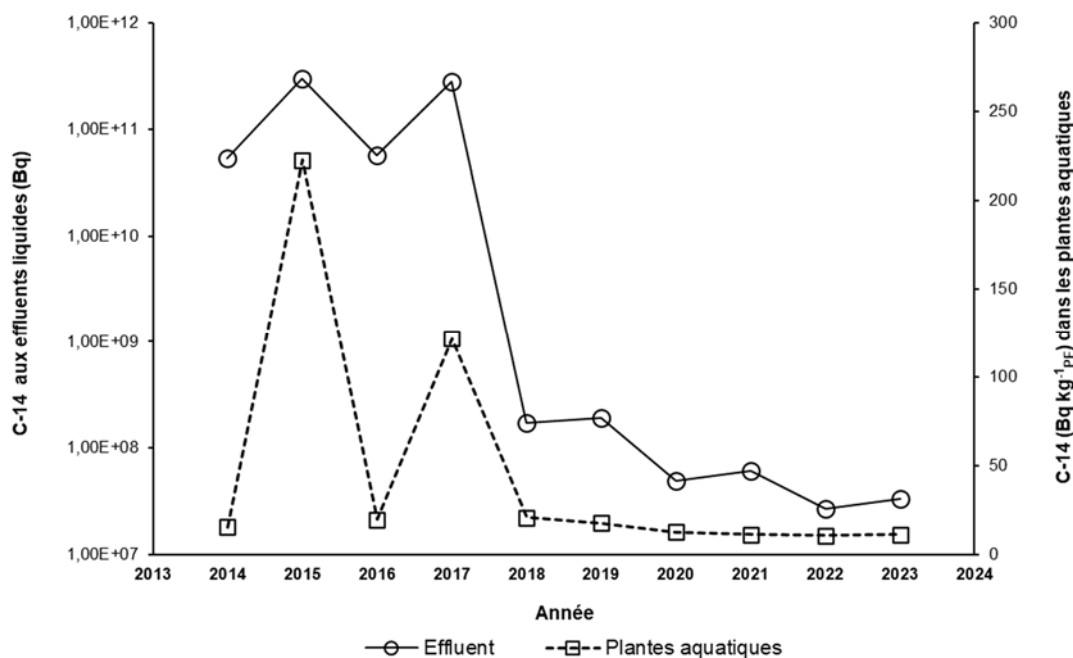
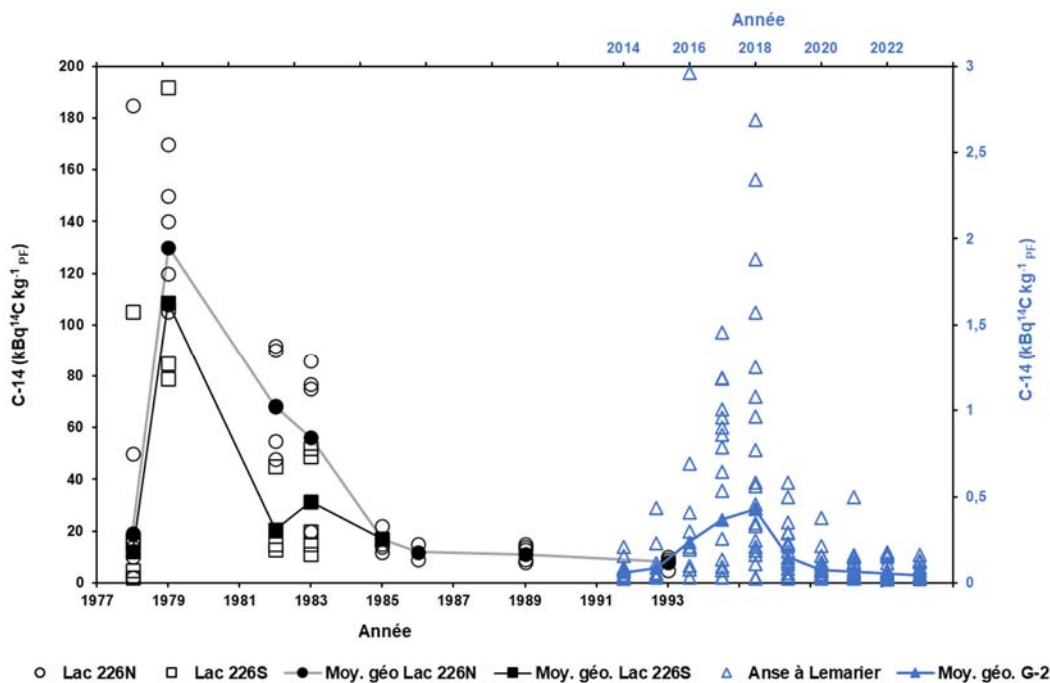


Figure 8-33 : Évolution temporelle du carbone-14 dans les poissons du lac 226 (1978 à 1993) et de l'anse à Lemarier (2014 à 2023)



Note : La figure illustrant les résultats obtenus au lac 226 a été reproduite de BIOMOVIS II, 1996.

8.6 Données météorologiques

En décembre 2019, Hydro-Québec avait complété la mise en retrait de son équipement météorologique en procédant au démantèlement de la tour et de tous ses instruments de mesure. Cette avenue s'imposait en vue de l'adaptation nécessaire de l'organisation et du site, en préparation à la période de stockage sous surveillance. Hydro-Québec avait conséquemment retenu l'alternative d'une tour instrumentée du MELCCFP, située à Bécancour, pour pallier l'absence de données recensées au site même de Gentilly-2. Cette tour est également située en rive sud du fleuve Saint-Laurent, à un peu plus de sept kilomètres de distance aérienne du site de Gentilly-2.

Cette possibilité avait été préalablement évaluée dans le cadre d'une substitution de données de dispersion atmosphérique visant une estimation de doses de rayonnements à la population, et documentée au rapport *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*^[14]. Les conclusions de ce rapport confirmaient que les données de la tour météo de Bécancour pouvaient être mises à profit en lieu et place de celles de la tour de Gentilly-2. Par ailleurs, afin de s'assurer de l'obtention des données fiables et complètes du MELCCFP pour une période équivalente à celle de son actuel permis fédéral de déclassement, Hydro-Québec avait reconduit sa participation lors du renouvellement (2020) de l'entente pentapartite sur le *Programme de surveillance de qualité de l'air à station de Bécancour*.

La figure 8-34 schématise, pour l'année 2023, les relevés d'origine et de vitesse des vents à Bécancour faits par l'entremise de la tour météorologique appartenant au MELCCFP (carte A-4 de l'annexe A). La batterie d'instrumentation de cette tour est à une hauteur de 10 mètres. L'ensemble des données brutes de la tour du MELCCFP a été rendu disponible par le *Réseau météorologique coopératif du Québec* (RMCQ).

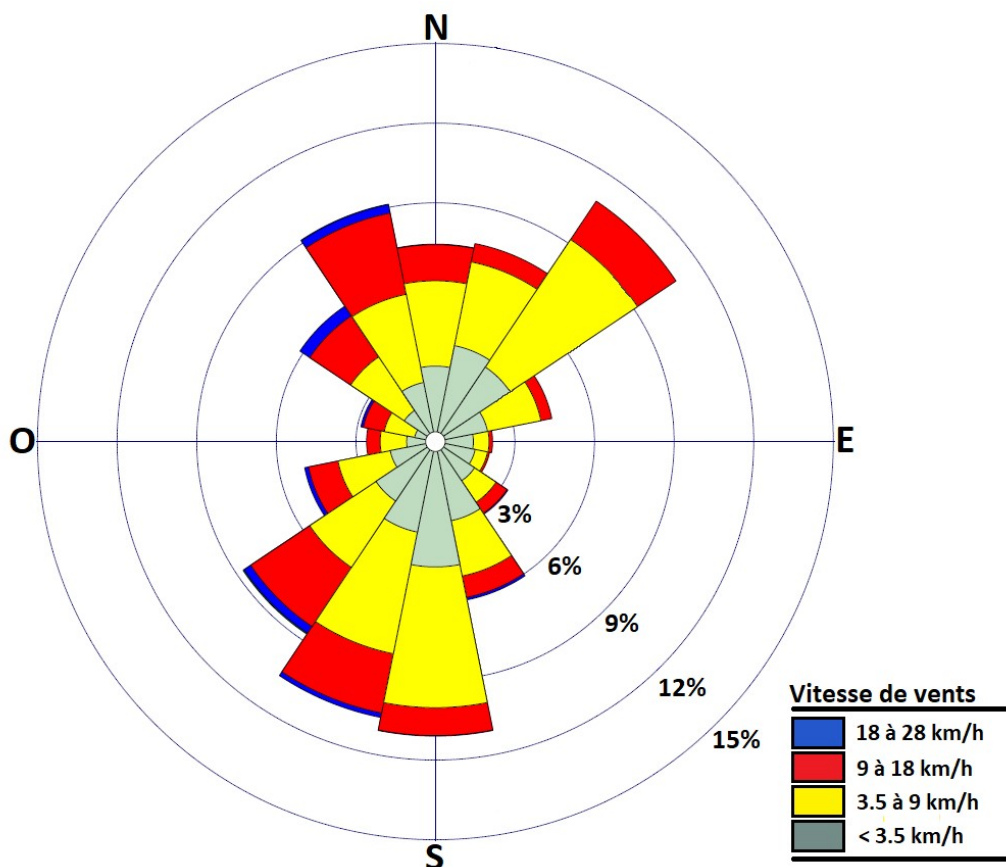
En ce qui a trait aux trois origines des vents aptes à disperser les émissions atmosphériques de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en direction de la Ferme n° 1, celle étant la plus rapprochée du site, elles ont été sommées, à Bécancour en 2023, à une valeur similaire à l'année précédente. Toutes vitesses confondues, les vents en provenance du nord, du nord-nord-ouest et du nord-ouest ont été de l'ordre de 23 %.

En 2023, le taux de disponibilité des enregistrements météorologiques de Bécancour fut supérieur à 99 % pour les mesures de direction, de vitesse, de température et de précipitations. Cependant, la disponibilité des mesures de rayonnement solaire, total et net, a varié entre 60 et 64 %. Pour ce paramètre, la situation est expliquée par un retard dans l'entretien du seul pyranomètre en présence, qui avait été retourné au fabricant.

Ces taux rencontrent globalement la valeur cible de 90 % recommandée dans la norme N288.2-14 du groupe CSA (*Calcul des conséquences radiologiques pour le public d'un rejet de matières radioactives dans l'air dans le cas des accidents de réacteurs nucléaires*^[15]). Par ailleurs, toutes les données nécessaires au calcul des doses de rayonnements à la population, notamment celles des fréquences de direction, de vitesse,

de stabilité atmosphérique ainsi que la sommation des précipitations annuelles, sont cohérentes avec les années antérieures, pour cette même batterie d'instrumentations.

Figure 8-34 : Rose de l'origine des vents au site instrumenté du MELCCFP à Bécancour pour l'année 2023



8.7 Facteurs de dispersion atmosphérique

Dans le but de valider les différents scénarios de dispersion atmosphérique en regard de l'impact que pourraient avoir les rejets radioactifs des installations de Gentilly-2, Hydro-Québec procède également à une évaluation annuelle des coefficients réels de dispersion pour un regroupement de SCR localisées aux environs du site.

La concentration (C) d'un radionucléide ainsi diffusé dans l'air ambiante est calculée par une relation sous la forme : $C = K_a \cdot Q$ où Q représente le taux de relâche (Bq s^{-1}) et K_a le coefficient de dispersion (s m^{-3}).

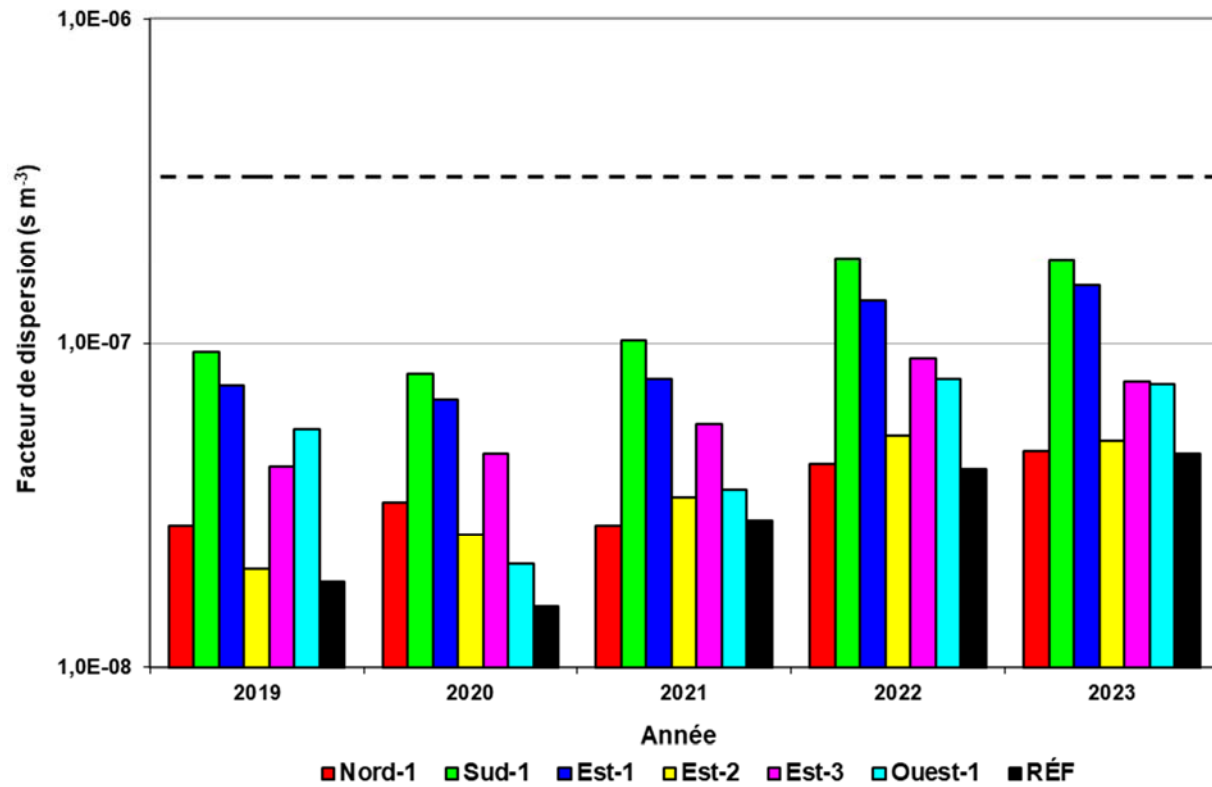
La figure 8-35 présente, pour les années 2019 à 2023, les différents coefficients de dispersion estimés pour chacune des sept SCR situées dans un rayon variant de 2 à 15 km des installations de Gentilly-2, rayon dont le point central est la cheminée principale (carte A-4 de l'annexe A). Les coefficients de dispersion intègrent non

seulement le taux de relâche à la cheminée principale, mais également toutes les valeurs moyennes de concentration de tritium atmosphérique quantifiées à ces sept stations.

En 2023, la valeur la plus élevée du coefficient de dispersion, pour toutes les SCR de ce regroupement, fut de $1,81 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$, associée au point Sud-1. Ce point est aussi celui où sont prélevés plusieurs échantillons environnementaux. Les valeurs d'analyses qui en résultent sont ensuite intégrées aux différentes voies d'exposition pour l'un des principaux groupes pour lesquels une estimation de dose annuelle de rayonnements est faite, dose conséquente du déclassement des installations de Gentilly-2. Les individus de ce groupe résident réellement à la Ferme n° 1, située au même emplacement que le point Sud-1 (carte A-4 de l'annexe A). Historiquement, c'est presque toujours à cet endroit où la dispersion atmosphérique fut quantifiée comme étant la plus faible.

Bien que le facteur de dispersion du point Sud-1 ait été estimé à $1,81 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$ au cours de la dernière année, c'est plutôt une valeur de $3,26 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$ qui fut intégrée à la plus récente modélisation soutenant les calculs des LOD de rejets gazeux de Gentilly-2 ^[16] dont les limites ont été mises en application en 2017. Ces calculs de LOD avaient aussi été effectués par l'entremise du même progiciel IMPACT (*Integrated Model for the Probabilistic Assessment of Contaminant Transport*). Cette valeur dérivée du calcul de concentrations fait par IMPACT étant plus élevée, son utilisation amène une marge de sûreté puisqu'elle n'a jamais été réellement mesurée par le passé. À ce compte, elle suppose une dispersion moindre des rejets gazeux que celle qui s'avère réellement en un point. Afin de bien distinguer cette valeur conservatrice, une bande pointillée noire a été ajoutée à la figure 8-35. Elle indique distinctement le coefficient de dispersion intégré aux calculs de LOD gazeuses appliquées depuis 2017, en comparaison des facteurs de dispersion des sept SCR.

Figure 8-35 : Facteurs moyens de dispersion du tritium atmosphérique des relâches des installations de Gentilly-2 pour la période 2019-2023



9 Estimation de la dose de rayonnements aux membres représentatifs de la population

Une dose annuelle de rayonnements est estimée pour les membres de plusieurs groupes de population présents aux abords de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Cette dose résulte de l'exposition à la radioactivité émise lors des activités de déclasserment toujours menées par Hydro-Québec. En 2023, toutes ces doses ont été estimées au moyen de la paramétrisation du modèle mathématique IMPACT 5.5.2, progiciel permettant l'application des coefficients de conversion de doses stipulés à la norme N288.1-14 ^[4]. L'actuelle base de données du progiciel faisait suite à des mises à jour de la norme CSA, liées à des changements de facteurs de bioaccumulation de radioactivité dans le biote ainsi qu'à ceux du transfert entre les organismes.

En plus de considérer la dispersion environnementale des émissions radioactives réellement quantifiées à la surveillance à la source des rejets de l'installation nucléaire de Gentilly-2, le progiciel intègre aussi plusieurs voies d'exposition humaine, réelles ou réalistement possibles. Certaines voies sont soutenues par le modèle d'écoulement hydraulique SMS (*Surface Water Modeling System*). De plus, cet outil incorpore une panoplie d'intrants liés aux habitudes de consommation propres à divers groupes de population de même que l'ensemble des données météorologiques acquises de la tour du MELCCFP à Bécancour en 2023. Finalement, dans le but de caler adéquatement le modèle, de nombreuses valeurs provenant directement de l'application des modalités du PSRE de l'année 2022 y sont imposées, en fonction de la localisation précise des sites de prélèvements. Cette méthodologie est approuvée par la CCSN et est appliquée de façon identique par les exploitants des autres centrales nucléaires canadiennes.

9.1 Groupes récepteurs

Cette méthode basée sur l'utilisation du modèle IMPACT 5.5.2, permet ainsi la détermination de la dose de rayonnements d'un groupe d'individus récepteurs servant de référence et jugé représentatif de la fraction de la population la plus exposée aux émissions radioactives de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Pour ce faire, plusieurs groupes récepteurs ont été retenus pour la modélisation, dont les habitants d'une ferme, comme celles situées à proximité de Gentilly-2 ou en rive nord du fleuve Saint-Laurent ou encore à l'est des installations. D'autres groupes évoquent plutôt des travailleurs, comme ceux du parc industriel et portuaire de Bécancour (PIPB), de la centrale de Bécancour ou du site de Laprade. D'autres encore sont constitués de résidents de plusieurs localités avoisinant le site des installations de Gentilly-2. Enfin, un dernier groupe est nommé chasseurs-pêcheurs, présumés résidents du secteur Bécancour. Ce groupe est notamment réputé consommer une plus grande quantité de viandes sauvages et de poissons récoltés à proximité de Gentilly-2.

9.2 Doses par voies d'exposition

En 2023, l'outil de modélisation a donc été paramétré en incorporant la totalité des émissions de radionucléides et des mesures environnementales en dispersion dans l'air, l'eau ainsi que les sols. Une mise à jour antérieure du progiciel, rendue disponible en 2017, permettait par ailleurs déjà la prise en compte des mesures de radioactivité quantifiées dans la faune aquatique. Cette amélioration au modèle avait notamment fait en sorte qu'un changement du groupe récepteur le plus exposé y soit survenu, spécifiquement pour les installations de Gentilly-2.

Ainsi, en 2023, la valeur de la dose annuelle associée aux membres représentatifs de la fraction la plus exposée de la population découlant des activités toujours menées aux installations de Gentilly-2 est estimée à $1 \mu\text{Sv}$ ^[17]. Cette valeur maximale de dose représente un dixième d'un pour cent de la limite de dose efficace légale au Canada. Elle fut rendue par le modèle IMPACT 5.5.2, et ce, pour une personne d'âge adulte issue d'un groupe récepteur composé des chasseurs-pêcheurs fréquentant les sites accessibles autour des installations de Gentilly-2.

Afin de mener à bien tout le processus d'estimation de doses de rayonnements à la population, incluant la dispersion atmosphérique de radioactivité, un prétraitement a dû être réalisé pour catégoriser les classes de stabilité de l'atmosphère. En l'absence de variables spécifiques liées au gradient de température vertical et à l'écart-type de la direction du vent dans le jeu de données météorologiques du MELCCFP (Bécancour), la stabilité atmosphérique a préalablement été dérivée à la fois de la vitesse du vent, du rayonnement solaire horaire moyen le jour ainsi que de la radiation nette la nuit.

Par le passé, il a été prouvé que cette méthode dérivée implique une marge de sûreté puisque la distribution de fréquences des classes de stabilité sous-estime les réelles occurrences en classes atmosphériques instables (classes de Pasquill A-B-C) et qu'à l'inverse, elle surestime celles des classes atmosphériques neutres ou stables (classes de Pasquill D-E-F). Un prétraitement de la sorte tend à hausser les concentrations de radioactivité en un point spécifique, influençant aussi à la hausse l'estimation de dose.

Le tableau 9-1 présente les fractions de dose, par voie d'exposition et par radionucléide, du groupe de population le plus exposé (chasseurs-pêcheurs). Depuis quelques années, l'abandon des activités de production laitière à la Ferme n° 1 et surtout l'évolution des concentrations de radioactivité aux rejets de l'installation nucléaire au fur et à mesure du déclassement avaient contribué à un changement du groupe le plus exposé.

Tableau 9-1 : Dose annuelle de rayonnements aux membres du groupe le plus représentatif de la population en 2023 (modèle IMPACT 5.5.2)

Individu	Voie d'exposition	Dose modélisée (Sv a ⁻¹)			Dose totale ^a (μSv a ⁻¹)
		HTO	¹⁴ C	Bêta totale	
Adulte	Immersion – air	0,0E+00	4,6E-16	1,5E-15	
	Inhalation	6,8E-09	5,6E-13	5,7E-14	
	Dépôt – sol	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-10	
	Ingestion - animaux terrestres	3,4E-09	4,2E-10	6,2E-13	
	Ingestion - plantes terrestres	6,0E-09	1,1E-10	1,1E-13	
	Ingestion - animaux aquatiques	2,2E-09	2,5E-07	1,2E-07	
	Total	1,8E-08	2,5E-07	1,2E-07	0,39
Enfant 10 ans	Immersion – air	0,0E+00	4,6E-16	1,5E-15	
	Inhalation	7,9E-09	7,9E-13	8,8E-14	
	Dépôt – sol	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-10	
	Ingestion - animaux terrestres	2,1E-09	2,7E-10	9,2E-13	
	Ingestion - plantes terrestres	4,5E-09	9,2E-11	2,0E-13	
	Ingestion - animaux aquatiques	1,8E-09	2,3E-07	5,9E-08	
	Total	1,6E-08	2,3E-07	5,9E-08	0,30
Enfant 1 an	Immersion – air	0,0E+00	4,6E-16	2,0E-15	
	Inhalation	5,9E-09	5,8E-13	8,4E-14	
	Dépôt – sol	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-10	
	Ingestion - animaux terrestres	3,2E-09	3,9E-10	1,7E-12	
	Ingestion - plantes terrestres	3,8E-09	6,8E-11	2,0E-13	
	Ingestion - animaux aquatiques	1,3E-09	1,6E-07	2,5E-08	
	Total	1,4E-08	1,6E-07	2,5E-08	0,20
a : En raison du niveau de précision associé à l'estimation de la dose totale, la valeur publiée aux autres sections du présent document a été arrondie à l'entier supérieur. Seules les valeurs de cette colonne montrent les réelles valeurs rendues aux calculs IMPACT 5.5.2.					

Par ailleurs, le tableau 9-2 précise de façon plus explicite les ratios témoignant des voies d'exposition prépondérantes ainsi que des radionucléides contributeurs aux fractions de doses de l'individu pour lequel la valeur de dose annuelle est la plus élevée de tous ceux ciblés à l'exercice d'estimation de 2023.

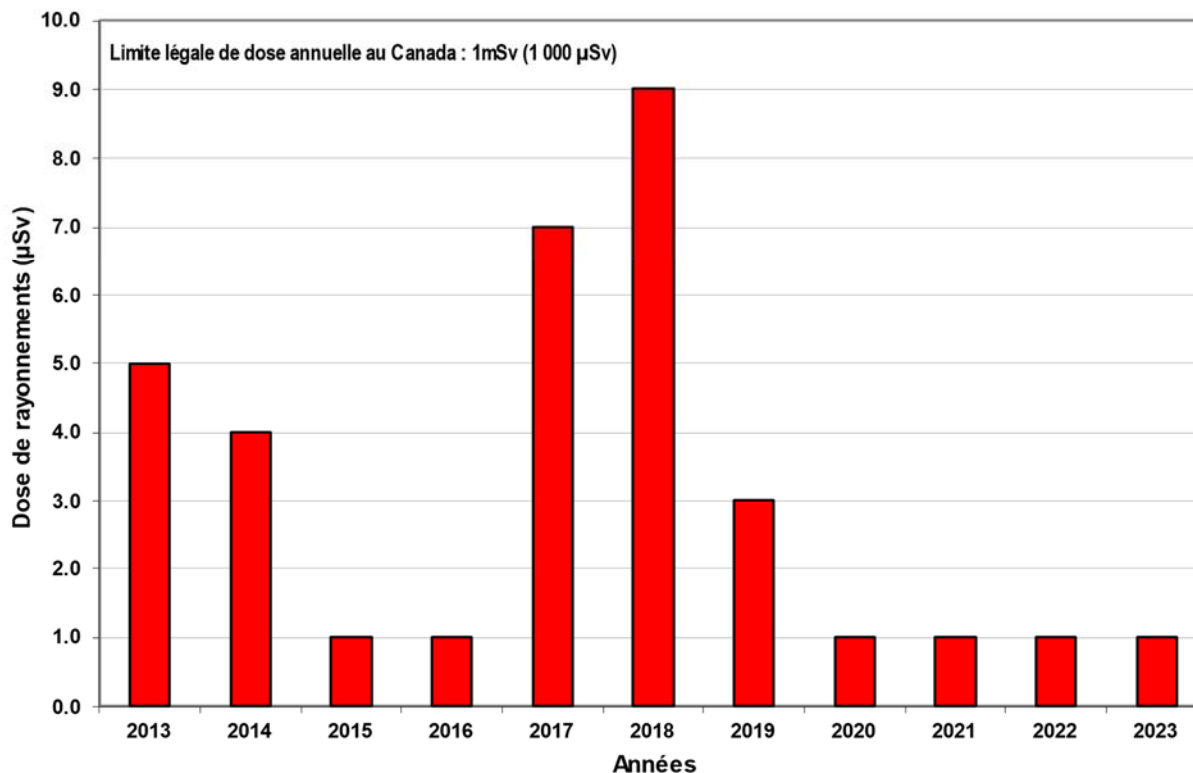
Tableau 9-2 : Exposition prépondérante liée au membre de la population pour lequel la dose est la plus élevée en 2023

Individu	Voie d'exposition prépondérante	Dose modélisée (Sv a ⁻¹)			Dose totale ^a (μSv a ⁻¹)
		HTO	¹⁴ C	Bêta totale	
Adulte	Inhalation	6,8E-09			0,39
	Ingestion - animaux aquatiques		2,5E-07	1,2E-07	
	Ratios de la dose totale	1,74 %	64,10 %	30,77 %	96,61 %
a : En raison du niveau de précision associé à l'estimation de la dose totale, la valeur publiée aux autres sections du présent document a été arrondie à l'entier supérieur. Seules les valeurs de cette colonne montrent les réelles valeurs rendues aux calculs IMPACT 5.5.2.					

9.3 Historique de dose

La figure 9-1 présente l'historique des doses annuelles de rayonnements délivrées à la population, estimées pour la période couvrant les années 2013 à 2023, soit depuis que les installations de Gentilly-2 sont en processus de déclassement nucléaire.

Figure 9-1 : Dose annuelle de rayonnements estimée pour un membre représentatif de la population liée au déclassement des installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2023



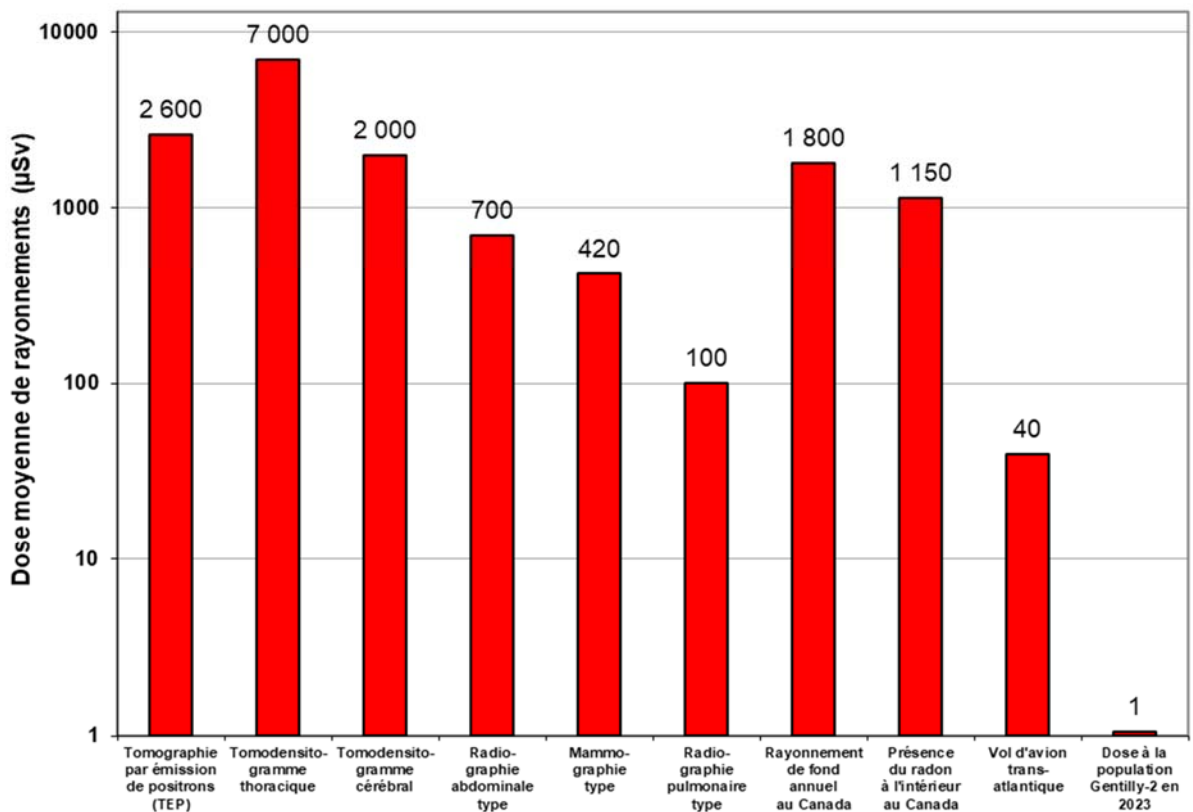
La dose annuelle de rayonnements induite à la population, estimée pour l'année 2023, correspond à un dixième d'un pour cent de la limite de dose efficace pour le public

établie par la CCSN à 1 mSv (1 000 μ Sv). Mais cette dose correspond à une fraction plus faible encore de la dose annuelle moyenne reçue par un individu de la population canadienne, résultant cette fois d'expositions (irradiation externe gamma et inhalation) à des sources naturelles qui elle s'établit à environ 1 800 μ Sv ^[18].

Cette valeur estimée de dose annuelle de rayonnements à la population de l'année 2023 est toujours principalement tributaire des concentrations de radioactivité quantifiées dans des matrices aquatiques suivies au PSRE. Ces valeurs impliquent particulièrement la concentration de carbone-14 dans la chair du poisson, et ce, malgré une importante diminution des émissions aux effluents liquides et gazeux depuis 2018.

La figure 9-2 met quant à elle en perspective la dose annuelle de rayonnements induite à la population, et spécifiquement liée aux activités en cours aux installations de Gentilly-2 en 2023, par rapport à d'autres doses typiquement reçues lors d'examens ou de traitements médicaux, ou encore aux doses découlant d'une exposition à la radioactivité naturellement présente au Canada ^[19].

Figure 9-2 : Comparaison de doses de rayonnements typiques pouvant affecter la population canadienne



10 Programme d'intercomparaison du laboratoire et omissions aux plans

10.1 Intercomparaison du laboratoire

Au cours de l'année 2023, un exercice d'intercomparaison comprenant diverses matrices environnementales a de nouveau été complété par le laboratoire de radioécologie d'Hydro-Québec, celui responsable de la majorité des résultats du PSRE.

Cet exercice 2023 a été coordonné par le groupe *Environmental Resource Associates* (ERA) et est identifié MRAD-39 ^[20]. Cette intercomparaison portait spécifiquement sur des filtres d'air et des échantillons de sol, de végétaux et aqueux.

Les tableaux D-1A à D-1D de l'annexe D présentent l'ensemble des résultats de cette intercomparaison. Lors de cet exercice, les 38 résultats soumis par le laboratoire étaient compris dans l'intervalle attendu.

Les principes qui ont servi à rationaliser et uniformiser le traitement et l'expression des résultats de toutes les mesures radiologiques qui sont générées aux laboratoires de radioprotection et de radioécologie sont décrits dans la norme N288.4-10 du Groupe CSA ^[21]. Les conventions appliquées sont résumées à l'annexe C.

10.2 Omissions aux plans de surveillance environnementale

Au cours d'une année complète de réalisation, il arrive que certains des échantillons prévus aux deux plans de surveillance de l'environnement ne puissent être prélevés, ou que des analyses ne puissent être complétées, et ce, pour diverses raisons. Hydro-Québec collige toutes ces omissions dans un système d'information interne. Les points qui suivent font une revue de ces omissions pour l'année 2023.

- Janvier, février, mars, novembre, décembre 2023 : les échantillons pour les analyses du tritium et de l'activité bêta totale dans les eaux de surface n'ont pu être prélevés aux points S-16 et S-17 à l'ASDR puisqu'ils étaient secs ou gelés.
- Janvier, février, mars, décembre 2023 : les échantillons pour l'analyse du tritium dans les eaux de surface n'ont pu être prélevés au point d'échantillonnage 1520-V1 (IGDRS) puisqu'il était gelé.
- Août 2023 : il n'a pas été possible de récupérer une quantité suffisante de mollusques au point d'échantillonnage B'1 afin de constituer un poids minimal permettant de procéder à une analyse.

- Septembre 2023 : les mesures de hauteur de la colonne d'eau des piézomètres n'ont pas été saisies dans le fichier de suivi avant leur disposition.
- Décembre 2023 : l'échantillon pour l'analyse de l'activité bêta totale dans les eaux de surface n'a pu être prélevé au point d'échantillonnage 1520-V1 (IGDRS) puisqu'il était gelé.
- Quatrième trimestre 2023 : il n'y a aucun résultat pour l'ambiance gamma pour les points de mesures Point-E (ASDR) et Point-3 (IGDRS). Les intempéries ont endommagé les dosimètres.

11 Conclusion

Le rapport annuel *Résultats de la surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2* (G2-RT-2024-00518-001) présente l'ensemble des données issues des deux plans de surveillance environnementale appliqués au cours de l'année 2023 au site des installations de Gentilly-2. Ces résultats regroupent à la fois les résultats d'analyses radiologiques et physico-chimiques liées aux rejets à la source, puis subséquentement à leur dispersion dans l'environnement. Le rapport présente aussi des constats relatifs aux autres engagements réglementaires applicables aux installations de Gentilly-2.

Au cours de l'année 2023, aucune limite opérationnelle dérivée ni aucun seuil d'intervention figurant au *Manuel de conditions de permis* délivré par la CCSN n'a été atteint. Ces limites et seuils ont à la fois trait à la radioactivité présente aux effluents et à celle quantifiée dans les eaux souterraines. Ils obligent tout détenteur de permis de la CCSN à des notifications et à des actions immédiates à la suite de l'atteinte d'une ou l'autre de ces valeurs prédéterminées. Quant à la surveillance environnementale propre à la dispersion dans les milieux récepteurs, aucune valeur n'a témoigné d'une situation préoccupante au regard des normes, critères ou cibles applicables. Une surveillance environnementale des installations de Gentilly-2 sera maintenue, conformément aux attentes des principaux organismes de réglementation. Les deux plans qui l'encadrent sont adaptés périodiquement afin de mieux refléter les conditions qu'impliquent actuellement plusieurs activités de déclasserement, en période de préparation à la phase de stockage sous surveillance. Hydro-Québec considère cette surveillance comme un gage de protection de la population et de l'environnement.

Pour l'ensemble des paramètres physico-chimiques prévus au PSE en vigueur en 2023, seule une série de résultats d'analyses a dépassé un critère, celle portant spécifiquement sur les exigences de suivi des eaux souterraines des installations de Gentilly-2. Pour cette série, des concentrations de chlorures ont été quantifiées à des valeurs supérieures aux critères stipulés à la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Cette situation est récurrente et causée par la nature spécifique du socle rocheux de la province géologique de la plate-forme du Saint-Laurent. Finalement, un seul dépassement de cible a été recensé pour la concentration minimale en oxygène dissous, à l'effluent final de l'installation de traitement des eaux usées sanitaires.

En ce qui a trait à la surveillance des effluents radioactifs de l'installation nucléaire, les très faibles concentrations de carbone-14 se sont maintenues en 2023. Elles découlent de la finalisation des travaux de récupération et de transfert des résines usées échangeuses d'ions des systèmes nucléaires, en fin d'année 2017. Aussi, une diminution marquée des concentrations de tritium aux effluents liquides, survenue au second semestre de l'année 2022, s'est également poursuivie en 2023.

Tout au long de 2023, la valeur maximale d'activité radiologique recensée aux effluents liquides fut celle de l'activité bêta totale d'octobre, dont le ratio équivalent était de 0,002 % LOD (mensuelle) alors que pour les effluents gazeux, cette même valeur était plutôt de 0,054 % LOD (hebdomadaire) plutôt liée au tritium, mais à la 28^e semaine.

En 2023, les rejets radioactifs gazeux et liquides ont donc encore tous été en deçà d'une valeur équivalente à 1 % des LOD respectives, hebdomadaires ou mensuelles. Cette valeur spécifique est celle d'un objectif interne de déclassement à Hydro-Québec.

Concernant l'activité radiologique quantifiée dans les matrices environnementales échantillonnées au PSRE, elle fut encore à la baisse dans une majorité d'entre elles au cours de l'année 2023. Ces baisses impliquent notamment les valeurs liées aux échantillons de type aquatique, principalement pour l'activité de carbone-14 dans la chair des poissons. Cette diminution était anticipée selon un modèle fourni dans une étude scientifique documentant l'évolution de l'activité dans cette matrice biotique à la suite d'une injection volontaire de carbone-14 dans un milieu lacustre. Ce modèle révélait une hausse des concentrations dans la chair du poisson suivant l'apport dans le milieu récepteur, puis une diminution progressive sur plusieurs années. Le maintien des modalités de surveillances environnementales du PSRE permettra à Hydro-Québec de finaliser la documentation de ce constat dans un milieu radioécologique dynamique. Une tendance au retour à des valeurs se rapprochant des concentrations équivalentes au bruit de fond, mesurées avant l'année 2014, est toujours confirmée à ce chapitre.

Une estimation de la dose annuelle de rayonnements à la population, conséquente des activités toujours en cours aux installations de Gentilly-2, fut réalisée par la modulation des paramètres d'entrée du progiciel IMPACT 5.5.2. En 2023, la dose annuelle de rayonnements reçue aux abords du site de Gentilly-2 par les membres représentatifs de la population la plus exposée a de nouveau été estimée à 1 µSv. Cette dose estimée correspond par ailleurs à un dixième d'un pour cent de la dose maximale admissible pour un membre de la population, fixée par la CCSN à 1 mSv (1 000 µSv). Elle peut être considérée comme négligeable lorsque comparée à la dose moyenne de 1 800 µSv provenant d'expositions à des sources naturelles au Canada^[18] ou à d'autres sources d'expositions, à l'exemple de celles d'exams ou de traitements médicaux.

En 2023, l'analyse des nombreuses valeurs issues des prélèvements toujours prévus aux deux plans de surveillance de l'environnement aux installations de Gentilly-2 révèle que l'impact, sur l'environnement et sur la population avoisinante, des activités de déclassement nucléaire est négligeable, voire imperceptible, hors de la zone d'exclusion de près d'un kilomètre de rayon.

Ces mêmes conclusions d'Hydro-Québec avaient antérieurement été corroborées de façon indépendante par la CCSN qui, dans le cadre de son *Programme indépendant de surveillance environnementale* (PISE), avait procédé en 2015, 2016 et 2018 à l'analyse d'une multitude d'échantillons de matrices environnementales au pourtour du site des installations de Gentilly-2.

À chacune de ces occasions, les conclusions de cet organisme réglementaire étaient que : « ...le public et l'environnement à proximité de Bécancour et de l'installation de Gentilly-2 sont protégés et qu'il n'y a pas d'incidence probable sur la santé. Ces résultats sont compatibles avec les résultats présentés par Hydro-Québec confirmant que le programme de protection de l'environnement du titulaire de permis préserve la santé des personnes et protège l'environnement ». La CCSN avait finalement documenté que la radioactivité ainsi mesurée par une tierce partie était inférieure à leurs niveaux de référence, et ce, tout en ayant intégré des hypothèses prudentes à la détermination de ces niveaux.

Les équipes de la CCSN ont de nouveau été présentes au site des installations de Gentilly-2 au cours de la saison estivale de l'année 2023, mais au moment de rédiger le présent rapport, les résultats n'étaient toujours pas publiés pour cette plus récente campagne d'échantillonnage et d'analyses. Pour tous les autres résultats antérieurs, ils sont par ailleurs toujours disponibles à la section dédiée au PISE (rubrique *Ressources*) du site internet officiel de la CCSN (Gouvernement du Canada).

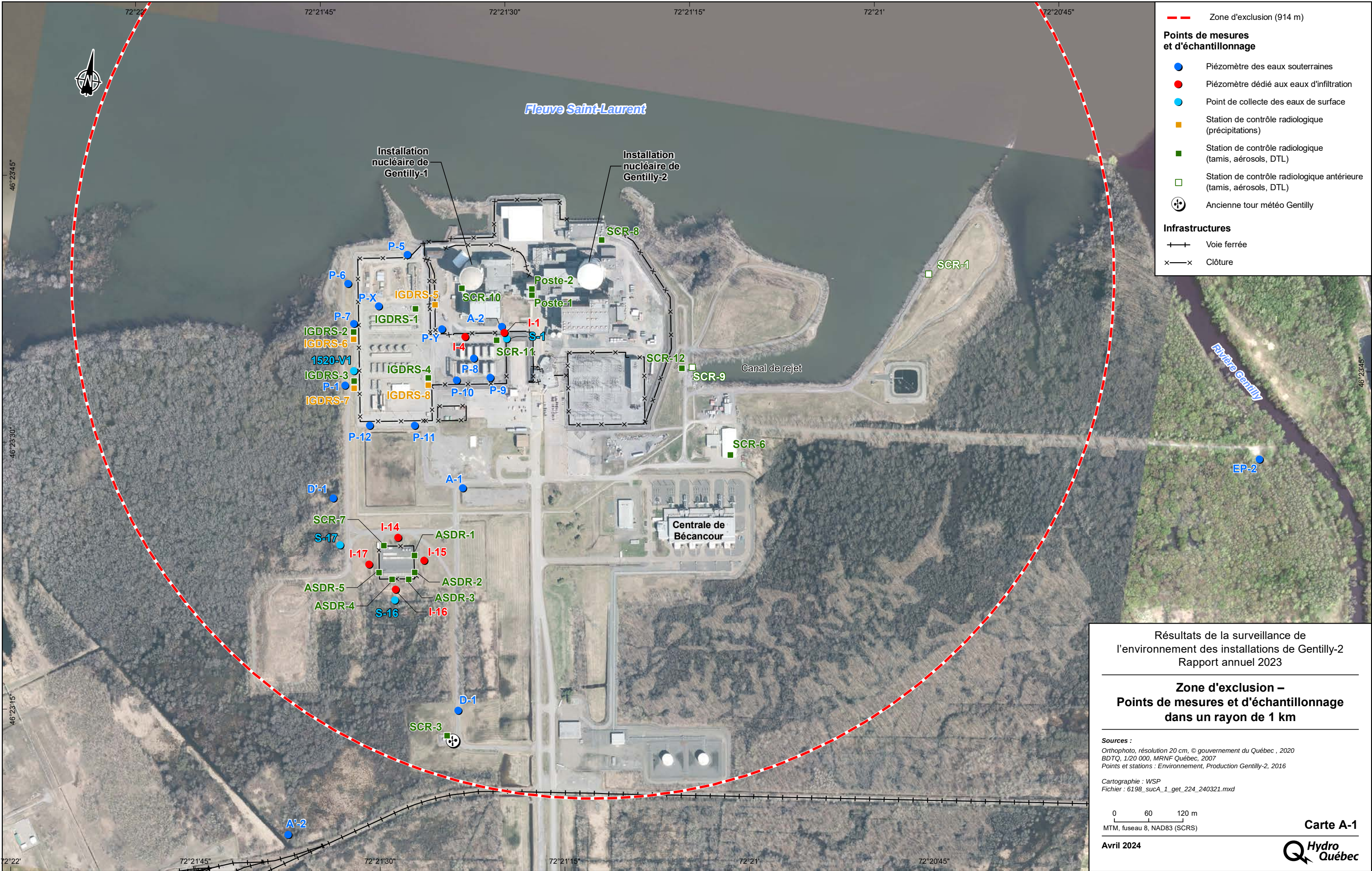
12 Références

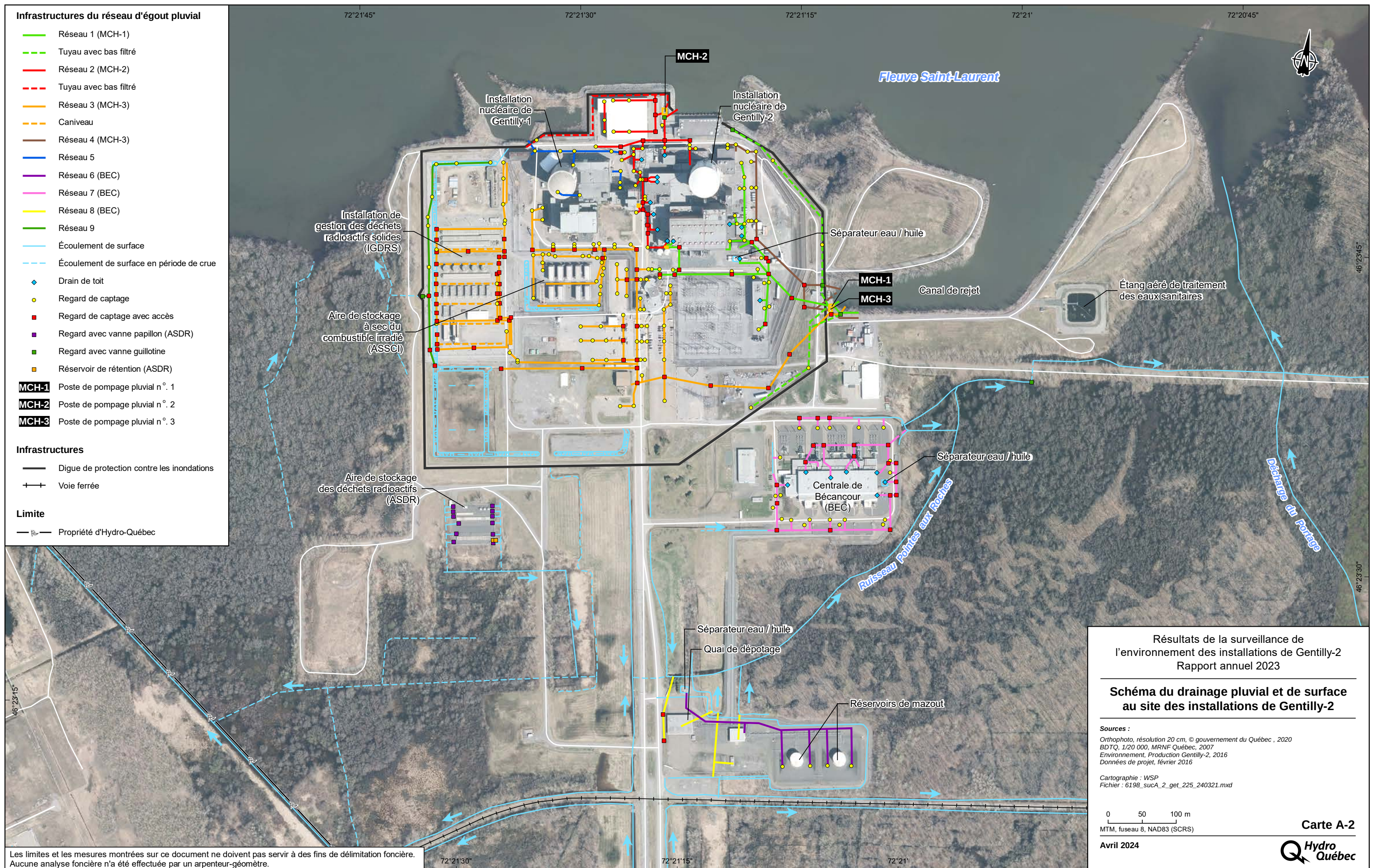
1. HYDRO-QUÉBEC. 2022. *Plan de surveillance radiologique de l'environnement – Installations de Gentilly-2 en état de stockage sûr – Révision 2.0.* 40 p.
2. HYDRO-QUÉBEC. 2022. *Évaluation des risques environnementaux des installations de Gentilly-2.* 373 p.
3. HYDRO-QUÉBEC. 2018. *Plan de surveillance de l'environnement de Gentilly-2 – État de stockage sûr (en piscine) – Révision 4.* 48 p.
4. GROUPE CSA. 2014. *Guide de calcul des limites opérationnelles dérivées de matières radioactives dans les effluents gazeux et liquides durant l'exploitation normale des installations nucléaires.* N288.1-14. 376 p.
5. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2012. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines.* Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. 60 p.
6. BEAULIEU, M. 2021. *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés.* Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. ISBN 978-2-550-83515-8. 326 p.
7. COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN). 2019. *Catégories et sources de rayonnement.* En ligne : <http://www.cnscccsn.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/types-and-sources-of-radiation.cfm>. Consulté en avril 2023.
8. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). 1985. *Carbon-14 in the Environment.* NCRP Report N° 81.
9. EISENBUD, M. et T. GESELL. 1997. *Environmental Radioactivity from Natural, Industrial, and Military Sources* (4^e éd.). Academic Press. 656 p.
10. SHEPPARD, S. C., M. I. SHEPPARD et B. SANIPELLI. 2011. *Review of Environmental Radioactivity in Canada.* NWMO TR-2011. ECOMatters Inc. 105 p.
11. INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (IRSN). 2015. *Fiches radionucléides Environnement – Carbone 14 et environnement.* 23 p.
12. BARBEAU, C. 2009. *Impact des activités de Gentilly-2 sur l'environnement.* Volume 1. Rapport présenté à Hydro-Québec. 112 p.
13. BIOMOVIS II. 1996. *Validation Test for Carbon-14 Migration and Accumulation in a Canadian Shield Lake.* Technical report No. 14. 32 p. et annexes.

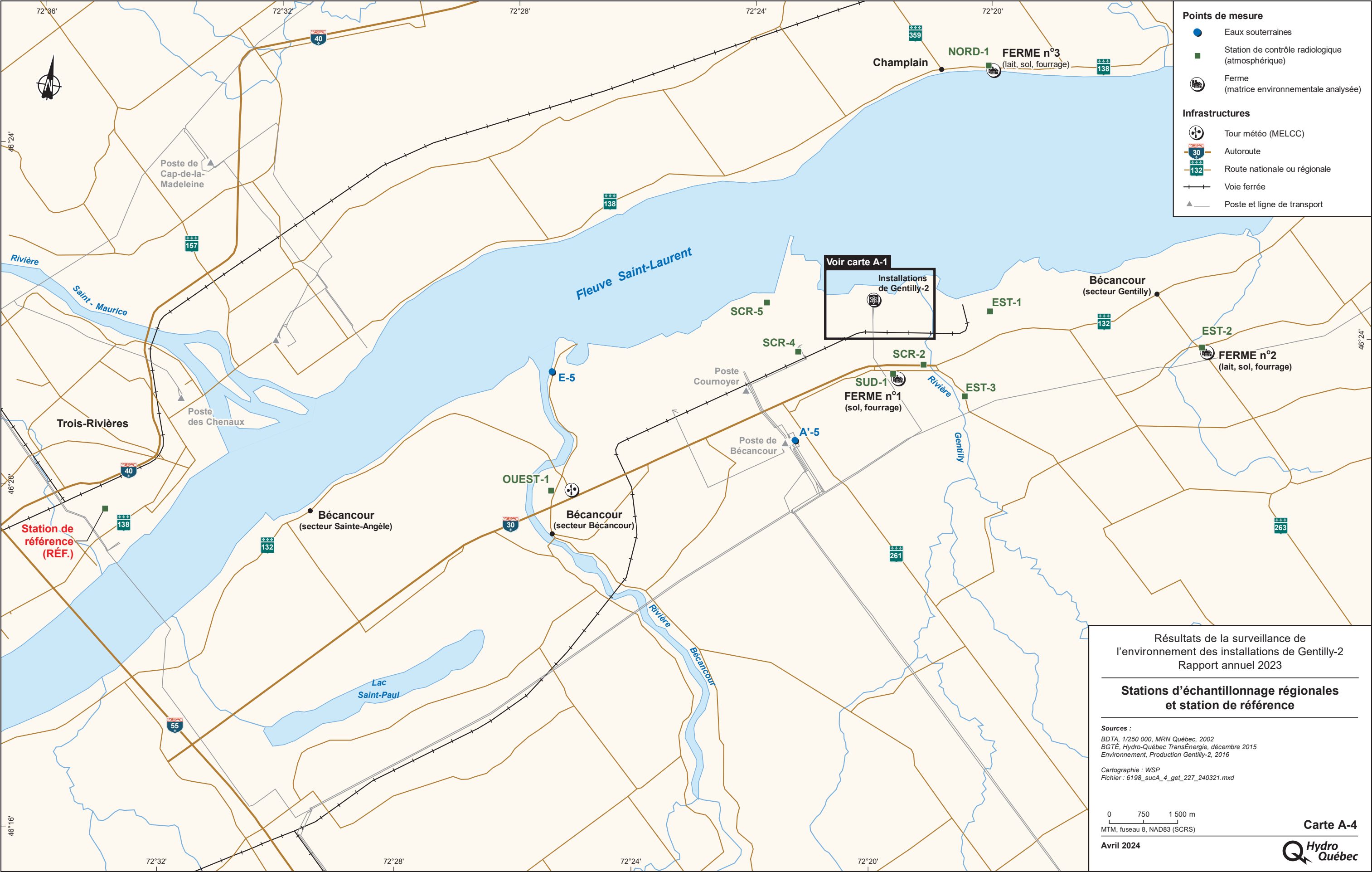
14. INTERNATIONAL SAFETY RESEARCH (ISR). 2018. *Évaluation de la qualité et de l'intégration des données météorologiques de Bécancour sur l'estimation de doses à la population autour des installations nucléaires de Gentilly*. Rapport ISR 8035-01 – Révision 3.0. 51 p.
15. GROUPE CSA. 2014. *Lignes directrices pour le calcul des conséquences radiologiques pour le public d'un rejet de matières radioactives dans l'air dans le cas des accidents de réacteurs nucléaires*. N288.2-14. 147 p.
16. HYDRO-QUÉBEC. 2017. *G2-RT-2015-16000-011 – Révision 3 – Limites opérationnelles dérivées conformes à la norme ACNOR N288.1-14*. 84 p.
17. CALIAN. 2024. *Calcul de la dose de rayonnements aux membres représentatifs de la population autour des installations de Gentilly-2, année 2023*. Rapport Calian HYDROQ-0022-01 Révision 1.0. 69 p.
18. COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN). 2023. *Doses de rayonnement*. En ligne : <http://www.cnsccsn.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/radiation-doses.cfm>. Consulté en avril 2023.
19. COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN). 2016. *Imagerie médicale et radiothérapie*. En ligne : <http://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/infographics/mir/index.cfm>. Consulté en avril 2023.
20. ENVIRONMENTAL RESOURCE ASSOCIATES (ERA). 2023. *MRAD-39 – Final Report. Mrad™ Proficiency Testing Performance Report*. Rapport émis le 2023-11-29. 54 p.
21. GROUPE CSA. 2010. *Programmes de surveillance de l'environnement aux installations nucléaires de catégorie I et aux mines et usines de concentration d'uranium*. N288.4-10. 118 p.
22. HYDRO-QUÉBEC. 1997. *Assurance et contrôle de la qualité au laboratoire de radioprotection*. Rapport IREQ-97-224.

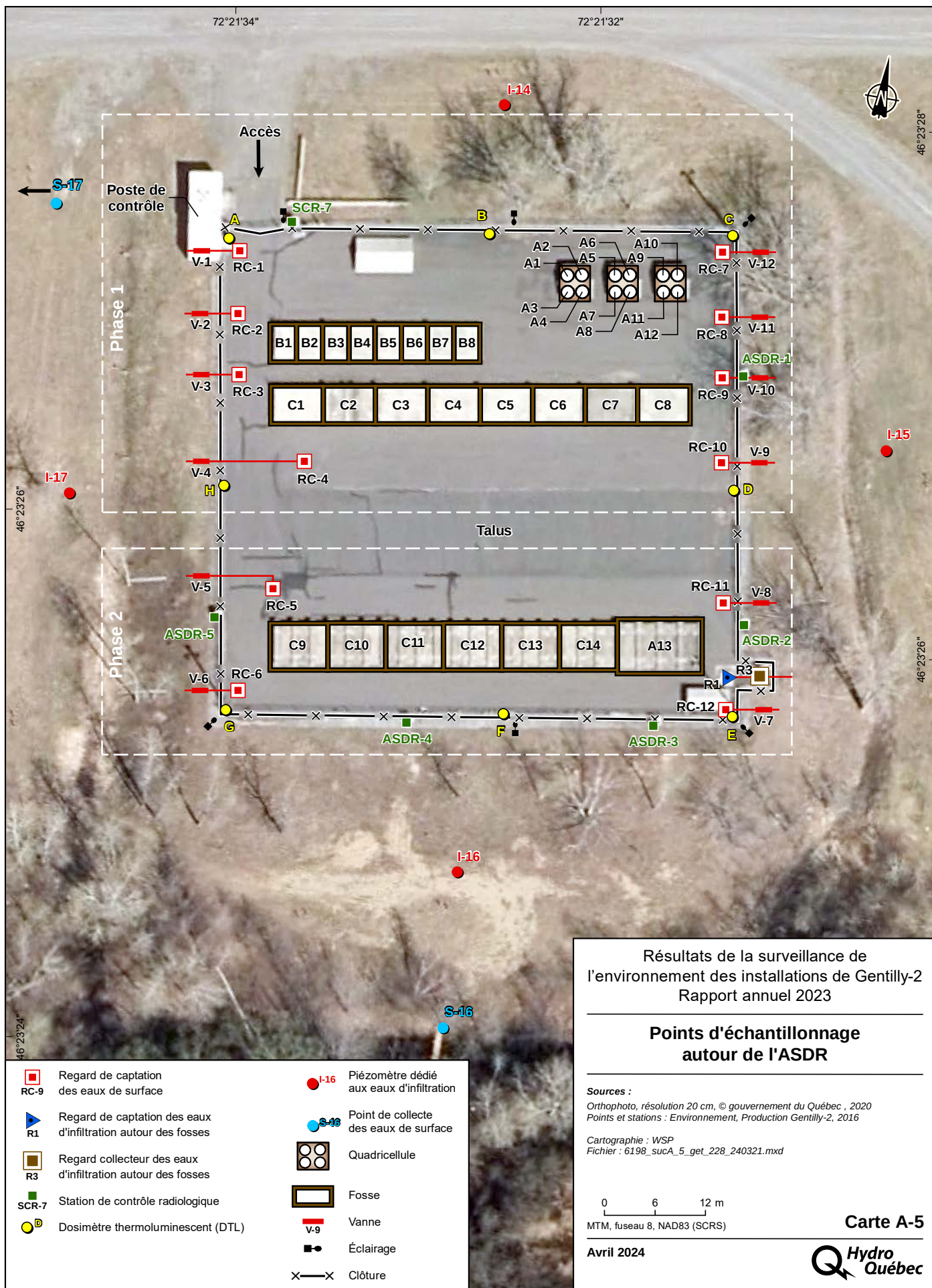
A Cartes et schéma

- Carte A-1 : Zone d'exclusion – Points de mesures et d'échantillonnage dans un rayon de 1 km
- Carte A-2 : Schéma du drainage pluvial et de surface au site des installations de Gentilly-2
- Carte A-3 : Points d'échantillonnage du suivi des eaux souterraines, de l'IGDRS et de l'ASDR
- Carte A-4 : Stations d'échantillonnage régionales et station de référence
- Carte A-5 : Points de mesure et d'échantillonnage autour de l'ASDR
- Carte A-6 : Points de mesure et d'échantillonnage à l'IGDRS et à l'ASSCI
- Carte A-7 : Points d'échantillonnage aquatique
- Figure A-1 : Schéma type d'un aménagement piézométrique









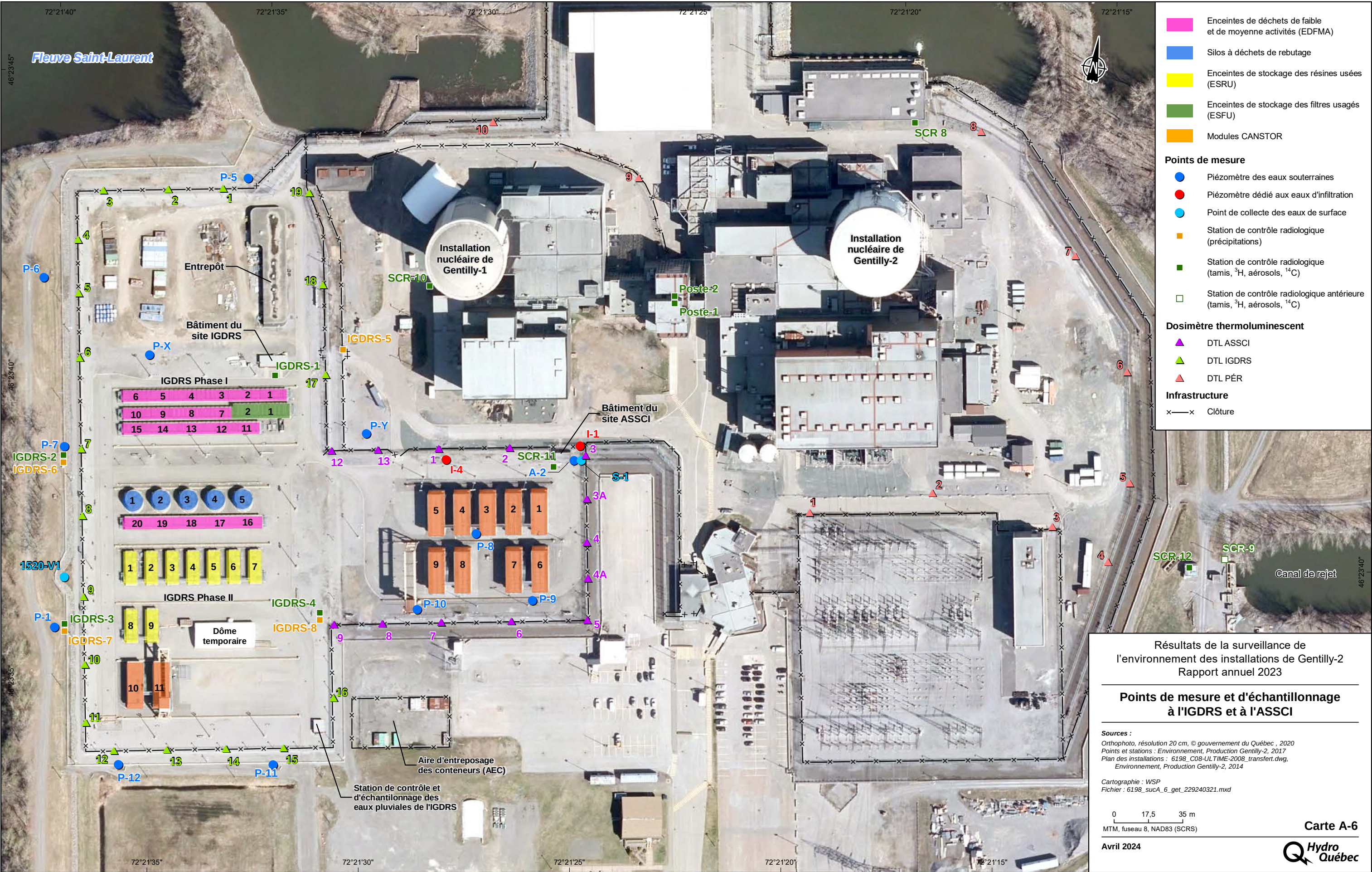
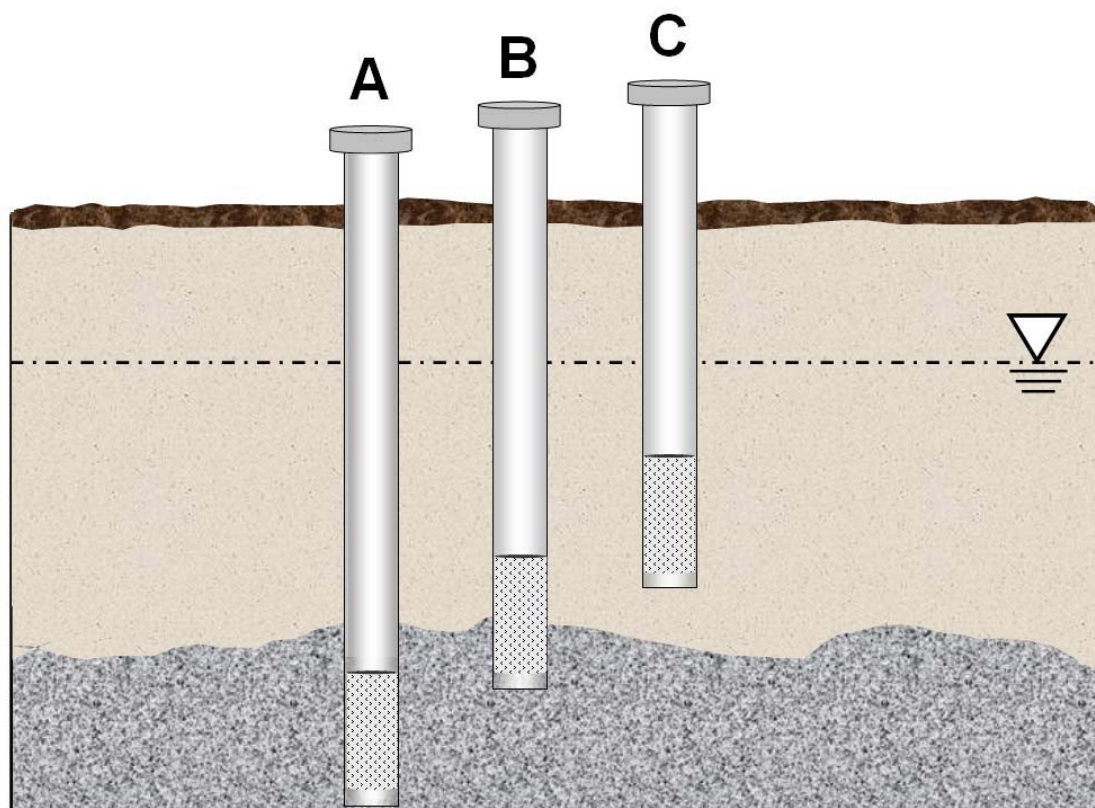




Figure A-1 : Schéma type d'un aménagement piézométrique



B PSE, PSRE et modalités d'échantillonnage et d'analyses

- B-1 Plan de surveillance de l'environnement (PSE) de Gentilly-2
- B-2 Plan de surveillance radiologique de l'environnement (PSRE) de Gentilly-2
- B-3 Modalités d'échantillonnage et d'analyses

Tableau B-1A : Plan de surveillance de l'environnement de l'année 2023 – Points de rejet

Point de rejet	Source	Paramètre	Mesure/Fréquence
EFFLUENT PROCÉDÉ Rejet intermittent via la conduite submergée dans le canal de rejet vers le fleuve	Rejet des effluents de récupération des eaux radioactives (79210) incluant le CRMC (78181) Lieu de prélèvement : Contenu d'un réservoir 7921 après agitation	HP C ₁₀ -C ₅₀	Instantanée (1/mois)
		Métaux extractibles totaux (Al, Cr, Cu, Pb, Zn)	
		pH	
		Toxicité aiguë	Instantanée (4/année)
AFFLUENT FINAL TRAITEMENT DES EAUX SANITAIRES Étang aéré (71730)	Eaux domestiques Lieu de prélèvement : Étang aéré	Débit (Q)	Journalière
		Coliformes fécaux ¹	Six (6) échantillons par année 3 jours consécutifs en janvier ou février et juillet ou août
		DBO ₅	
		DCO	
EFFLUENT FINAL TRAITEMENT DES EAUX SANITAIRES Rejet au fleuve Saint-Laurent (71730)	Eaux domestiques Lieu de prélèvement : Étang aéré	DBO ₅	Composé sur 24 h (fréquence 10 minutes) (1/mois)
		Phosphore total ¹	
		Coliformes fécaux ¹	
		H & G totales	
		Oxygène dissous (O ₂) ²	Instantanée (1/mois)
		Lentilles	Annuelle (automne)
		Boue	
SÉPARATEUR EAU-HUILE Sous-station électrique (MCH-1)	• Transformateur principal • Transformateurs auxiliaires La responsabilité du suivi et de l'entretien du séparateur eau-huile est partagée avec une autre instance d'Hydro-Québec (anciennement TransÉnergie).	Hydrocarbures	Annuelle (épaisseur d'huile)

¹ Les analyses seront effectuées pour les mois de mai à octobre inclusivement.

² Le suivi de l'oxygène dissous est réalisé à tous les mois en période estivale lorsque deux (2) aérateurs au lieu de quatre (4) sont en fonction. Si le niveau d'oxygène dissous devenait inférieur à 2 ppm, les aérateurs devront être remis en fonction.

Tableau B-1A : Plan de surveillance de l'environnement de l'année 2023 – Points de rejet (suite)

Point de rejet	Source	Paramètre	Mesure/Fréquence
EFFLUENT FINAL PLUVIAL MCH-1 (15200) Canal de rejet (débit moyen : 74 m³/j)	- Séparateur eau-huile - Drainage souterrain – Bâtiments ESR et RUC - Drainage de toit – Bâtiment turbine (sauf partie nord-ouest) - Drainage extérieur sud-ouest - Puisard Bâtiment SF6 - Puisard Bâtiment RUC Lieu de prélèvement : Puisard MCH-1	HP C ₁₀ -C ₅₀	Instantanée (2/année) Fonte de la neige et automne
		MES	
		Cr	
		Pb	
		Fe	
		Chlorures	
EFFLUENT FINAL PLUVIAL MCH-2 (15200) Canal d'amenée (débit moyen : 644 m³/j)	- Drainage de toit – Bâtiments turbine partie nord-ouest, administratif, réacteur - Drainage extérieur nord-ouest - Puisard bâtiment administratif - Drainage non radioactif Lieu de prélèvement : Puisard MCH-2	HP C ₁₀ -C ₅₀	
		MES	
		Cr	
		Pb	
		Fe	
		Chlorures	
EFFLUENT FINAL PLUVIAL MCH-3 (15200) Canal de rejet (débit moyen : 349 m³/j)	- Drainage extérieur zone sud - Drainage non radioactif Lieu de prélèvement : Puisard MCH-3	HP C ₁₀ -C ₅₀	
		MES	
		Cr	
		Pb	
		Fe	
		Chlorures	
EFFLUENT FINAL PLUVIAL (IGDRS)	Échantillonnage automatisé	pH	Mensuelle
		Conductivité	
		COT-CIT	

Tableau B-1B : Plan de surveillance de l'environnement de l'année 2023 – Eaux usées et eau potable

Rejet	Description de l'équipement de mesure	Vérification	
		Type	Fréquence
Effluent final de procédé (USI 79210)	Volume rejeté par réservoir	Volume rejeté par réservoir inscrit au journal des effluents disponible à la SCE ou au laboratoire de radioprotection.	s. o.
Affluent final traitement des eaux sanitaires	Mesure du débit Enregistreur d'événements	Le débit est estimé à partir du débit des pompes qui est fixe, d'un enregistreur d'événements et d'un logiciel.	1/jour
Effluent final traitement des eaux sanitaires	Équipement installé par une firme externe lors de la campagne de caractérisation	s. o.	s. o.
Distribution eau potable – Ville de Bécancour	Compteur d'eau Diamètre de la tuyauterie : 8 po	Le compteur d'eau appartient à la municipalité de Bécancour.	4/année (lecture du compteur)

Tableau B-1C : Plan de surveillance de l'environnement de l'année 2023 – Eaux souterraines

Lieu de prélèvement	Description	Paramètre ¹	Fréquence
P5	Piézomètres au nord de l'IGDRS près du fleuve	Conductivité ² HP C ₁₀ -C ₅₀ Métaux : Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Fe Anions : chlorure, sulfate pH Niveau d'eau (piézométrie)	Instantanée (2/année) printemps et automne
P7	Piézomètres situés à proximité du fossé ouest de l'IGDRS		
P22	Piézomètres au sud de l'ASDR		
P31	Piézomètres à l'ouest de l'ASDR		
P36	Piézomètres au nord de l'ASDR		
PX PY	Piézomètres en périphérie de l'IGDRS		

¹ Le niveau piézométrique, la conductivité et le pH sont mesurés sur place (voir : Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – Cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines).

² Sur une augmentation soudaine de la conductivité, une analyse approfondie des métaux (majeurs) et des anions sera réalisée. Les paramètres seront alors déterminés avec les représentants du MELCCFP.

Tableau B-2 : Plan de surveillance radiologique de l'environnement de l'année 2023

Item	Volet	Total	Matrice	Fréquence	Paramètre mesuré et nombre total d'échantillons prévus pour l'année					
					Dosimètre	H-3	C-14	β total	Spectro γ	α total
1	Limites administratives : zone d'exclusion	284	Ambiance gamma	Trimestrielle	200	-	-	-	-	-
			Précipitations	Mensuelle	-	-	-	36	-	36
			Eaux souterraines	Semestrielle	-	12	-	-	-	-
2	Ambiance gamma : zone éloignée, zone d'exclusion, ASDR, IGDRS, ASSCI	188	Ambiance gamma	Trimestrielle	188	-	-	-	-	-
				Mensuelle	-	252	-	-	-	-
3	Atmosphérique : zone éloignée, zone d'exclusion, ASDR, IGDRS	396	Tamis moléculaires	Mensuelle	-	252	-	-	-	-
			Solution KOH	Mensuelle	-	-	72	-	-	-
			Filtres d'aérosols	Mensuelle	-	-	-	72	-	-
4	Biotique et édaphique : fleuve Saint-Laurent, anse à Lemarier, fermes	48	Poissons - Lemarier	Mensuelle	-	6	6	-	6	-
			Poissons - Canal	Quadrimestrielle		3	3			
			Plantes aquatiques	Annuelle	-		2	-	2	-
			Plantes fourragères	Annuelle	-	1	-	-	-	-
			Sédiments dynamiques	Quadrimestrielle	-	-	6	-	6	-
			Mollusques	Annuelle	-	-	2	-	2	-
			Sols arables	Annuelle	-	-	-	-	1	-

Tableau B-2 : Plan de surveillance radiologique de l'environnement de l'année 2023 (suite)

Item	Volet	Total	Matrice	Fréquence	Paramètre mesuré et nombre total d'échantillons prévus pour l'année					
					Dosimètre	H-3	C-14	β total	Spectro γ	α total
5	Eaux souterraines : zone éloignée, ASDR, IGDRS, ASSCI	138	Horizon A	Semestrielle	-	30	-	6	a	-
			Horizon B	Semestrielle	-	22	-	4	a	-
			Horizon C	Trimestrielle	-	64	-	12	a	-
7	Eau de surface : ASDR, IGDRS, ASSCI	120	Eau surface	Mensuelle	-	60	-	60	a	-
8	Autres eaux : zone d'exclusion, fleuve Saint-Laurent, drainage pluvial, étang aéré	45	Fleuve Saint-Laurent (point D)	Quadrimestrielle	-	3	3	-	3	-
			Drainage pluvial (MCH-1 à 3)	Quadrimestrielle	-	9	9	-	9	-
			Étang aéré	Quadrimestrielle	-	3	3	-	3	-
9	Nappe captive : ASDR 4 piézomètres	24	Horizon A	Semestrielle à tous les ans	-	8	-	-	-	-
			Horizon B	Semestrielle à tous les ans	-	8	-	-	-	-
			Horizon C	Semestrielle à tous les ans	-	8	-	-	-	-
	Nappe captive : ASDR 10 piézomètres	60	Horizon A	Semestrielle aux trois ans	-	20	-	-	-	-
			Horizon B	Semestrielle aux trois ans	-	20	-	-	-	-
			Horizon C	Semestrielle aux trois ans	-	20	-	-	-	-
a Au besoin sur déclencheur. Le déclencheur réfère à une valeur de β total spécifique à chaque matrice d'analyse.										

Tableau B-3A : Modalités d'échantillonnage et d'analyses : surveillance atmosphérique

Caractéristiques de la méthode	Échantillonnage et analyse
<i>Ambiance gamma</i>	
Dosimètres environnementaux	Dosimètre à technologie de luminescence stimulée optiquement (LSO). Analyses rendues par le service de dosimétrie environnementale du Gouvernement du Canada (Santé Canada) en tout point à Gentilly-2.
<i>Tritium atmosphérique</i>	
Tamis moléculaire	L'air est aspiré à l'aide d'une pompe dans une cellule contenant du tamis moléculaire. Le débit est contrôlé et modifié selon les saisons pour tenir compte de la variation d'humidité de l'air. Lors de l'échantillonnage, l'humidité de l'air est adsorbée sur le tamis moléculaire. Un intégrateur de volume permet de connaître le volume total d'air aspiré qui est utilisé pour les calculs d'activité volumique. L'échantillonnage est réalisé 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.
<i>Carbone-14 atmosphérique</i>	
Méthode passive	Un bac de polyéthylène contenant de l'hydroxyde de potassium (KOH) en solution est placé dans une station de contrôle. La solution basique permet de capter le CO ₂ atmosphérique. Le bac est changé après un mois. L'échantillon est acidifié pour en extraire le CO ₂ , 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.
<i>Aérosols</i>	
L'analyse gamma est effectuée si l'activité β totale dépasse un certain seuil.	Les aérosols sont aspirés à l'aide d'une pompe et recueillis sur un filtre en fibre de verre. L'échantillonnage est fait en continu pendant un mois. Le débit d'échantillonnage est contrôlé. Le filtre est analysé à l'aide d'un compteur alpha bêta.

Tableau B-3B : Modalités d'échantillonnage et d'analyses : surveillance de la qualité de l'eau

Caractéristiques de la méthode	Échantillonnage et analyse
<i>Précipitations</i>	
Trois paramètres sont analysés dans les précipitations : • Tritium • Bêta totale • Gamma	Les précipitations sont recueillies à l'aide d'un montage d'une surface de 0,15 m ² . L'eau ou la neige recueillie est analysée par scintillation liquide. Toute l'eau (ou la neige) recueillie est évaporée sur une planchette pour être comptée à l'aide d'un compteur alpha bêta. La planchette est ensuite comptée par spectrométrie gamma sur germanium « hyperpur » (GeHP) (station de référence seulement).
<i>Eau de surface, d'infiltration et de la nappe phréatique</i>	
Trois paramètres sont analysés dans les précipitations : • Tritium • Bêta totale • Gamma	Des puits spécialement aménagés permettent de recueillir l'eau de surface, d'infiltration et de la nappe phréatique autour de l'ASSCI, de l'ASDR et à plusieurs autres endroits sur le site. De l'eau de surface est également prélevée à d'autres points de récolte, notamment dans le fleuve Saint-Laurent. L'eau recueillie est analysée par scintillation liquide. Un échantillon composite est évaporé sur une planchette et est analysé à l'aide d'un compteur alpha bêta. La planchette est analysée par spectrométrie gamma sur GeHP si l'activité bêta totale dépasse un certain seuil.

Tableau B-3C : Modalités d'échantillonnage et d'analyses : surveillance de la qualité des sols et des sédiments

Caractéristiques de la méthode	Échantillonnage et analyse
<i>Sol arable</i>	
Des échantillons de sols sont prélevés dans une ferme qui fait la culture de plantes fourragères. Deux paramètres sont analysés : • Tritium non organiquement lié (³H dans l'humidité du sol) • Gamma	Pour chaque séance d'échantillonnage, une dizaine de prélèvements de surface sont effectués. Ces prélèvements sont espacés de 4 à 5 m et la surface totale échantillonnée est d'environ 100 m ² . L'échantillon doit avoir un poids total d'environ 2 kg. Une extraction d'eau par lyophilisation est réalisée sur une fraction du sol frais. L'eau ainsi recueillie est analysée par scintillation liquide. Une fraction de l'échantillon de sol est séchée, puis placée dans un marinelli et analysée par spectrométrie gamma sur GeHP.
<i>Sédiments dynamiques</i>	
Les sédiments dynamiques sont les particules en suspension présentes dans l'eau du fleuve.	Les particules en suspension dans l'eau sont recueillies dans des bacs à sédimentation de 0,2 m ² spécialement conçus à cet effet. Les sédiments sont accumulés pendant 4 à 6 semaines, trois fois par année. Les sédiments sont séchés et broyés. L'échantillon est mis dans un marinelli et analysé par spectrométrie gamma sur GeHP.

Tableau B-3D : Modalités d'échantillonnage et d'analyses : surveillance de la faune et de la flore

Caractéristiques de la méthode	Échantillonnage et analyse
<i>Poissons et mollusques</i>	
Les poissons et les mollusques sont pêchés à l'anse à Lemarier à environ 2 km en aval de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Des poissons sont également pêchés dans le canal de rejet. Deux paramètres sont analysés : • Gamma • Carbone-14 organique	Les poissons sont pêchés à l'aide d'un filet. Les mollusques sont recueillis par dragage. Après avoir été mesurés et pesés, les poissons sont défaits en filets et réduits en purée. Une fraction de la chair est séchée pour faire l'analyse carbone-14. Une spectrométrie gamma sur GeHP est réalisée. Une combustion de l'échantillon préalablement séché est réalisée dans une bombe à oxygène. Le CO₂ formé lors de cette combustion est recueilli dans un cocktail scintillant. L'échantillon est ensuite analysé par scintillation liquide.
<i>Plantes fourragères</i>	
La ferme échantillonnée est celle qui participe au PSRE. Deux paramètres sont analysés : • Tritium non organiquement lié (³H dans l'eau des plantes) • Gamma	Les échantillons de fourrage sont prélevés annuellement en fin de saison lorsque les plantes sont prêtes pour l'ensilage. Une fraction de l'échantillon frais est utilisée pour faire une extraction d'eau par lyophilisation. L'eau est ensuite analysée par scintillation liquide. Une fraction de l'échantillon est séchée et broyée, puis placée dans un marinelli. Une spectrométrie gamma est réalisée sur GeHP.
<i>Plantes aquatiques</i>	
Les plantes aquatiques sont prélevées à l'anse à Lemarier en aval de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Deux paramètres sont analysés : • Gamma • Carbone-14 organique	Les plantes aquatiques sont recueillies à la fin de l'été à l'aide d'un râteau. L'échantillon est séché, puis broyé. Une spectrométrie gamma est réalisée sur GeHP. Une combustion de l'échantillon préalablement séché est réalisée dans une bombe à oxygène. Le CO₂ formé lors de cette combustion est recueilli dans un cocktail scintillant. L'échantillon est ensuite analysé par scintillation liquide.

Tableau B-3E : Modalités d'échantillonnage et d'analyses : limites de détection des méthodes d'analyse

Méthode d'échantillonnage et d'analyse	Limite de détection (LD)
<i>Tritium</i>	
Tamis moléculaire – scintillation liquide	0,100 Bq m ⁻³
Scintillation liquide	6 Bq L ⁻¹
<i>Carbone-14</i>	
Échantillonnage passif – scintillation liquide	< 0,9 Bq g-C ⁻¹
Bombe à oxygène – scintillation liquide	< 0,9 Bq g-C ⁻¹
<i>Bêta totale</i>	
Filtres aérosols	9 x 10 ⁻⁵ Bq m ⁻³
Eau évaporée sur planchette	0,02 Bq L ⁻¹
Eau évaporée sur planchette (précipitations)	0,07 Bq m ⁻²
<i>Gamma</i> ¹	
Cartouches de charbon activé	2,4 x 10 ⁻² Bq cartouche ⁻¹
Sol et sédiments	0,3 Bq kg ⁻¹
Poissons et mollusques	2,6 Bq kg ⁻¹
Plantes fourragères et aquatiques	1,0 Bq kg ⁻¹
1 Valeurs moyennes pour le Cs-137 (sauf pour les cartouches de charbon activé).	

C Aspect statistique des résultats

- Limite de détection

Les principes qui ont servi à rationaliser et uniformiser le traitement et l'expression des résultats de mesures radiologiques qui sont générés aux laboratoires de Radioprotection et de radioécologie et de Chimie sont décrits dans la norme N288.4-10 ^[21]. En résumé, les conventions suivantes sont appliquées :

- La limite de détection (LD) est calculée de la façon suivante :

$$LD = 2,71 + 4,65 \sqrt{(BF)}$$

où BF est la valeur du bruit de fond

- Si le résultat net est supérieur à la LD ($N > LD$), la mesure permet de conclure à une détection et le résultat exprimé en coups est :

$$X = N \pm kSn$$

où kSn est la borne bilatérale de l'incertitude aléatoire de comptage attribuée à N

- Si le résultat net est inférieur à LD ($0 < N < LD$), la mesure ne permet pas de conclure à une détection et le résultat exprimé en coups est :

$$X < N$$

- À moins d'indication contraire, l'incertitude sur les mesures correspond à un niveau de confiance de 95 %.
- La LD constitue le niveau réel qui serait détecté lors de 95 % des mesures ^[22].
- Les valeurs de la LD sont utilisées pour faire des moyennes si ces valeurs sont $< LD$.
- L'incertitude associée à une moyenne de résultats individuels est égale à la racine carrée de la sommation des carrés des erreurs relatives des résultats individuels.

D Programme d'intercomparaison

- Résultats du programme d'assurance qualité pour 2023
(filtres d'air, échantillons de sol, de végétaux et aqueux)

Tableau D-1A : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2023 : intercomparaison ERA, filtres d'air (MRAD-39)

Analyses	Activité par filtre (pCi filtre ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
α total	79,0	88	65,4 – 111	0,90
β total	55,0	51	36,2 – 66,3	1,07
²⁴¹ Am	73,0	71	55,2 – 85,8	1,04
¹³⁴ Cs	1 035	1 180	857 – 1 510	0,88
¹³⁷ Cs	1 027	960	816 – 1 100	1,07
⁶⁰ Co	115	103	88,0 – 118	1,12
⁵⁴ Mn	< 35,0	< 35,0	0,00 – 35,0	s. o.
⁶⁵ Zn	203	180	139 – 220	1,13
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1B : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2023 : intercomparaison ERA, échantillons de sol (MRAD-39)

Analyses	Activité (pCi kg ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
²²⁸ Ac	1 508	1 570	1 330 – 1 810	0,96
²⁴¹ Am	1 243	1 150	609 – 1 700	1,08
²¹² Bi	1 730	1 740	977 – 2 500	0,99
²¹⁴ Bi	673	741	450 – 1 030	0,91
¹³⁴ Cs	1 338	1 380	819 – 1 950	0,97
¹³⁷ Cs	1 784	1 720	1 030 – 2 410	1,04
⁶⁰ Co	8 027	7 730	5 160 – 10 300	1,04
²¹² Pb	1 568	1 660	1 150 – 2 180	0,94
²¹⁴ Pb	689	808	569 – 1 050	0,85
⁵⁴ Mn	< 20,0	< 555	0,00 – 555	s. o.
⁴⁰ K	44 324	42 700	37 800 – 47 500	1,04
²³⁸ U	3 216	2 970	2 090 – 3 850	1,08
⁶⁵ Zn	2 270	2 060	1 220 – 2 890	1,10
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1C : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2023 : intercomparaison ERA, échantillons de végétaux (MRAD-39)

Analyses	Activité (pCi kg ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
²⁴¹ Am	5 189	4 320	3 210 – 5 440	1,20
¹³⁴ Cs	435	426	312 – 540	1,02
¹³⁷ Cs	1 027	983	764 – 1 200	1,04
⁶⁰ Co	2 405	2 320	1 840 – 2 790	1,04
⁵⁴ Mn	< 51,0	< 207	0,00 – 207	s. o.
⁴⁰ K	36 486	35 600	28 700 – 42 500	1,02
²³⁸ U	4 027	3 570	2 910 – 4 240	1,13
⁶⁵ Zn	1 027	1 080	808 – 1 350	0,95
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1D : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2023 : intercomparaison ERA, échantillons aqueux (MRAD-39)

Analyses	Activité (pCi L ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
α total	48,0	62,2	37,2 – 87,3	0,77
β total	40,0	49,4	34,4 – 64,4	0,81
²⁴¹ Am	65,0	70,3	52,4 – 88,3	0,92
¹³⁴ Cs	932	939	793 – 1 080	0,99
¹³⁷ Cs	1 081	1 010	924 – 1 090	1,07
⁶⁰ Co	2 189	2 060	1 870 – 2 250	1,06
⁵⁴ Mn	< 71	< 71	0,00 – 71	s. o.
⁶⁵ Zn	2 270	2 080	1 790 – 2 360	1,09
³ H	9 036	8 400	7 200 – 9 610	1,08
s. o. : Sans objet.				