

Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2

Rapport annuel 2016

Rapport technique G2-RT-2017-00518-002

Version finale

Avril 2017

Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2

Document ☒ Public
☐ Non public
☐ Confidentiel

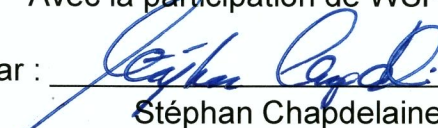
Rapport annuel 2016

Rapport technique G2-RT-2017-00518-002

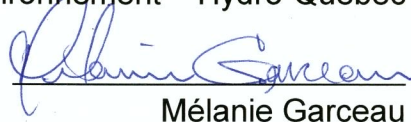
Version finale

Avec la participation de WSP

Par :


Stéphan Chapdelaine

Chargé d'équipe – Environnement – Hydro-Québec


Mélanie Garceau

Environnement – Hydro-Québec



Éric Dion

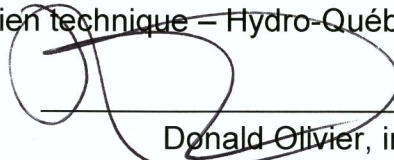
Radioprotection RTR – Hydro-Québec

Approuvé par :



Steve Plante, ing.

Chef Soutien technique – Hydro-Québec



Donald Olivier, ing.

Directeur Installations de Gentilly-2 – Hydro-Québec

U.S.I. 00511, 00518, 00528, 16000, 67830

Hydro-Québec Production
Avril 2017

Sommaire

Tous les volets d'opération de systèmes et de déclasséement d'une installation nucléaire sont réglementés 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 celle de la surveillance des rejets et de l'environnement. À ce propos, la CCSN délivrait le 22 juin 2016, un *Permis de déclasséement d'un réacteur de puissance* (# PDRP 10.00/2026), suite notamment à une audience publique s'étant déroulée à Ottawa le 5 mai 2016. Ce permis est valide jusqu'au 30 juin 2026, pour les installations d'Hydro-Québec à Gentilly-2. Il est de plus assorti de conditions, toutes colligées au *Manuel des conditions de permis* (MCP-Gentilly-2-R000).

Deux programmes de surveillance de l'environnement sont toujours en vigueur aux installations de Gentilly-2. Ces derniers couvrent les aspects physico-chimiques et radiologiques. Ils ont été approuvés par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) ainsi que 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 programmes demeurent en vigueur pour la période où l'installation est en état de stockage sûr. Ils comprennent notamment l'échantillonnage et l'analyse de plusieurs matrices environnementales liées à la dispersion des effluents. Ces analyses sont réalisées par les laboratoires d'Hydro-Québec ou par des laboratoires externes accrédités, selon les paramètres. Les éléments des programmes de surveillance sont basés sur des aspects réglementés et sur les constats issus d'études environnementales antérieures. L'adaptation de ces programmes permet d'y intégrer des éléments pouvant découler de nouvelles exigences réglementaires, ou encore d'autres jugés pertinents par Hydro-Québec. La plus récente adaptation de ces deux programmes fait en sorte que certains résultats des dernières années ne s'inscrivent pas nécessairement dans une continuité lorsqu'un long historique de résultats est présenté.

Au cours de l'année 2016, les concentrations de radioactivité mesurées aux effluents radioactifs liquides et gazeux ont été à la baisse pour les principaux radionucléides, en comparaison de l'année précédente. Certaines de ces diminutions ont été plus marquées, notamment celles du tritium et du carbone-14 aux effluents liquides. La suspension d'un essai mensuel de pompe reliée au système de stockage des résines d'échange ionique des systèmes nucléaires a fait en sorte qu'un volume d'eau provenant des réservoirs de stockage ne soit plus drainé aux effluents radioactifs liquides. Aussi, l'interruption planifiée des travaux de traitement des inventaires de chiffons contaminés a réduit les affluents d'eau contaminée aux mêmes effluents radioactifs liquides. Ce chantier devrait par ailleurs reprendre ses activités au cours de l'année 2017, ce qui fera de nouveau varier les concentrations de radioactivité aux effluents liquides.

Tout au long de l'année 2016, aucune mesure d'activité radiologique n'a dépassé une valeur équivalente à 1 % des limites opérationnelles dérivées (LOD), ni pour les effluents radioactifs liquides, ni pour les effluents radioactifs gazeux. Pour les premiers, l'activité radiologique maximale fut de 0,23 % LOD de carbone-14, sur une base mensuelle, alors que pour les seconds, l'activité radiologique maximale fut plutôt de 0,29 % LOD de carbone-14, cette fois sur une base hebdomadaire.

En mai 2016, l'Organisation régionale de sécurité civile (ORSC) de la Mauricie et du Centre-du-Québec publiait sa décision d'abolir son *Plan des mesures d'urgence nucléaire externe à la centrale nucléaire de Gentilly-2*. Cette décision fut prise suite à une évaluation du risque radiologique qu'impliquent les installations de Gentilly-2 dans leur état actuel. Elle entraîne du coup l'élimination des comprimés d'iode stable.

En juillet 2016, Hydro-Québec informait les différents organismes réglementaires de son intention de cesser toute utilisation de son lieu d'élimination de neige au site de Gentilly-2. Au terme des obligations de surveillance environnementale de l'automne 2016, le certificat d'autorisation (7610-17-01-00434-75) émis en 2008 fut révoqué. Aucune mesure liée à ce volet ne sera donc reconduite en 2017.

En novembre 2016, Hydro-Québec complétait les travaux de réhabilitation des sols et d'extraction du dernier réservoir souterrain de carburant diesel figurant toujours à son *Permis d'utilisation d'une installation d'équipement pétrolier à risque élevé*, délivré par la Régie du bâtiment du Québec (RBQ). Suite à l'attestation de conformité des travaux produite par un vérificateur reconnu, la RBQ a confirmé la fin du permis.

L'année 2016 fut finalement marquée par la construction de deux nouveaux modules CANSTOR destinés au stockage à sec du combustible nucléaire irradié toujours en piscines aux installations de Gentilly-2. À ce titre, le Gouvernement du Québec faisait paraître à la *Gazette officielle du Québec*, le 11 mai 2016, le décret 320-2016. Ce décret confirmait notamment le changement de site pour la construction des modules.

À l'instar des dernières années, la consommation d'eau de refroidissement a encore diminué de façon significative au cours de l'année 2016. Le même constat est aussi fait pour la consommation d'eau potable, ainsi que pour le nombre de déversements accidentels de contaminants, tous des signes du ralentissement des activités au site.

En 2016, la dose annuelle de rayonnements induite aux membres représentatifs de la population la plus exposée, à proximité des installations de Gentilly-2, a été estimée à 1 µSv. Cette estimation correspond à moins d'un pourcent de la limite fixée par la CCSN pour une dose efficace légale induite à la population, à 1 mSv (1 000 µSv).

À la lueur des encadrements réglementaires cités au permis et au manuel des conditions de permis, l'ensemble des résultats et constats issus de la surveillance environnementale démontrent que les impacts sur l'environnement découlant des activités d'opération de systèmes et de déclassement des installations de Gentilly-2 sont négligeables, et ainsi peu perceptibles au-delà de la zone d'exclusion du site.

Liste de distribution

Copies électroniques :

Hydro-Québec Installations de Gentilly-2 :

Donald Olivier, ing.	Directeur Installations de Gentilly-2
Steve Plante, ing.	Chef Soutien technique
Alain Gosselin	Chef Maintenance
Pascal Ouellet	Chef Comptabilité, immobilisation et investissements
Véronique Trépanier	Conseillère Relations avec le milieu
Mathieu Rouy	Conseiller Stratégies de communication
Archives Gentilly-2	Centre de documentation (version originale)

Hydro-Québec : Vice-présidence Exploitation des équipements de production :

Robert Lussier	Chef Environnement (intérim)
----------------	------------------------------

Hydro-Québec TransÉnergie : Expertise et soutien opérationnel :

Véronique Côté	Chef Environnement
----------------	--------------------

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) :

Réjean Deschênes	2700, rue Einstein, local C-2-105, Québec, G1P 3W8
Alain Fournier	2700, rue Einstein, local C-2-105, Québec, G1P 3W8
Laurent Bolduc	200A, chemin Sainte-Foy, 11 ^e étage, Québec, G1R 4X6
Josée Belley	5195, boul. des Forges, bureau 55, Trois-Rivières, G8Y 4Z3

Copies officielles (format papier) :

Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) :

280, rue Slater, CP 1046, succursale B, Ottawa (Ontario), K1P 5S9

Benoît Poulet (2)	Directeur, Division du programme de réglementation
Karine Glenn	Directrice, Division des déchets et du déclassé
Bruno Romanelli	Agent principal du programme de réglementation
Josué Wamegni	Spécialiste de programmes environnementaux
CCSN - Gentilly	Bureau CCSN G2 - 2e BAST NORD

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) :

Réjean Lapointe	1579, boul. Louis-Frédette, Nicolet, J3T 2A5
-----------------	--

Environnement Canada :

Jesica Moreno-Colacci	4905, Dufferin Street, Toronto (Ontario), M3H 5T4
-----------------------	---

Direction de la santé publique / Mauricie et Centre-du-Québec :

Martin Beaumont 858, Terrasse Turcotte, Trois-Rivières, G9A 5C5
Marco Desjardins 550, rue Bonaventure, Trois-Rivières, G9A 2B5

Santé Canada :

Jean-Francois Mercier 775, Chemin Brookfield, AL 6302D1, Ottawa (Ontario),
K1A 0K9

Grand conseil de la nation Waban-Aki :

Denys Bernard 10175, rue Kolipaio, Wôlinak, G0X 1B0

Conseil des Abénakis d'Odanak :

Richard O'Bomsawin, chef 104, rue Sibosis, Odanak, J0G 1H0

Conseil des Abénakis de Wôlinak :

Michel R. Bernard, chef 10120, rue Kolipaio, Wôlinak, G0X 1B0

Ville de Trois-Rivières / Conseil régional de l'environnement Mauricie :

Serge Bournival 4655, rue St-Joseph, C. P. 368, Trois-Rivières, G9A 5H3
Lauréanne Daneau 580, rue Barkoff, Trois-Rivières, G8T 9T7

Ville de Bécancour :

Jean-Guy Dubois 1295, av. Nicolas-Perrot, Bécancour, G0X 1B0

Municipalité de Champlain :

Guy Simon 819, rue Notre-Dame, Champlain, G0X 1C0

Municipalité de Saint-Pierre-Les-Becquets :

Yves Tousignant 110, rue des Loisirs, Saint-Pierre-Les-Becquets, G0X 2Z0

Bruce Power :

Cheryl Smith C.P. 1540, 177 Tie Rd, Tiverton (Ontario), N0G 2T0

Ontario Power Generation :

Pickering Information Center 1675 Montgomery Park Rd, Pickering (Ontario), L1V 2R5
Darlington Information Center 1855 Energy Dr, Courtice, (Ontario), L1E 0E7

New Brunswick Electric Power Commission :

Joe McCulley 515, rue King, C. P. 2000 Succ A Fredericton
(Nouveau-Brunswick), E3B 4X1

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Résultats du suivi des effluents – volet radiologique.....	3
2.1	Effluents gazeux	3
2.2	Effluents liquides	8
2.2.1	Réservoirs de récupération des eaux radioactives	12
2.2.2	Drainage pluvial	12
2.2.3	Eaux usées sanitaires	13
3	Bilan des émissions atmosphériques et résultats du suivi des effluents liquides – volet physico-chimique.....	15
3.1	Émissions atmosphériques.....	15
3.1.1	Gaz à effet de serre émis par la combustion des moteurs.....	15
3.1.2	Gaz réfrigérants	16
3.2	Effluents liquides	16
3.2.1	Eau brute de refroidissement.....	17
3.2.1.1	Effluent final de l'EBR.....	17
3.2.1.2	Réservoir de récupération des eaux radioactives.....	18
3.2.2	Eaux usées sanitaires	18
3.2.3	Eaux de surface – drainage pluvial.....	19
4	Autres suivis d'engagements	21
4.1	Séparateur eau-huile	21
4.2	Suivi du lieu d'élimination de neige	22
4.2.1	Eaux souterraines	22
4.2.2	Eaux de surface	23
4.3	Suivi des eaux souterraines autour des aires de stockage des déchets radioactifs.....	24
4.4	Matières dangereuses utilisées au travail	25
5	Consommation d'eau	27
6	Matières dangereuses et autres matières résiduelles.....	29
6.1	Matières dangereuses résiduelles.....	29
6.2	Biomasse et autres matières résiduelles.....	30
7	Déversements accidentels de contaminants dans l'environnement	33
8	Surveillance radiologique du milieu environnant.....	35
8.1	Radionucléides retrouvés dans l'environnement	35
8.2	Surveillance atmosphérique	36

8.2.1	Ambiance gamma	36
8.2.2	Tritium	45
8.2.3	Carbone-14	55
8.2.4	Aérosols	59
8.3	Surveillance de la qualité de l'eau	62
8.3.1	Précipitations	62
8.3.2	Eaux de surface	66
8.3.3	Eaux d'infiltration	69
8.3.4	Eaux souterraines	73
8.3.5	Eaux de fonte de la neige	76
8.3.6	Eau potable	77
8.4	Surveillance de la qualité des sols et des sédiments	78
8.4.1	Sols arables	78
8.4.2	Sédiments dynamiques	78
8.5	Surveillance de la faune et de la flore	80
8.5.1	Plantes fourragères	80
8.5.2	Plantes aquatiques	80
8.5.3	Mollusques	81
8.5.4	Poissons	82
8.6	Produits comestibles	84
8.7	Données météorologiques	85
8.8	Facteurs de dispersion atmosphérique	88
9	Estimation de la dose de rayonnements aux membres représentatifs de la population	91
9.1	Groupe récepteur	91
9.2	Doses par voies d'exposition	92
9.3	Historique de dose	93
10	Programme d'intercomparaison du laboratoire et omissions aux programmes de l'année 2016	97
10.1	Intercomparaison du laboratoire	97
10.2	Omissions aux programmes de surveillance environnementale	97
11	Conclusion	99
12	Références	103

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 2016.....	4
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 2016.....	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 2016.....	6
Tableau 2-4 :	Principales limites de rejets radioactifs liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2016.....	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 2016	10
Tableau 2-6 :	Activité des principaux radionucléides dans les systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016.....	12
Tableau 3-1 :	Quantité de produits pétroliers consommés aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2016	15
Tableau 3-2 :	Émissions totales de produits de combustion aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2016	16
Tableau 3-3 :	Sommaire des résultats des mesures de pH et des essais de toxicité dans l'eau de l'effluent de l'EBR en 2016.....	17
Tableau 3-4 :	Résultats d'analyses physico-chimiques des réservoirs de récupération des eaux radioactives de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016.....	18
Tableau 3-5 :	Résultats d'analyses de l'eau de l'effluent du système de traitement des eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016.....	19
Tableau 3-6 :	Résultats d'analyses des systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016.....	19
Tableau 4-1 :	Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines (horizon C) échantillonnées au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 en 2016.....	23
Tableau 4-2 :	Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de surface échantillonnées au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 en 2016.....	23

Tableau 4-3 :	Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines prélevées au pourtour de l'installation de déchets radioactifs de Gentilly-2 pour l'année 2016	24
Tableau 4-4 :	Mesures des niveaux piézométriques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016.....	25
Tableau 4-5 :	Consommation de produits chimiques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016	26
Tableau 6-1 :	Quantité de matières dangereuses résiduelles générées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016	29
Tableau 6-2 :	Quantité de matières résiduelles recyclées ou éliminées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016	30
Tableau 7-1 :	Quantité de produits liquides déversés accidentellement dans l'environnement aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016	33
Tableau 8-1 :	Radioactivité maximale mesurée dans les sols arables aux trois fermes collaborant au PSRE pour l'année 2016.....	78
Tableau 8-2 :	Radioactivité maximale mesurée dans les sédiments dynamiques du fleuve Saint-Laurent près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016.....	79
Tableau 8-3 :	Radioactivité mesurée dans les plantes aquatiques du fleuve Saint-Laurent récoltées près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016.....	81
Tableau 8-4 :	Radioactivité mesurée dans la coquille et la chair de mollusques du fleuve Saint-Laurent récoltés près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016	82
Tableau 8-5 :	Espèces de poissons pêchés dans le canal de rejet de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2016 et concentrations de radionucléides détectés	83
Tableau 9-1 :	Dose annuelle de rayonnements aux membres représentatifs de la Ferme n° 1 (modèle IMPACT 5.5.1).....	93

Figures

Figure 2-1 :	Rejets radioactifs gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base hebdomadaire pour l'année 2016.....	4
Figure 2-2 :	Rejets radioactifs gazeux annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1997-2016	7
Figure 2-3 :	Rejets radioactifs liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base mensuelle pour l'année 2016	9
Figure 2-4 :	Rejets radioactifs liquides annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1997-2016	11
Figure 5-1 :	Consommation d'eau de procédé aux installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016	27

Figure 5-2 :	Consommation d'eau potable aux installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016	28
Figure 6-1 :	Biomasse captée à la station de pompage des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016	31
Figure 8-1 :	Ambiance gamma trimestrielle aux stations de contrôle SCR-3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2016.....	37
Figure 8-2 :	Dose annuelle gamma aux stations de contrôle SCR-1, 3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rapprochée) et à la station de référence pour la période 2012-2016	37
Figure 8-3 :	Ambiance gamma trimestrielle au périmètre sécurisé de l'installation pour l'année 2016.....	38
Figure 8-4 :	Dose annuelle gamma au périmètre sécurisé de l'installation pour l'année 2016.....	39
Figure 8-5 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASDR pour l'année 2016	40
Figure 8-6 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASDR pour la période 2012-2016	41
Figure 8-7 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'IGDRS pour l'année 2016.....	42
Figure 8-8 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'IGDRS pour la période 2012-2016	43
Figure 8-9 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASSCI pour l'année 2016	44
Figure 8-10 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASSCI pour la période 2012-2016	45
Figure 8-11 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-8 et SCR-10 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour l'année 2016	47
Figure 8-12 :	Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour la période 2012-2016	48
Figure 8-13 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux stations NORD-1, SUD-1, EST-1 à 3 et OUEST-1 et à la station de référence pour l'année 2016.....	49
Figure 8-14 :	Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux points NORD-1, SUD-1, EST-1 à 3 et OUEST-1 et 2 et à la station de référence pour la période 2012-2016	50
Figure 8-15 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'IGDRS pour l'année 2016.....	51
Figure 8-16 :	Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'IGDRS pour la période 2012-2016.....	52
Figure 8-17 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'ASDR pour l'année 2016	53

Figure 8-18 :	Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'ASDR pour la période 2012-2016.....	54
Figure 8-19 :	Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SUD-1 et SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8, SCR-12 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2016	56
Figure 8-20 :	Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SUD-1, SCR-1, SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8, SCR-9 et SCR-12 (zone rapprochée) et à la station de référence pour la période 2012-2016	57
Figure 8-21 :	Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique à l'IGDRS, à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2016	58
Figure 8-22 :	Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations de l'IGDRS et de l'ASDR et à la station de référence pour la période 2012-2016	59
Figure 8-23 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés aux stations SUD-1, SCR-8, SCR-11, SCR-12 et à la station de référence pour l'année 2016	60
Figure 8-24 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'IGDRS et à la station de référence pour l'année 2016.....	61
Figure 8-25 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2016	62
Figure 8-26 :	Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations SCR-2 à SCR-5, SCR-8, SCR-12, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2016	63
Figure 8-27 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les précipitations aux stations SCR-2 à SCR-5, SCR-8, SCR-12, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2016	64
Figure 8-28 :	Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations IGDRS-5 à 8 et à la station de référence pour l'année 2016.....	65
Figure 8-29 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les précipitations aux stations IGDRS-5 à 8 et à la station de référence pour l'année 2016.....	66
Figure 8-30 :	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 2016	67
Figure 8-31 :	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 2012-2016	68
Figure 8-32 :	Moyenne mensuelle de l'activité bêta-total dans les échantillons d'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016	69
Figure 8-33 :	Moyenne mensuelle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016	71
Figure 8-34 :	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 2012-2016	72

Figure 8-35 :	Moyenne mensuelle de l'activité bêta-total dans les échantillons d'eaux d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016	73
Figure 8-36 :	Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS et hors site pour l'année 2016	74
Figure 8-37 :	Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS et hors site pour la période 2012-2016	75
Figure 8-38 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016.....	76
Figure 8-39 :	Mesure de l'activité en tritium dans l'eau de surface et dans l'eau souterraine (horizon C) au lieu d'élimination de neige pour l'année 2016	77
Figure 8-40 :	Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016	86
Figure 8-41 :	Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016.....	87
Figure 8-42 :	Facteurs moyens de dispersion du tritium atmosphérique des relâches des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016	89
Figure 9-1 :	Doses annuelles de rayonnements estimées pour un membre représentatif de la population liées à l'exploitation des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016.....	94
Figure 9-2 :	Comparaison de différentes doses de rayonnements typiques pouvant affecter la population canadienne	95

Liste des abréviations

ACNOR	Association Canadienne de NOR malisation
ASDR	Aire de Stockage des D échets R adioactifs
ASSCI	Aire de Stockage à Sec du C ombustible I rradié
CA	Certificat d’ A utorisation du MDDELCC
CANDU	CAN ada D euterium U ranium
CANSTOR	CANDU STOR age, module de stockage à sec du combustible irradié
CFC	ChloroFluoroCarbures
CCSN	Commission Canadienne de Sûreté Nucléaire
CRMC	Centre de R écupération de M atières C ontaminées
CRMD	Centre de R écupération des M atières D angereuses
DBO ₅	D emande B iochimique en O xygène pour 5 jours
DTL	D osimètre T hermo L uminescent
EBA	Eau Brute d’ A limentation
EBR	Eau Brute de R efroidissement
EDC	Eau De C irculation
EDFMA	E nceinte de D échets de F aible et de M oyenne A ctivités
ERA	E nvironmental R esource A ssociates
ESR	Eau de Service R ecirculée
ESRU	E nceinte de S tockage des R ésines U sées
ÉSS	É tat de S tockage S ûr
HCFC	HydroChloroFluoroCarbures
HP C ₁₀ -C ₅₀	Hydrocarbures P étroliers C ₁₀ -C ₅₀
IGDRS	I nstallation de G estion des D échets R adioactifs S olides
LD	L imite de D étection
LOD	L imite O opérationnelle D érivée
MDDELCC	M inistère du D éveloppement D urable, de l’ E nvironnement et de la L utte contre les C hangements C limatiques
MDR	M atières D angereuses R ésiduelles
MES	M atières E n S uspension

MR	Matières Résiduelles
ORSC	Organisation Régionale de Sécurité Civile
PIPB	Parc Industriel et Portuaire de Bécancour
PISE	Programme Indépendant de Surveillance Environnementale
PSE	Programme de Surveillance de l'Environnement
PSRE	Plan de Surveillance Radiologique de l'Environnement
RBQ	Régie du Bâtiment du Québec
SCR	Station de Contrôle Radiologique
UTa	Unité de Toxicité aiguë
UTc	Unité de Toxicité chronique
UTE	Usine de Traitement des Eaux

1 Introduction

Le rapport intitulé *Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2* (G2-RT-2017-00518-002) présente les données issues des deux programmes de surveillance environnementale appliqués au cours de l'année 2016 au site des installations de Gentilly-2. Ces résultats regroupent l'ensemble des valeurs d'analyses environnementales radiologiques et physico-chimiques. Le rapport présente également des constats relatifs à d'autres engagements réglementaires auxquels les installations de Gentilly-2 doivent toujours se conformer et ce, malgré la cessation définitive des activités de production d'énergie, survenue à la fin décembre de l'année 2012.

Conformément à l'actuelle version de son *Permis de déclassement d'un réacteur de puissance* (PDRP 10.00/2026), Hydro-Québec publie le présent rapport annuel selon les modalités 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*. Ce document d'application de la réglementation figure à l'actuel permis d'Hydro-Québec, en remplacement de l'ancienne norme d'application citée, soit la norme S-99 intitulée *Rapports à soumettre par les exploitants de centrales nucléaires*.

Suivant l'atteinte de l'état de stockage sûr (ÉSS) en piscine de l'installation nucléaire décrétée en décembre 2014, le *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* (PSRE) a été adapté en janvier 2015 (Hydro-Québec, janvier 2015). Cette adaptation découlait de la mise en retrait définitive de plusieurs systèmes nucléaires et de la modification du terme source statuant sur la nature, la quantité et la cinétique des rejets radioactifs d'une installation nucléaire en conditions normale ou accidentelle, réelle ou supposée.

Les principaux objectifs du PSRE sont :

- d'effectuer le contrôle radiologique du milieu ;
- de permettre l'évaluation de la dose de rayonnements à la population due à l'opération de systèmes ou au déclassement des installations de Gentilly-2 ;
- de maintenir les techniques analytiques et l'expertise afin de réagir adéquatement en situation d'incident nucléaire ;
- de démontrer aux organismes réglementaires que les impacts environnementaux sont connus, mesurés et demeurent en deçà des limites et des seuils fixés aux permis en vigueur.

Faisant également suite à l'atteinte de l'ÉSS en piscine en décembre 2014, le *Programme de surveillance de l'environnement* (PSE) a aussi été adapté une première fois au cours de l'année 2015 (Hydro-Québec, septembre 2015). Les changements à ce programme ont notamment été cautionnés par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), sous modification du certificat d'autorisation (CA) (3211-13-03 7610-17-01-00434-76). Par la suite, dans la foulée des autorisations visant la modification des installations de gestion des déchets radioactifs solides, le PSE a de nouveau été modifié en mai 2016, lors de la publication du décret 320-2016. Celui-ci concernait la modification du décret 536-2007 du 27 juin 2007 sur la délivrance d'un CA pour le projet de modification des installations de gestion des déchets radioactifs solides et la réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2. Il s'en est ensuivi la seconde modification du même CA (3211-13-003).

Les principaux objectifs visés par ce programme 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 que les impacts environnementaux liés à la qualité physico-chimique des rejets sont connus, mesurés et demeurent en deçà des critères ou de la réglementation applicables.

Les principales sections du présent rapport abordent, dans l'ordre, le suivi des effluents radiologiques gazeux et liquides (chapitre 2), le bilan des émissions atmosphériques et le suivi physico-chimique des effluents liquides (chapitre 3), la reddition de comptes liée à d'autres engagements réglementaires (chapitre 4), la consommation d'eau (chapitre 5), le bilan des matières dangereuses et autres matières résiduelles (chapitre 6), les déversements accidentels de contaminants (chapitre 7), les résultats des analyses effectuées sur une multitude de matrices environnementales (chapitre 8) de même que l'estimation de dose de rayonnements aux membres représentatifs de la population pour les installations de Gentilly-2 (chapitre 9). Enfin, suivent les modalités du programme d'intercomparaison du laboratoire de radioécologie d'Hydro-Québec à Trois-Rivières et les omissions aux programmes de l'année 2016 (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 2016.

2.1 Effluents gazeux

Même en ÉSS, l'installation nucléaire de Gentilly-2 demeure encore 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'électricité, une part de radioactivité sera encore présente dans les rejets gazeux à moyen terme, du moins jusqu'à ce que toute manœuvre impliquant des systèmes radioactifs soit complétée.

Dans cette section, les données associées aux effluents radiologiques sont notamment exprimées en fonction des limites de rejets autorisées par la CCSN. À partir de la limite légale de dose de rayonnements pouvant être reçue par les individus du groupe le plus exposé et d'un modèle de transfert environnemental, il est possible de calculer les limites de rejets radioactifs qui, s'ils étaient maintenus constants toute l'année, procureraient aux individus de ce groupe la dose maximale de rayonnements prescrite pour le public définie par la CCSN. Cette dose efficace maximale se chiffre à 1 mSv par année. Ces limites distinctes constituent les limites opérationnelles dérivées (LOD), valeurs qui figurent au permis de chacune des installations nucléaires canadiennes.

Les hypothèses de travail et les méthodes de calcul ayant servi à la détermination des LOD spécifiques actuellement en vigueur à l'installation nucléaire de Gentilly-2 ont toutes été déterminées en conformité à la norme de l'Association canadienne de normalisation (ACNOR) N288.1-08, *Guidelines for calculating derived release limits for radioactive material in airborne and liquid effluents for normal operation of nuclear facilities* (ACNOR, 2008).

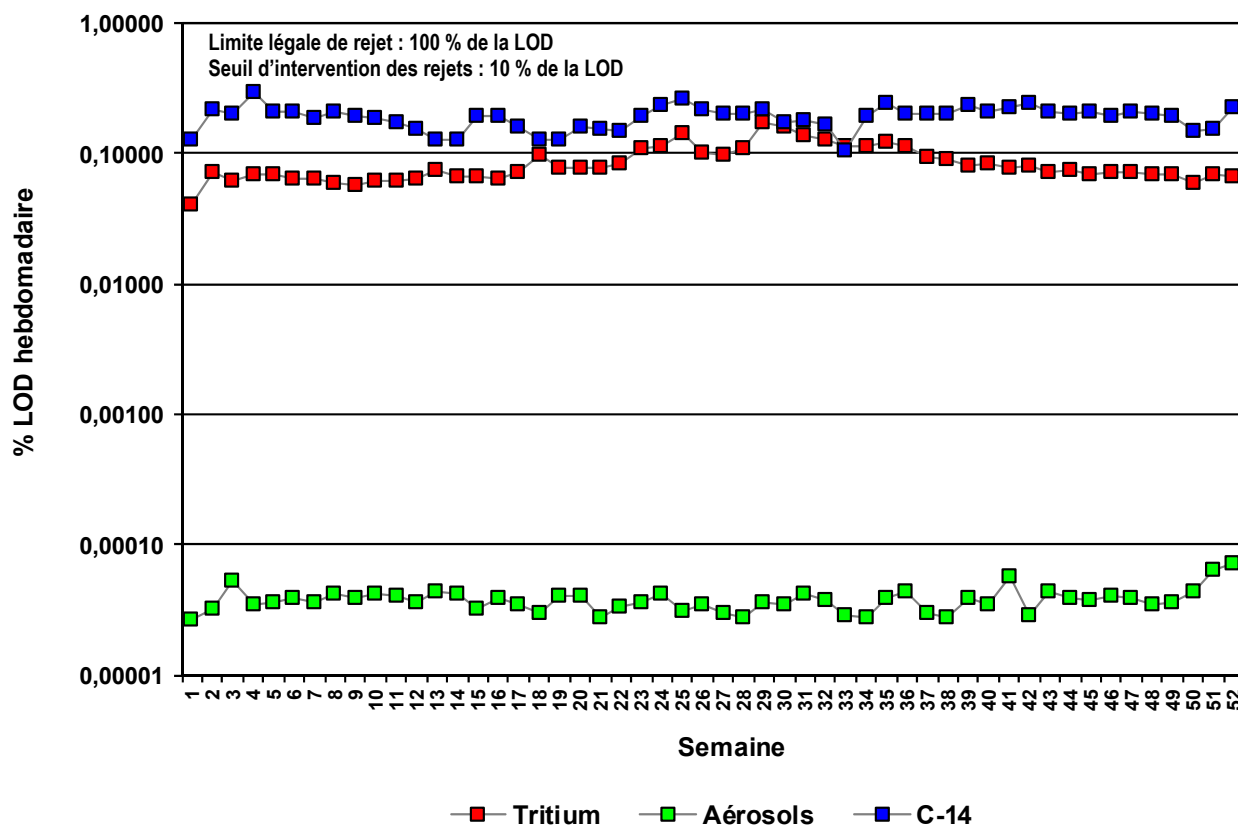
Suite à une interruption de l'exploitation d'un réacteur CANDU, les radionucléides les plus susceptibles d'être présents dans les émissions à la cheminée principale sont détaillés au tableau 2-1. Les LOD correspondantes, propres à l'installation nucléaire de Gentilly-2, y figurent également. Une longue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

Tableau 2-1 : Principales limites de rejets radioactifs gazeux à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2016

Classification	Limite de rejet aérien (Bq semaine ⁻¹)
Aérosols (⁶⁰ Co)	2,33E+10
³ H	1,65E+15
¹⁴ C	3,82E+12

La figure 2-1 présente les principaux radionucléides faisant l'objet d'une surveillance dans les rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016. Conformément aux modalités du document d'application de la réglementation concerné, ces rejets sont exprimés en pourcentage des LOD (% LOD) sur une base hebdomadaire.

Figure 2-1 : Rejets radioactifs gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base hebdomadaire pour l'année 2016



Au cours de l'année 2016, aucune variation significative n'a ponctué l'activité radiologique des principaux radionucléides encore présents aux effluents gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Des facteurs environnementaux, comme la pression atmosphérique ou le taux d'humidité ambiante, peuvent en partie expliquer les variations constatées. Ces variations sont également perçues à l'intérieur de certaines salles des bâtiments.

Durant toute l'année 2016, la totalité des valeurs hebdomadaires d'activité de tritium, de carbone-14 de même que celles liées aux aérosols, a été en deçà d'un ratio équivalent à 1 % LOD. Les systèmes en eau lourde (caloporteur et modérateur) étaient drainés alors que les quantités d'eau lourde étaient stockées sécuritairement.

Les tableaux 2-2 et 2-3 présentent, par semestre, les valeurs hebdomadaires d'activité pour les radionucléides ou indice de radioactivité d'intérêt aux rejets gazeux en 2016.

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 2016

Semaine	Tritium (Bq)	Aérosols (Bq)	Carbone-14 (Bq)
1	6,56E+11	6,14E+03	4,81E+09
2	1,20E+12	7,66E+03	8,17E+09
3	1,01E+12	1,21E+04	7,75E+09
4	1,12E+12	8,06E+03	1,12E+10
5	1,13E+12	8,43E+03	8,05E+09
6	1,07E+12	9,02E+03	7,87E+09
7	1,04E+12	8,51E+03	7,19E+09
8	9,86E+11	1,00E+04	7,97E+09
9	9,53E+11	9,16E+03	7,31E+09
10	1,00E+12	9,89E+03	7,21E+09
11	1,02E+12	9,47E+03	6,64E+09
12	1,04E+12	8,33E+03	5,98E+09
13	1,22E+12	1,01E+04	4,94E+09
14	1,08E+12	9,65E+03	4,88E+09
15	1,11E+12	7,55E+03	7,42E+09
16	1,07E+12	9,22E+03	7,26E+09
17	1,19E+12	8,09E+03	6,09E+09
18	1,60E+12	6,85E+03	4,87E+09
19	1,30E+12	9,42E+03	4,81E+09
20	1,28E+12	9,57E+03	6,15E+09
21	1,28E+12	6,38E+03	5,89E+09
22	1,41E+12	7,70E+03	5,75E+09
23	1,84E+12	8,42E+03	7,44E+09
24	1,86E+12	9,66E+03	8,81E+09
25	2,40E+12	7,11E+03	1,01E+10
26	1,69E+12	8,23E+03	8,31E+09

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 2016

Semaine	Tritium (Bq)	Aérosols (Bq)	Carbone-14 (Bq)
27	1,61E+12	6,94E+03	7,55E+09
28	1,83E+12	6,55E+03	7,60E+09
29	2,81E+12	8,55E+03	8,29E+09
30	2,63E+12	8,09E+03	6,71E+09
31	2,28E+12	9,71E+03	6,79E+09
32	2,11E+12	8,93E+03	6,33E+09
33	1,85E+12	6,60E+03	3,99E+09
34	1,86E+12	6,52E+03	7,43E+09
35	2,00E+12	9,27E+03	9,19E+09
36	1,87E+12	1,03E+04	7,56E+09
37	1,55E+12	7,08E+03	7,80E+09
38	1,49E+12	6,51E+03	7,65E+09
39	1,31E+12	9,23E+03	8,85E+09
40	1,38E+12	8,09E+03	7,99E+09
41	1,29E+12	1,35E+04	8,54E+09
42	1,32E+12	6,61E+03	9,44E+09
43	1,19E+12	1,01E+04	7,93E+09
44	1,22E+12	9,02E+03	7,78E+09
45	1,13E+12	8,83E+03	7,86E+09
46	1,19E+12	9,32E+03	7,40E+09
47	1,18E+12	9,01E+03	7,90E+09
48	1,13E+12	8,18E+03	7,73E+09
49	1,16E+12	8,37E+03	7,38E+09
50	9,73E+11	1,01E+04	5,77E+09
51	1,13E+12	1,52E+04	5,86E+09
52	1,09E+12	1,67E+04	8,49E+09

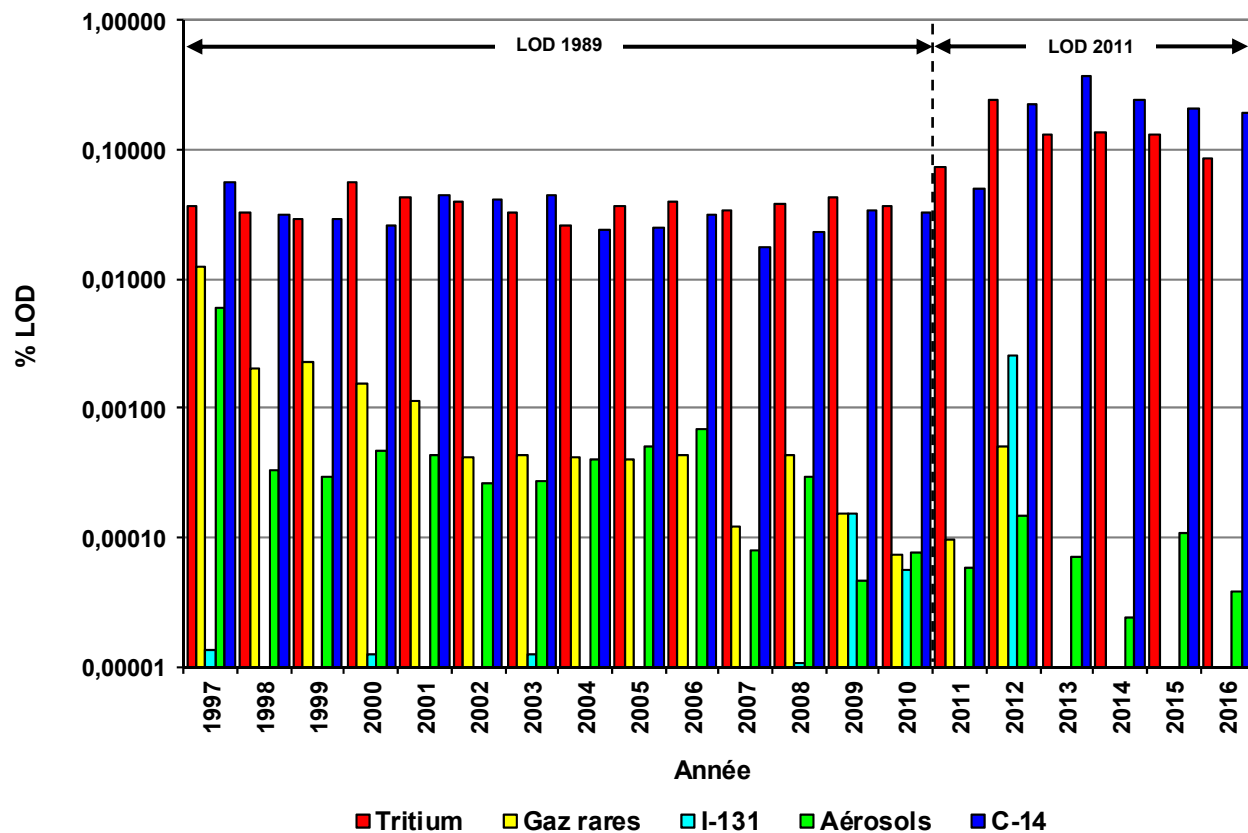
La figure 2-2 présente l'historique à long terme de l'activité radiologique annuelle issue des rejets gazeux à l'installation nucléaire de Gentilly-2. Considérant la poursuite des activités de mises en retrait de systèmes tout au long de 2016, il était attendu que le niveau d'émission de plusieurs radionucléides soit maintenu à un faible niveau, voire même encore en diminution. Lorsque les valeurs de radioactivité sont considérées, on constate effectivement que les émissions gazeuses ont été maintenues à un faible niveau en 2016. Par rapport à l'année 2015, le carbone-14 affiche encore une baisse, d'un peu plus de 7 %, alors que la diminution du tritium est quant à elle de près de 35 % pour la même période. L'activité radiologique annuelle liée aux aérosols est également en baisse, soit de l'ordre de 65 % comparativement à l'année précédente.

Il importe de rappeler que la figure 2-2 doit être interprétée en tenant compte du changement des valeurs de LOD modifiées en juin 2011 et qui, pour les émissions atmosphériques, sont toutes plus faibles qu'auparavant. Ces modifications expliquent, entre autres, les fortes hausses perçues à partir de l'année 2011, en comparaison des années précédentes. À émissions égales, le ratio atteint d'une LOD spécifique s'avère plus élevé depuis l'adoption des nouvelles valeurs limites de rejets. Ce changement laisse présumer une hausse lorsque l'analyse porte sur les rejets d'une longue période.

Malgré ces changements de valeurs des LOD pouvant biaiser une lecture rapide de la figure 2-2, Hydro-Québec conserve cette représentation graphique puisque seuls les ratios des LOD permettent de figurer l'activité de plusieurs radionucléides sur une seule et même base, soit le pourcentage des LOD.

Pour les rejets radioactifs gazeux, la sommation annuelle de l'activité radiologique en 2016 fut de $7,32\text{E}+13$ B pour le tritium, de $3,79\text{E}+11$ Bq pour le carbone-14 et de $4,62\text{E}+5$ Bq pour les aérosols radioactifs.

Figure 2-2 : Rejets radioactifs gazeux annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1997-2016



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

2.2 Effluents liquides

En 2016, les principaux effluents liquides des installations de Gentilly-2 étaient encore composés de l'eau brute d'alimentation (EBA), rejetée via les conduites d'évacuation de l'eau de circulation (EDC), de l'eau brute de refroidissement (EBR), de l'eau transitant aux étangs aérés d'épuration des eaux usées sanitaires ainsi que de l'eau des différents réseaux de drainage pluvial du site (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 détectée à moyen terme, bien que la production d'électricité ait définitivement cessé. Des variations d'activité radiologique des rejets liquides, survenues au cours de l'année 2016, sont attribuées à des manœuvres ou des activités préalables à la mise en dormance de l'installation.

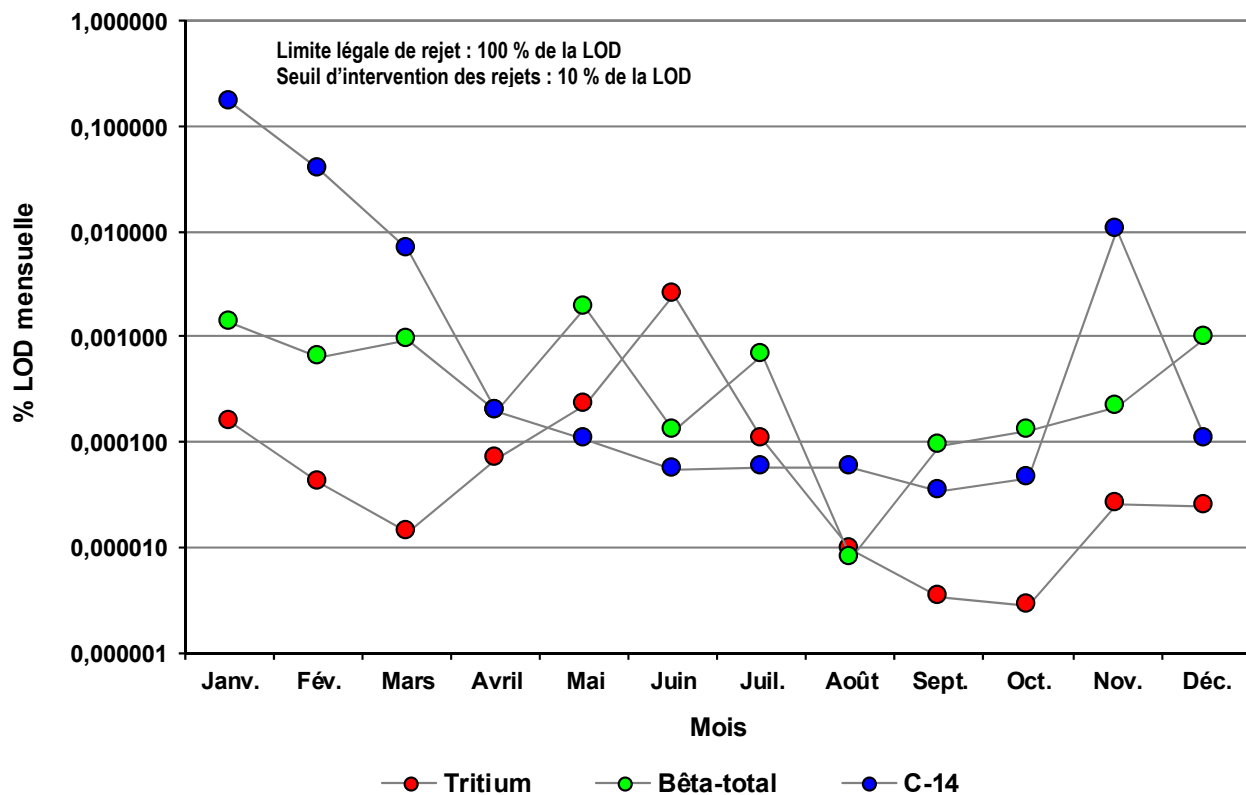
Les radionucléides les plus susceptibles d'être retrouvés dans les effluents liquides de l'installation nucléaire sont présentés au tableau 2-4, de même que les valeurs des LOD qui leur sont associées. Elles sont calculées de façon similaire aux LOD gazeuses et sont également conformes à la norme ACNOR N288.1-08. En 2016, les valeurs de LOD liquides, dites à débit réduit, ont été en vigueur toute l'année. Cette situation est conséquente de l'arrêt définitif des pompes EDC en octobre 2014.

Tableau 2-4 : Principales limites de rejets radioactifs liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2016

Classification	Limite de rejet liquide à débit réduit (Bq mois ⁻¹)
β total (¹³⁷ Cs)	1,86E+12
³ H	1,20E+18
¹⁴ C	2,55E+13
⁶⁰ Co	3,41E+14
⁹⁵ Zr	8,41E+15
⁹⁵ Nb	4,87E+14
¹²⁴ Sb	2,26E+15
¹²⁵ Sb	4,98E+15
¹³⁴ Cs	1,27E+12
¹³⁷ Cs	1,86E+12

La figure 2-3 montre les valeurs mensuelles d'activité des principaux radionucléides présents dans les rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016, toujours exprimées en pourcentage de LOD.

Figure 2-3 : Rejets radioactifs liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base mensuelle pour l'année 2016



En 2016, la radioactivité mesurée mensuellement aux rejets liquides a été ponctuée de deux principales variations, découlant respectivement d'une manœuvre de systèmes et d'une activité préparatoire à la période de dormance de l'installation nucléaire.

La première variation notable fut la diminution de concentration de carbone-14, aux mois de mars et d'avril 2016. Suite aux constats faits dans le cadre du rapport annuel de surveillance de l'environnement de l'année 2015, Hydro-Québec s'était engagée à porter une attention particulière aux émissions de carbone-14 aux effluents liquides. Les investigations qui ont été faites dans les premiers mois de l'année 2016 ont mené à l'identification d'une cause liée à un essai mensuel d'une pompe reliée au système de stockage des résines d'échange ionique des systèmes nucléaires. Suite à une analyse de la situation, cet essai a été suspendu, entraînant du coup la chute des concentrations de carbone-14 aux effluents radioactifs liquides de l'installation. Il est à noter que la hausse momentanée de carbone-14 du mois de novembre 2016 est quant à elle liée à un dernier transfert de charbon activé aux réservoirs de stockage de résines usées provenant du système d'épuration de l'eau lourde avant sa mise en retrait définitive.

La seconde variation identifiée est celle de la hausse des concentrations de tritium, qui a culminé au mois de juin 2016. Cette situation était appréhendée puisque des travaux soutenus de décontamination de matériaux absorbants ont été réalisés entre les 25 avril et 24 juin 2016. Ces travaux devraient par ailleurs être repris en 2017.

Pour le second semestre de l'année 2016, l'absence de travaux de décontamination et les conditions d'arrêt définitif des sècheurs d'air du bâtiment du réacteur, dont les condensats étaient ensuite conduits aux rejets radioactifs liquides, ont fait en sorte que les concentrations de tritium aux effluents radioactifs liquides ont été très faibles.

Le tableau 2-5 présente les valeurs mensuelles d'activité pour chacun des radionucléides ou indice de radioactivité d'intérêt aux effluents radioactifs liquides en 2016.

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 2016

Mois	Tritium (Bq)	Bêta-total (Bq)	Carbone-14 (Bq)
Janvier	1,90E+12	2,50E+07	4,21E+10
Février	5,01E+11	1,20E+07	9,71E+09
Mars	1,66E+11	1,69E+07	1,74E+09
Avril	8,45E+11	3,71E+06	5,09E+07
Mai	2,71E+12	3,44E+07	2,71E+07
Juin	3,01E+13	2,35E+06	1,39E+07
Juillet	1,25E+12	1,22E+07	1,43E+07
Août	1,11E+11	1,47E+05	1,48E+07
Septembre	4,00E+10	1,69E+06	8,52E+06
Octobre	3,30E+10	2,36E+06	1,17E+07
Novembre	3,07E+11	4,02E+06	2,67E+09
Décembre	2,96E+11	1,81E+07	2,71E+07

La figure 2-4 présente les valeurs annuelles de radioactivité aux rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 de 1997 à 2016. Il est utile de rappeler que cette période d'une vingtaine d'années a été marquée, à deux reprises, par le changement des valeurs de LOD liquides, soit en juin 2011 (application d'une nouvelle version de norme) et en octobre 2014 (modification permanente du débit au canal de rejet).

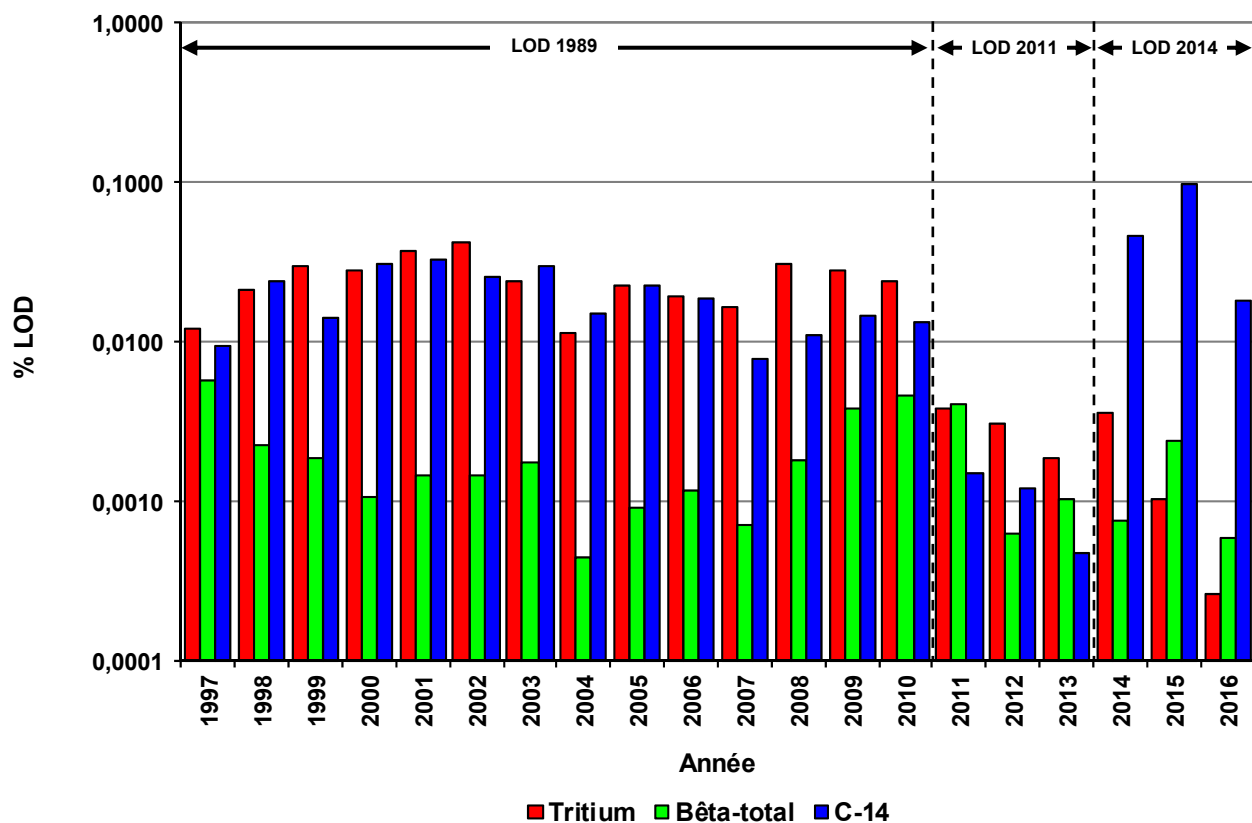
Bien que cette précision ait été précédemment apportée pour les valeurs annuelles de rejets aériens de la période 1997-2016, elle doit aussi l'être pour l'interprétation de la figure 2-4. Pour cette dernière, la baisse apparente du niveau de radioactivité des rejets liquides des années 2011, 2012 et 2013 est en partie attribuable à l'adoption de nouvelles valeurs de LOD, plus élevées que celles appliquées aux années précédentes.

À l'inverse, les hausses apparentes constatées aux années 2014, 2015 et 2016 sont en partie attribuables à une transition vers des valeurs de LOD liquides plus faibles que celles appliquées antérieurement, imposées par la réduction du débit au canal de rejet.

Nonobstant le paragraphe qui précède, l'année 2016 fut marquée par une baisse significative de l'activité annuelle des trois principaux radionucléides suivis aux effluents radioactifs liquides. D'une part, les valeurs annuelles d'activité de tritium et bêta-total ont chuté de près de 75 % alors que celle du carbone-14 a diminué de plus de 81 %. Toutes ces valeurs ont par ailleurs été inférieures à un dixième de pourcent de LOD annuelle.

Pour les rejets radioactifs liquides, la sommation annuelle de l'activité radiologique en 2016 fut de $3,83\text{E}+13$ Bq pour le tritium, de $5,64\text{E}+10$ Bq pour le carbone-14 et de $1,33\text{E}+8$ Bq pour l'activité bêta-total.

Figure 2-4 : Rejets radioactifs liquides annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1997-2016



Note : Modification des valeurs des LOD pour les émissions liquides en juin 2011 et en octobre 2014.

2.2.1 Réservoirs de récupération des eaux radioactives

L'ensemble des eaux potentiellement radioactives provenant des différents systèmes de l'installation nucléaire de Gentilly-2 est drainé dans cinq différents réservoirs de récupération des eaux radioactives, d'une capacité effective de 60 000 L chacun. Le contenu de ces réservoirs est préalablement analysé (paramètres radiologiques et physico-chimiques), neutralisé si nécessaire, puis acheminé au canal de rejet via la conduite d'évacuation de l'EBR. En 2016, un total de 232 réservoirs a été vidangé à l'installation nucléaire de Gentilly-2. C'est une diminution du nombre de réservoirs vidangés de l'ordre de 6 % par rapport à l'année 2015.

Outre les apports d'eau découlant d'activités réalisées à l'intérieur des différents bâtiments des installations de Gentilly-2, les eaux de certains puisards de l'aire de stockage des déchets radioactifs (ASDR) sont aussi acheminées à l'unité de traitement des eaux industrielles par le biais d'un réservoir mobile. Il en est de même pour l'eau provenant des modules de stockage à sec du combustible irradié, lorsque drainée en préparation des premiers échantillonnages d'air. Tous ces volumes d'eau sont gérés en fonction de critères de rejets prédéterminés, analysés et contrôlés au besoin, pour ensuite être vidangés dans un réservoir de récupération des eaux radioactives.

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 2016. Ces installations sont desservies par trois puisards pluviaux principaux drainant chacun une large superficie des terrains à l'intérieur du périmètre clôturé du site aussi bien que des stationnements de véhicules (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 2016

Puisard	Date	Tritium (Bq L ⁻¹)	Bêta-total (Bq L ⁻¹)	Carbone-14 (Bq L ⁻¹)
MCH-1	2016-04-05	393 ± 6	0,09 ± 0,02	< 0,2
	2016-08-02	237 ± 5	0,06 ± 0,01	< 0,2
	2016-10-31	246 ± 6	0,09 ± 0,02	< 0,2
MCH-2	2016-04-05	328 ± 6	0,17 ± 0,02	< 0,2
	2016-08-02	525 ± 8	0,19 ± 0,02	< 0,2
	2016-10-31	985 ± 10	0,13 ± 0,02	< 0,2
MCH-3	2016-04-05	423 ± 6	0,10 ± 0,02	< 0,2
	2016-08-02	256 ± 6	0,09 ± 0,02	< 0,2
	2016-10-31	352 ± 6	0,11 ± 0,02	< 0,2

L'analyse des trois séries de résultats de l'année 2016 ne révèle aucune concentration de radioactivité qui témoignerait d'une situation particulière survenue sur les terrains de Gentilly-2. Considérant l'emplacement des superficies qu'ils drainent et la proximité de la cheminée principale de l'installation nucléaire, les valeurs mesurées dans chacun des puisards sont celles attendues. Toutes les analyses bêta-total faites en 2016, aux trois puisards de Gentilly-2, sont bien en deçà du critère (1 Bq L^{-1}) commandant des analyses supplémentaires et une spectrométrie gamma. Les concentrations de tritium sont conséquentes d'une déposition des rejets atmosphériques à proximité de la cheminée principale. La valeur maximale pour les systèmes de drainage pluvial a été mesurée au mois d'octobre au puisard MCH-2. Ce réseau dessert des superficies situées très près de la cheminée principale.

2.2.3 Eaux usées sanitaires

Considérant l'emplacement de certains cabinets de toilettes et salles de douche en zones contrôlées, des analyses radiologiques sont également menées pour les eaux usées sanitaires aux étangs aérés de Gentilly-2.

En 2016, la concentration maximale de tritium mesurée dans les eaux usées sanitaires fut de 45 Bq L^{-1} . Aussi, la concentration de carbone-14 a toujours été inférieure à la limite de détection (LD) des appareils de laboratoire.

3 Bilan des émissions atmosphériques et résultats du suivi des effluents liquides – volet physico-chimique

Le chapitre 3 dresse un bilan des principaux contaminants atmosphériques émis par les activités aux 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 la combustion des moteurs et la perte de gaz réfrigérants (halocarbures).

3.1.1 Gaz à effet de serre émis par la combustion des moteurs

Le tableau 3-1 présente la consommation de produits pétroliers de 2013 à 2016. Ces produits pétroliers sont utilisés dans le cadre de la poursuite de l'exploitation de quelques systèmes, de l'entretien et de la surveillance des installations de Gentilly-2. Les données concernant la consommation de produits pétroliers proviennent du magasin de l'installation qui gère toutes les entrées et sorties de matériel.

Tableau 3-1 : Quantité de produits pétroliers consommés aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2016

Type de produit pétrolier	Quantité consommée par année (litres)			
	2013	2014	2015	2016
Gaz de pétrole liquéfié (propane) (utilisé par les chariots élévateurs d'Hydro-Québec)	572	2 243	1 690	728
Essence (utilisée par les véhicules légers d'Hydro-Québec)	12 596	21 855	21 521	22 080
Diésel clair (utilisé par les véhicules lourds d'Hydro-Québec)	16 307	6 349	4 728	4 107
Diésel coloré (utilisé par les moteurs stationnaires d'Hydro-Québec)	122 694	34 118	2 114	1 500
Mazout (utilisé par une chaudière temporaire)	995 634	352 552	0	0

Les variations annuelles de consommation d'essence et de diésel clair par les différents véhicules d'Hydro-Québec s'expliquent généralement par la nature et le nombre 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 les génératrices dédiées à l'alimentation électrique d'urgence ainsi que les pompes d'urgence du système d'eau d'incendie. Ces essais constituent des activités engagées au permis de déclasserement délivré par la CCSN.

Le tableau 3-2 présente les émissions de produits de combustion spécifiquement calculées selon le type de moteur et de combustible. Les variations d'émissions par rapport à l'année 2015 ont été incluses dans le tableau. Le ralentissement des activités aux installations de Gentilly-2 et l'abandon du système d'eau recirculée expliquent les diminutions d'émissions de produits de combustion.

Tableau 3-2 : Émissions totales de produits de combustion aux installations de Gentilly-2 pour la période 2013-2016

Contaminant	Émission atmosphérique (tonne)				Variation 2016/2015
	2013	2014	2015	2016	
NO _x	86,67	30,58	2,47	0,34	- 86 %
CO	20,64	9,46	3,27	2,87	- 12 %
SO _x	0,21	0,08	0,02	0,002	- 91 %
Particules totales	5,53	1,95	0,08	0,013	- 84 %
CO ₂	3 110,44	1 120,80	71,66	66,71	- 7 %
COV	6,36	2,37	0,26	0,17	- 35 %
CH ₄	0,035	0,017	0,006	0,004	- 34 %
N ₂ O	0,044	0,027	0,015	0,001	- 94 %
éq. CO ₂	3 124,94	1 129,52	76,35	67,07	- 12 %

3.1.2 Gaz réfrigérants

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

En 2016, aucun CFC ni HCFC n'a été perdu dans l'atmosphère.

3.2 Effluents liquides

Comme décrit à la 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) ;
- la conduite d'évacuation de l'EBR ;
- les étangs aérés pour l'épuration des eaux usées sanitaires ;
- le réseau de drainage pluvial.

Ces quatre réseaux terminent leur course au canal de rejet de Gentilly-2.

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 (Hydro-Québec, février 2016) qui a initialement été élaboré par le MDDELCC et Hydro-Québec lors de l'émission du décret 536-2007 du 27 juin 2007. Ce décret concernait la délivrance d'un CA pour le projet de modification des installations de stockage des déchets radioactifs des installations de Gentilly-2. Ce CA a de nouveau été modifié en mai 2016, dans le cadre de la révision du décret portant sur le projet de modification des installations des déchets radioactifs solides.

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

3.2.1 Eau brute de refroidissement

L'EBR est un système de refroidissement à passe unique qui pompe l'eau brute du fleuve à un débit moyen d'environ 150 000 m³ jour⁻¹ en fonctionnement continu. Depuis le mois d'octobre 2014, le système EBR sert à favoriser la circulation d'eau dans le canal de rejet puisque la ligne de rejet des réservoirs de récupération des eaux radioactives a été déplacée dans cette canalisation. La ligne d'échantillonnage qui se trouvait auparavant dans la canalisation de l'EDC a également été déplacée dans celle de l'EBR pour permettre le suivi des paramètres des programmes de surveillance environnementale.

3.2.1.1 Effluent final de l'EBR

Les valeurs moyennes, maximales et minimales du pH et celles des résultats des essais de toxicité aiguë et chronique de l'eau de l'effluent final de l'EBR en 2016 sont présentées au tableau 3-3.

Tableau 3-3 : Sommaire des résultats des mesures de pH et des essais de toxicité dans l'eau de l'effluent de l'EBR en 2016

Paramètre	Norme	Résultat		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,5 à 9,5	7,87	8,25	6,83
Toxicité aiguë (UTa)	≤ 1	< 1	< 1	< 1
Toxicité chronique (UTc)	≤ 1	< 1	< 1	< 1

Les résultats des essais de toxicité aiguë et chronique, réalisés par un laboratoire externe accrédité, de même que les valeurs mesurées de pH indiquent que les critères du PSE sont satisfaits.

3.2.1.2 Réservoir de récupération des eaux radioactives

Le système de gestion des déchets liquides radioactifs reçoit toutes les eaux potentiellement radiologiques des systèmes radioactifs de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Lorsqu'un réservoir doit être vidangé, des analyses chimiques et radiologiques sont effectuées afin de déterminer l'acceptabilité du rejet. Si toutes les normes chimiques et radiologiques sont respectées, le contenu du réservoir est pompé dans la conduite d'évacuation de l'EBR.

Advenant le dépassement d'un critère, Hydro-Québec s'assure que les eaux destinées au rejet soient d'abord neutralisées ou traitées conformément au manuel d'exploitation. 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 avant qu'un rejet soit autorisé. Le tableau 3-4 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées aux réservoirs de récupération des eaux radioactives avant neutralisation ou traitement.

Tableau 3-4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des réservoirs de récupération des eaux radioactives de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016

Paramètre	Norme	Résultat		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
HP C ₁₀ -C ₅₀ ^a (mg L ⁻¹)	≤ 5	0,5	4,2	0,1
Hydrazine (mg L ⁻¹)	≤ 0,04 (cible)	< 0,005	< 0,005	< 0,005
pH	5,5 à 9,5	8,0	10,5	6,2

^a Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀.

En juillet 2016, Hydro-Québec confirmait au MDDELCC que les dernières quantités d'hydrazine avaient été évacuées du site de Gentilly-2, les contenants ayant tous été acheminés au Centre de récupération des matières dangereuses (CRMD) d'Hydro-Québec à Saint-Hyacinthe pour une élimination conforme. Les analyses d'hydrazine des réservoirs de récupération des eaux radioactives ne sont donc plus requises depuis septembre 2016.

3.2.2 Eaux usées sanitaires

Les eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2, dont le débit moyen a été de 58 m³ jour⁻¹ en 2016, 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 cellule non aérée permettant la sédimentation des matières en suspension (MES). Les trois cellules sont séparées physiquement par deux membranes semi-perméables et le temps de résidence de l'eau est d'environ 25 jours. Finalement, l'eau est évacuée dans le canal de rejet par le biais d'un émissaire. Les résultats du suivi environnemental sont illustrés au tableau 3-5.

Tableau 3-5 : Résultats d'analyses de l'eau de l'effluent du système de traitement des eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

Paramètre	Norme ou cible	Concentration		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	≤ 30	4	8	< 2
Coliformes fécaux (c.f. 10 ml ⁻¹)	≤ 20 000	217	590	10
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ (mg L ⁻¹)	Absence de film visible à la surface	0,12	0,28	< 0,10
Oxygène dissous (mg L ⁻¹)	≥ 2 (cible)	7,7	13,4	1,8

Tous les paramètres mesurés lors des inspections mensuelles ont satisfait les normes. Cependant, une concentration d'oxygène dissous a été inférieure à la cible de 2,0 mg L⁻¹ en août (1,8 mg L⁻¹). Pour remédier à la situation, un aérateur supplémentaire a été mis en fonction. La valeur mensuelle suivante fut de 4,4 mg L⁻¹.

En 2016, les lentilles aquatiques à la surface de l'eau ont été récupérées pendant la semaine du 10 octobre, afin d'éviter que des phosphates soient relâchés durant la période hivernale. Par ailleurs, la végétation présente en berges de l'étang aéré a été maîtrisée mécaniquement en septembre 2016.

3.2.3 Eaux de surface – drainage pluvial

Le système de drainage des eaux pluviales est composé de trois branches qui collectent les eaux de surface et celle qui s'accumule sur les toits à l'intérieur de la digue de protection contre les inondations. Ces eaux sont dirigées vers trois postes de pompage (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, soit dans le canal de rejet. En 2016, trois séries d'analyses ont été effectuées à chacun des postes. Les moyennes sont présentées au tableau 3-6.

Tableau 3-6 : Résultats d'analyses des systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

Réseau	Moyenne (mg L ⁻¹)					
	Chlorures	Chrome	Plomb	Fer	HP C ₁₀ -C ₅₀ ^a	MES
MCH-1	246	< 0,020	0,002	0,90	0,1	11
MCH-2	459	< 0,020	0,001	0,20	< 0,1	< 2
MCH-3	385	< 0,020	0,004	1,45	0,1	5,3

^a Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀.

Parmi les paramètres analysés, seuls les hydrocarbures pétroliers (HP) sont normés, leur concentration devant être inférieure à 2 mg L⁻¹. Les résultats indiquent que cette norme a été respectée en 2016.

4 Autres suivis d'engagements

Dans le cadre du PSE (Hydro-Québec, février 2016) ou de certaines circonstances exceptionnelles, d'autres engagements doivent faire l'objet de suivis. Cette section en présente les 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. Des huiles minérales isolantes sont utilisées dans ces trois transformateurs sous lesquels un système de récupération d'huile, composé d'un séparateur eau-huile et d'un bassin de récupération d'huile, est installé. L'eau qui sort du séparateur eau-huile est 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 le gérer conformément aux encadrements internes de gestion des matières dangereuses résiduelles, en respectant la réglementation applicable.

Le PSE mis en application au quatrième trimestre de 2015 prévoyait qu'en 2016 le réservoir de récupération et le séparateur d'huile seraient inspectés et que l'épaisseur de la couche d'huile serait mesurée. Dans la foulée des changements apportés par le déclassement des installations, la responsabilité du suivi et de l'entretien du séparateur eau-huile a été partagée avec une autre division de l'entreprise (TransÉnergie). Dans l'intervalle, cette division d'Hydro-Québec a modifié la fréquence des inspections complètes des séparateurs dont elle avait la charge, incluant la mesure de la couche d'huile, la faisant passer de un an à trois ans. Cette modification de fréquence faisait suite à une analyse de risques de ces systèmes et s'appliquait à tous les équipements du même type au Québec.

Bien qu'aucune mesure de la couche d'huile n'ait été prise au cours de l'année 2016, une inspection visuelle du système de récupération d'huile des installations de Gentilly-2 a tout de même été effectuée afin de relever de potentielles anomalies. Aucune anomalie n'a été observée et l'inspection des transformateurs n'a révélé aucune fuite d'huile. Aucun ajout d'huile n'a non plus été effectué dans les trois transformateurs.

Par ailleurs, pour corriger l'écart entre les exigences du PSE et la modification des fréquences des inspections des séparateurs, Hydro-Québec a ajusté, exclusivement pour le système de récupération des trois transformateurs de Gentilly-2, sa procédure d'inspection du système de gestion de la maintenance. Celle-ci exige dorénavant une inspection annuelle avec mesure de la couche d'huile.

4.2 Suivi du lieu d'élimination de neige

Hydro-Québec a reçu en 2008 un CA l'autorisant à exploiter un lieu d'élimination de neige au site des installations de Gentilly-2. La neige usée était transportée dans le bassin de rétention situé dans le périmètre de la digue de protection contre les inondations (carte A-3 de l'annexe A), au sud de l'IGDRS. Au printemps, l'eau de fonte s'écoule en surface et se draine par le puisard de la vanne guillotine 1520-V1 (carte A-3 de l'annexe A), avant de cheminer vers le fleuve Saint-Laurent. Afin de respecter les exigences du CA, un suivi des eaux de surface et souterraines est effectué au printemps, lors de la fonte de la neige, de même qu'en juillet et octobre.

En 2016, quatre séries de prélèvements ont été effectuées pendant la période de fonte de la neige, soit entre le 29 mars et le 19 avril inclusivement. Les analyses de juillet et d'octobre ont aussi été réalisées conformément au PSE. Les résultats du suivi des paramètres radiologiques mesurés dans les eaux souterraines et de surface du lieu d'élimination de neige sont quant à eux présentés au chapitre 8 du présent rapport.

Il est à noter que le lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 n'a pas été utilisé lors de la période hivernale 2015-2016. Depuis l'interruption de plusieurs activités au site, la neige de certains endroits est poussée plutôt que récupérée. De ce fait, Hydro-Québec a informé le MDDELCC en juillet 2016 de sa décision de ne plus utiliser le lieu d'élimination de neige qui avait été autorisé par le CA. Les obligations de suivi pour l'année 2016 ont été intégralement respectées. Les prélèvements et les analyses liés au lieu d'élimination de neige ne seront dorénavant plus réalisés.

4.2.1 Eaux souterraines

En période de fonte de la neige, de même qu'en juillet et octobre de chaque année, les eaux souterraines au pourtour du lieu d'élimination de neige sont échantillonnées aux piézomètres suivants (carte A-3 de l'annexe A) :

- P-1 (situé au nord du lieu d'élimination de neige) ;
- P-35, P-37 et P-39 (situés au sud du lieu d'élimination de neige).

Des échantillons prélevés à l'horizon C de chacun de ces piézomètres sont analysés (figure A-1 de l'annexe A). Tel que précisé dans le CA, les paramètres analysés sont ceux énoncés dans le *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* (MDDELCC, 2017a). Le tableau 4-1 présente un sommaire des résultats des analyses réalisées en 2016.

Tableau 4-1 : Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines (horizon C) échantillonnées au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 en 2016

Paramètre	Critère	Concentration	
		Valeur moyenne	Valeur maximale
Chlorures (mg L ⁻¹)	≤ 860	7,5	17,2
Cyanure (mg L ⁻¹)	Aucun	< 0,006	< 0,006
Cadmium (mg L ⁻¹)	≤ 0,0043 ^a	< 0,0005	< 0,0005
Chrome (mg L ⁻¹)	Aucun	0,001	0,002
Cuivre (mg L ⁻¹)	≤ 0,027 ^a	0,005	0,005
Fer (mg L ⁻¹)	Aucun	7,3	71,0
Plomb (mg L ⁻¹)	≤ 0,20 ^a	< 0,001	< 0,001
Zinc (mg L ⁻¹)	≤ 0,22 ^a	0,008	0,010
^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 résultats obtenus en 2016 révèlent que la qualité physico-chimique des eaux souterraines au pourtour du lieu d'élimination de neige satisfait les critères de qualité prescrits par le MDDELCC.

4.2.2 Eaux de surface

Les eaux de surface sont échantillonnées à la chambre de contrôle de la vanne guillotine (1520-V1) située à l'ouest du lieu d'élimination de neige (carte A-3 de l'annexe A). Tel que précisé dans le CA, les paramètres chimiques à analyser sont ceux énoncés dans le *Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige et mise en œuvre du Règlement sur les lieux d'élimination de neige* (MDDELCC, 2017b). Le tableau 4-2 présente les résultats des analyses réalisées en 2016.

Tableau 4-2 : Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de surface échantillonnées au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 en 2016

Paramètre	Critère ^a	Concentration	
		Valeur moyenne	Valeur maximale
Huiles et graisses totales (mg L ⁻¹)	≤ 5	3	5
MES (mg L ⁻¹)	≤ 30	3,0	5,0
Chlorures (mg L ⁻¹)	≤ 430	60,8	116
^a Critère de qualité des eaux de fonte à respecter avant leur rejet dans l'environnement			

Les résultats obtenus en 2016 révèlent que la qualité physico-chimique des eaux de surface au pourtour du lieu d'élimination de neige satisfait les critères de qualité prescrits par le MDDELCC.

4.3 Suivi des eaux souterraines autour des aires de stockage des déchets radioactifs

La qualité physico-chimique des eaux de la nappe phréatique est également surveillée à proximité de l'installation de déchets radioactifs. Les résultats de ce suivi sont présentés au tableau 4-3. Tout comme pour le lieu d'élimination de neige, les résultats de la surveillance radiologique des eaux souterraines à l'installation de déchets radioactifs sont 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). Ces piézomètres couvrent les eaux souterraines des secteurs suivants :

- nord de l'ancienne usine de traitement des eaux (UTE) (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 4-3 : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines prélevées au pourtour de l'installation de déchets radioactifs de Gentilly-2 pour l'année 2016

Paramètre	Critère	Moyenne des mesures ou concentrations		
		Horizon A	Horizon B	Horizon C
pH	5,5 à 9,5	8,43	8,07	7,41
Chlorures (mg L ⁻¹)	≤ 860	1 663	36,8	15,1
Conductivité (μS cm ⁻¹)	Aucun	6 653	1 247	721
Sulfates (mg L ⁻¹)	Aucun	183	120	116
Cadmium (mg L ⁻¹)	≤ 0,0043 ^a	0,0011	0,0006	0,0005
Chrome (mg L ⁻¹)	Aucun	0,001	< 0,001	< 0,001
Cuivre (mg L ⁻¹)	≤ 0,027 ^a	0,017	0,005	0,005
Fer (mg L ⁻¹)	Aucun	0,09	0,07	0,22
Plomb (mg L ⁻¹)	≤ 0,20 ^a	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinc (mg L ⁻¹)	≤ 0,22 ^a	0,011	0,009	0,007
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ (mg L ⁻¹)	≤ 3,5	0,1	0,1	0,1
^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.				

L'échantillonnage se fait de façon semestrielle, 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* (MDDEP, 2011). Les critères de qualité sont ceux énoncés dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (MDDELCC, 2017c).

Tel qu'observé au cours des suivis antérieurs, des teneurs élevées en chlorures et en cuivre ont été mesurées en 2016, notamment dans les échantillons provenant du

piézomètre P-22. Comme en 2015, c'est d'ailleurs à ce piézomètre que toutes les concentrations maximales ont été mesurées en 2016. Les valeurs maximales unitaires des chlorures et du cuivre, respectivement de 6 350 mg L⁻¹ et de 0,151 mg L⁻¹, ont été mesurées à l'horizon A du piézomètre P-22.

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 4-4).

Tableau 4-4 : Mesures des niveaux piézométriques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

Date de la prise de mesures	Moyenne des niveaux (m)		
	Horizon A	Horizon B	Horizon C
2016-03-21	3,89	3,04	2,58
2016-09-27	4,29	3,61	3,61
Variation moyenne	0,40	0,57	1,03

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. La variation moyenne entre basse et haute piézométries offre cependant une appréciation du marnage des trois horizons.

4.4 Matières dangereuses utilisées au travail

Le tableau 4-5 présente un sommaire de la consommation de produits chimiques dans le cadre des activités toujours maintenues aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016. Le portrait de l'année 2016 témoigne de façon évidente du ralentissement significatif des activités d'opération de systèmes.

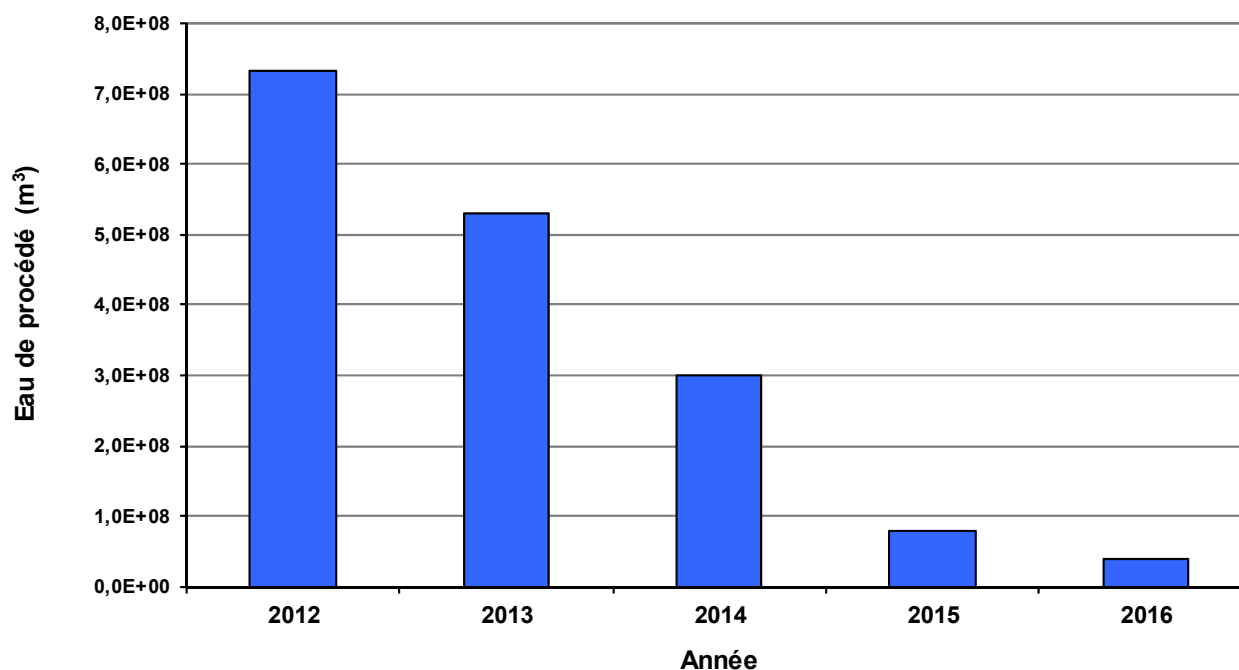
Tableau 4-5 : Consommation de produits chimiques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

Substance	État	Concentration (%)	Unité	Consommation
Acide et base				
Acide sulfurique	Liquide	96	kg	0
Alun	Liquide	50	kg	0
Morpholine	Liquide	80	L	0
Hydroxyde de sodium	Liquide	50	kg	0
Bicarbonate de sodium	Solide	s. o.	kg	0
Matière oxydante				
Peroxyde	Liquide	35	kg	0
Chlore	Liquide	100	kg	0
Matière réductrice				
Hydrazine	Liquide	35	L	0
Gaz				
Azote	Gazeux	100	m ³	708
Hélium	Gazeux	100	m ³	0
Hydrogène	Gazeux	100	m ³	0
Bioxyde de carbone	Gazeux	100	kg	0
Produit pétrolier				
Huiles	Liquide	s. o.	L	1 154
Autre				
Résines ioniques	Solide	s. o.	m ³	0
s. o. : Sans objet.				

5 Consommation d'eau

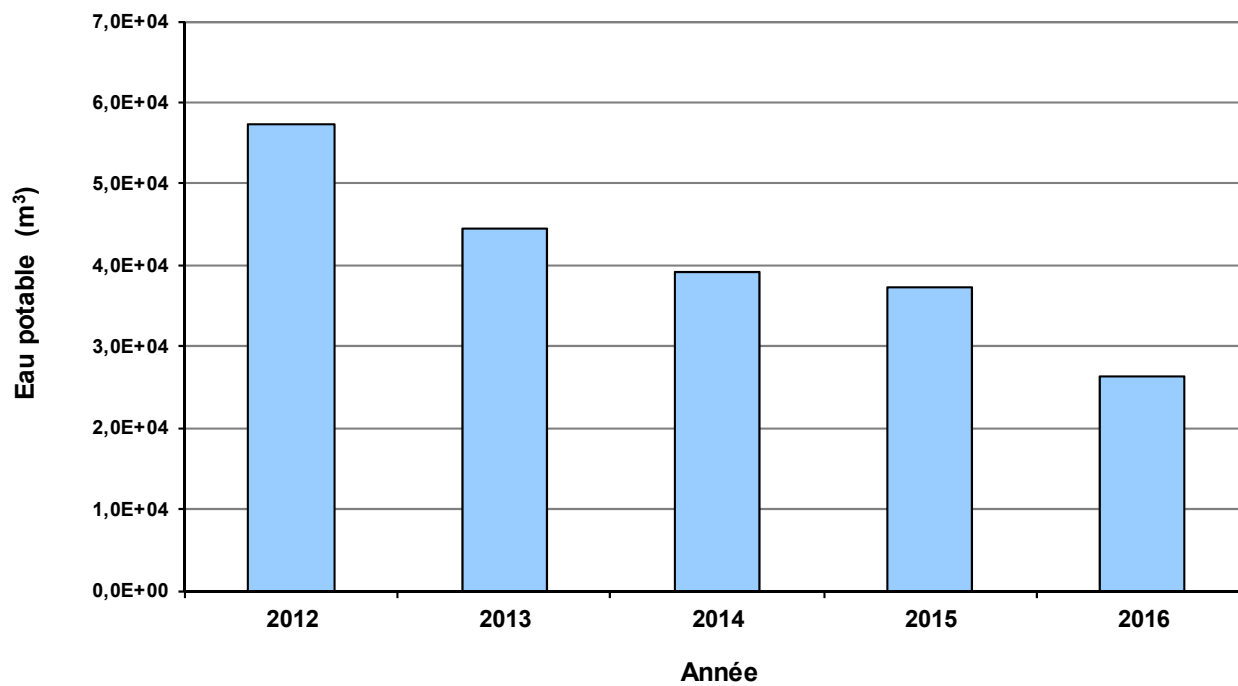
En 2016, la consommation d'eau de procédé (figure 5-1) a diminué de plus de 50 % comparativement à l'année précédente. Par ailleurs, lorsque comparée à la dernière année de production de l'installation nucléaire (2012), cette diminution est plutôt de l'ordre de 95 %. Toujours en 2016, l'essentiel de la consommation d'eau de procédé était lié au fonctionnement d'une pompe EBR maintenant utilisée pour la seule fonction de dispersion d'effluents liquides radioactifs.

Figure 5-1 : Consommation d'eau de procédé aux installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016



La consommation d'eau potable de l'année 2016 a elle aussi encore diminué en comparaison de l'année précédente, de près de 30 % (figure 5-2). Cette diminution graduelle témoigne notamment du niveau de fréquentation des installations de Gentilly-2, en baisse depuis la cessation des activités de production d'énergie en 2012.

Figure 5-2 : Consommation d'eau potable aux installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016



6 Matières dangereuses et autres matières résiduelles

6.1 Matières dangereuses résiduelles

En 2016, environ 21 000 kilogrammes et 3 000 litres de matières dangereuses résiduelles (MDR) non contaminées radiologiquement ont été produits dans le cadre des activités d'opération de systèmes et de déclassement des installations de Gentilly-2 (tableau 6-1). La majorité des MDR ont été transférées au CRMD d'Hydro-Québec à Saint-Hyacinthe. Les autres MDR ont été transférées vers différents lieux de récupération autorisés.

Tableau 6-1 : Quantité de matières dangereuses résiduelles générées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

Matière dangereuse résiduelle	Quantité expédiée au CRMD de Saint-Hyacinthe
Acide (kg)	300
Accumulateurs (kg)	5 588
Aérosols (kg)	45
Eau contaminée (kg)	2 177
Eau huileuse (L)	999
Filtres usés (kg)	275
Glycol (antigel) (kg)	4 187
Huiles usées (L)	2 014
Lampes à vapeur de mercure (kg)	34
Liquide dangereux corrosif NSA (kg)	415
Liquide dangereux inflammable NSA (kg)	860
Liquide dangereux toxique NSA (kg)	297
Matériaux absorbants ou poreux (kg)	626
Mélange pour précipitomètre (kg)	123
Peinture alkyde et diluant (kg)	59
Piles sèches (kg)	399
Sable de décapage (kg)	112
Solides dangereux comburant NSA (kg)	202
Solides dangereux contaminés par un liquide corrosif NSA (kg)	1 005
Solides dangereux contaminés par un liquide toxique NSA (kg)	1 441
Solides dangereux contaminés par un liquide inflammable NSA (kg)	16
Solide toxique N.S.A. (kg)	2 385
Tubes fluorescents intacts (kg)	772

En 2016, environ 8 tonnes de résines échangeuses d'ions neuves périmées ont également été valorisées auprès d'une autre entreprise.

6.2 Biomasse et autres matières résiduelles

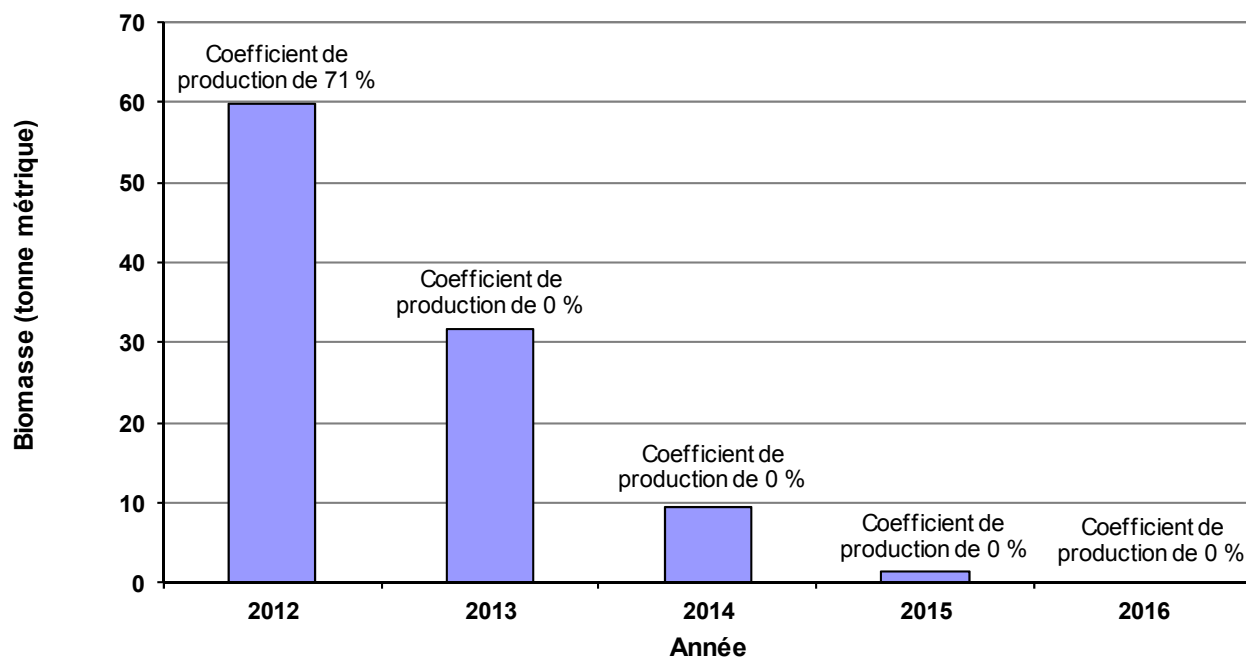
En 2016, 300 tonnes de matières résiduelles (MR) ont également été produites. De cette quantité, 35 tonnes ont été récupérées ou recyclées alors que 265 tonnes ont été éliminées, principalement des matériaux de construction (tableau 6-2).

Tableau 6-2 : Quantité de matières résiduelles recyclées ou éliminées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

Matières résiduelles	Recyclage (t)	Élimination (t)
Papier, carton, plastique, verre et métal	5,83	s.o.
Métaux	29,1	s.o.
Cartouche d'encre	0,45	s.o.
Déchets domestiques	s.o.	7,58
Biomasse de la station de pompage	s.o.	0
Matériaux de construction	s.o.	257,6
s.o. : Sans objet.		

Il n'y a eu aucune élimination de biomasse (bois, végétaux, algues, poissons, débris, etc.) provenant de la station de pompage puisqu'il n'y a pas eu de levée de conteneur en 2016. Dans l'éventualité où de la biomasse serait encore récupérée à la station de pompage, elle serait acheminée vers un site autorisé. La quantité de biomasse captée annuellement depuis 2012 est illustrée à la figure 6-1. Considérant que l'installation nucléaire de Gentilly-2 est en déclassement et que les pompes EDC sont en arrêt depuis octobre 2014, il est normal d'observer l'absence de biomasse captée à la station de pompage.

Figure 6-1 : Biomasse captée à la station de pompage des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016



7 Déversements accidentels de contaminants dans l'environnement

En 2016, trois déversements accidentels atteignant l'environnement sont survenus sur le site des installations de Gentilly-2, comparativement à quatre en 2015. Le tableau 7-1 fait état de la nature et de la quantité des produits déversés, ainsi que des causes des déversements.

Tableau 7-1 : Quantité de produits liquides déversés accidentellement dans l'environnement aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

Produit	Quantité (L)	Cause
Huile hydraulique	30	Bris d'équipement
Huile hydraulique	5	Bris d'équipement
Essence	1	Action humaine involontaire

La totalité des produits déversés lors des trois déversements accidentels a été récupérée et disposée conformément à la réglementation. Les eaux et sols contaminés lors des déversements ont été complètement récupérés. Il n'y a pas eu d'impact sur l'environnement.

8 Surveillance radiologique du milieu environnant

La surveillance radiologique du milieu environnant des installations de Gentilly-2 était encore assurée, tout au long de l'année 2016, par l'entremise d'un plan de surveillance radiologique de l'environnement (PSRE; Hydro-Québec, janvier 2015). L'atteinte de l'état de stockage sûr (ÉSS) en piscine de l'installation nucléaire a par ailleurs permis certaines adaptations du PSRE. C'est ce qui explique notamment l'absence de données ou l'apparition de nouveaux points d'échantillonnage à certaines figures du chapitre 8. Pour les mêmes raisons, on trouve des séries pour lesquelles les points ne sont pas tous identiques pour des figures récapitulant les cinq dernières années.

Un résumé des mesures faites dans le cadre de la surveillance radiologique de l'environnement des installations de Gentilly-2 est présenté au tableau B-2 de l'annexe B.

Ce plan de surveillance adapté encadre toujours des analyses radiologiques pour une pléiade de matrices environnementales, dont l'air, l'eau, les précipitations, les sols, les sédiments, les plantes, les poissons et les mollusques ainsi que différents produits humainement comestibles. Rappelons également qu'en 2015, une nouvelle station de contrôle radiologique (SCR) de référence a été aménagée au cœur de la ville de Trois-Rivières, à un peu plus de 16 km au nord-ouest des installations de Gentilly-2. Même si cette station est située à plus faible distance des installations que la SCR de référence antérieure, laquelle était située à Drummondville, cette nouvelle station de référence est réputée être représentative du bruit de fond dans l'environnement.

Le chapitre 8 présente les résultats d'analyses radiologiques obtenus pour toutes les matrices environnementales échantillonnées. L'emplacement des différents ouvrages de mesure et points d'échantillonnage pour la surveillance radiologique est présenté aux cartes A-1 et A-3 à A-7 de l'annexe A. Toutes les modalités d'échantillonnage et d'analyses sont quant à elles 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, qu'elle soit issue de sources naturelles ou anthropiques. 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 la croûte terrestre. En haute atmosphère, des radionucléides sont aussi produits à la suite d'interactions entre les rayons cosmiques et les atomes s'y trouvant. C'est notamment le cas du carbone-14, du tritium et du béryllium-7. Sur terre, les radioisotopes les plus

fréquents dans les roches sont l'uranium-238, le thorium-232 et le potassium-40, ce dernier étant probablement le plus connu de tous puisqu'il se retrouve également dans de nombreux fruits et légumes disponibles au Canada (CCSN, 2015a).

Par ailleurs, des essais militaires atomiques, réalisés en haute atmosphère jusqu'à la fin des années 1980, expliquent toujours la présence de plusieurs radionucléides dans l'environnement. Aussi, l'accident nucléaire de Tchernobyl, en 1986, est responsable de la dispersion de plusieurs radionucléides sur le sol canadien, tel que du césium-137 que l'on peut encore retrouver dans notre milieu (CCSN, 2015a). Plus récemment, l'événement survenu en 2011 à Fukushima Daiichi au Japon a également été la source d'une dispersion importante de radioactivité dans l'environnement.

8.2 Surveillance atmosphérique

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

8.2.1 Ambiance gamma

L'ambiance gamma est mesurée par l'entremise de dosimètres thermoluminescents (DTL) qui sont installés entre 1 m et 1,5 m du sol à chacun des points de mesure. Ils sont intégrés dans les SCR ou encore fixés à des endroits stratégiques, par exemple aux clôtures des installations de Gentilly-2.

La figure 8-1 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma de sept SCR figurant toujours au PSRE, toutes situées en zone rapprochée, pour l'année 2016 (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. Les valeurs associées à la station de référence, maintenant aménagée à Trois-Rivières (carte A-4 de l'annexe A), sont aussi présentées sur ces deux figures.

Figure 8-1 : Ambiance gamma trimestrielle aux stations de contrôle SCR-3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2016

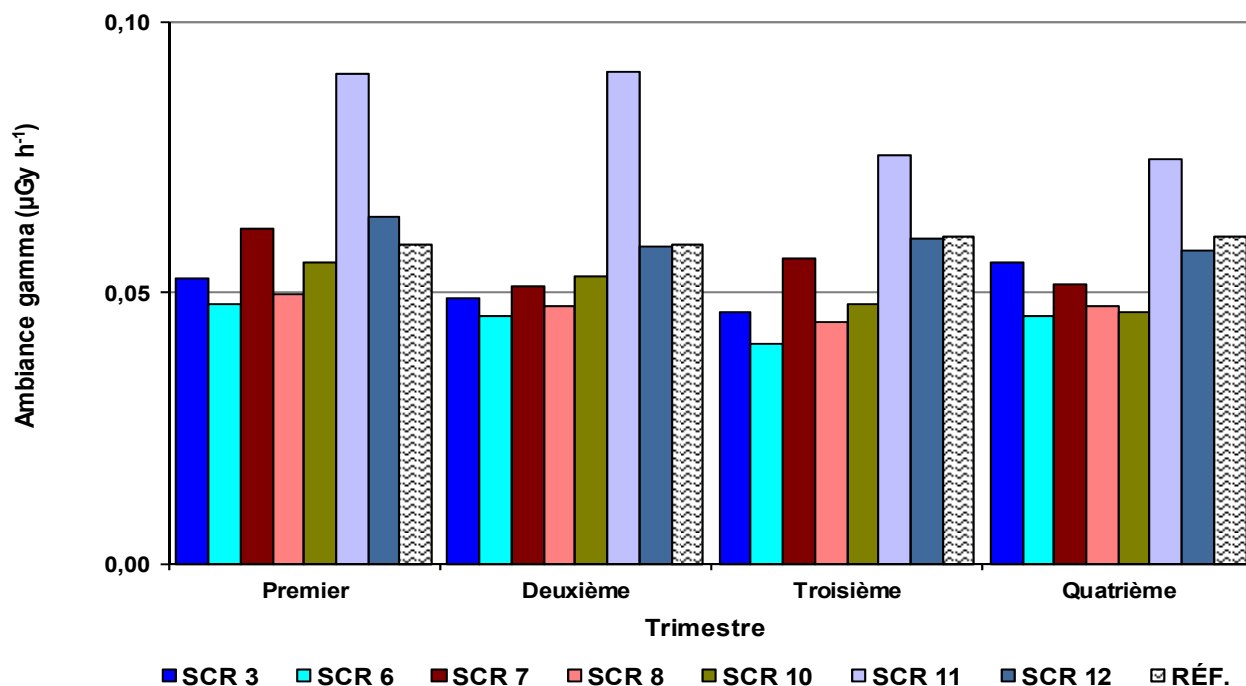
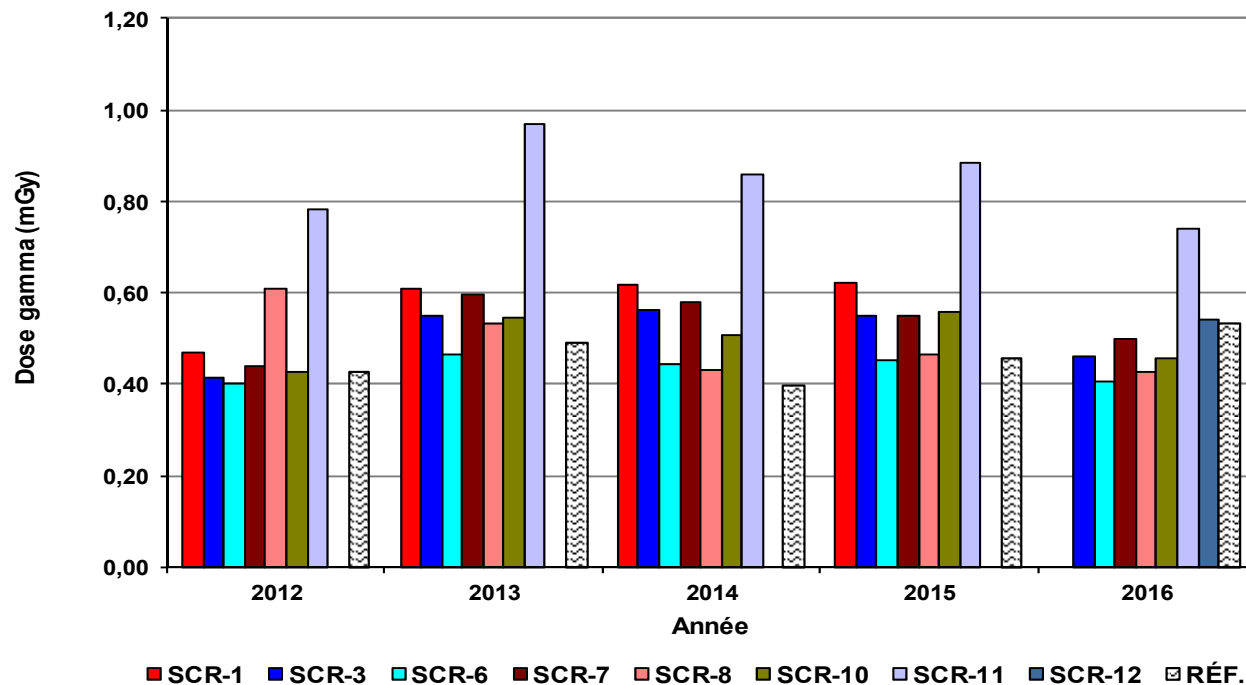


Figure 8-2 : Dose annuelle gamma aux stations de contrôle SCR-1, 3, 6, 7, 8, 10, 11 et 12 (zone rappro  ch  e) et    la station de référence pour la période 2012-2016



Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées en 2016 aux sept SCR ont varié de 0,041 à 0,091 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. La valeur maximale a été relevée à la station SCR-11, au deuxième trimestre. Cette station de contrôle, située à même le périmètre de l'ASSCI, est susceptible d'être influencée par les activités de transfert mais également de stockage du combustible irradié. La station SCR-11 est d'ailleurs celle où la valeur de rayonnement gamma fut la plus élevée à chacun des quatre trimestres de 2016, impliquant du même coup la dose annuelle la plus importante (figure 8-2) à 0,74 mGy. Dans l'ensemble, les doses annuelles mesurées en 2016 étaient de 9 % (SCR-8) à 20 % (SCR-10) inférieures à celles mesurées aux mêmes stations en 2015.

L'ambiance gamma est également surveillée à d'autres clôtures des installations de Gentilly-2, outre celles ceinturant directement les installations 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 adapté en 2015. Les valeurs annuelles de dose de rayonnement gamma enregistrées aux mêmes points sont présentées à la figure 8-4. Une bande pointillée bleue a été ajoutée à chacune de ces deux figures afin d'indiquer la moyenne des valeurs mesurées à la station de référence de Trois-Rivières (carte A-4 de l'annexe A).

Figure 8-3 : Ambiance gamma trimestrielle au périmètre sécurisé de l'installation pour l'année 2016

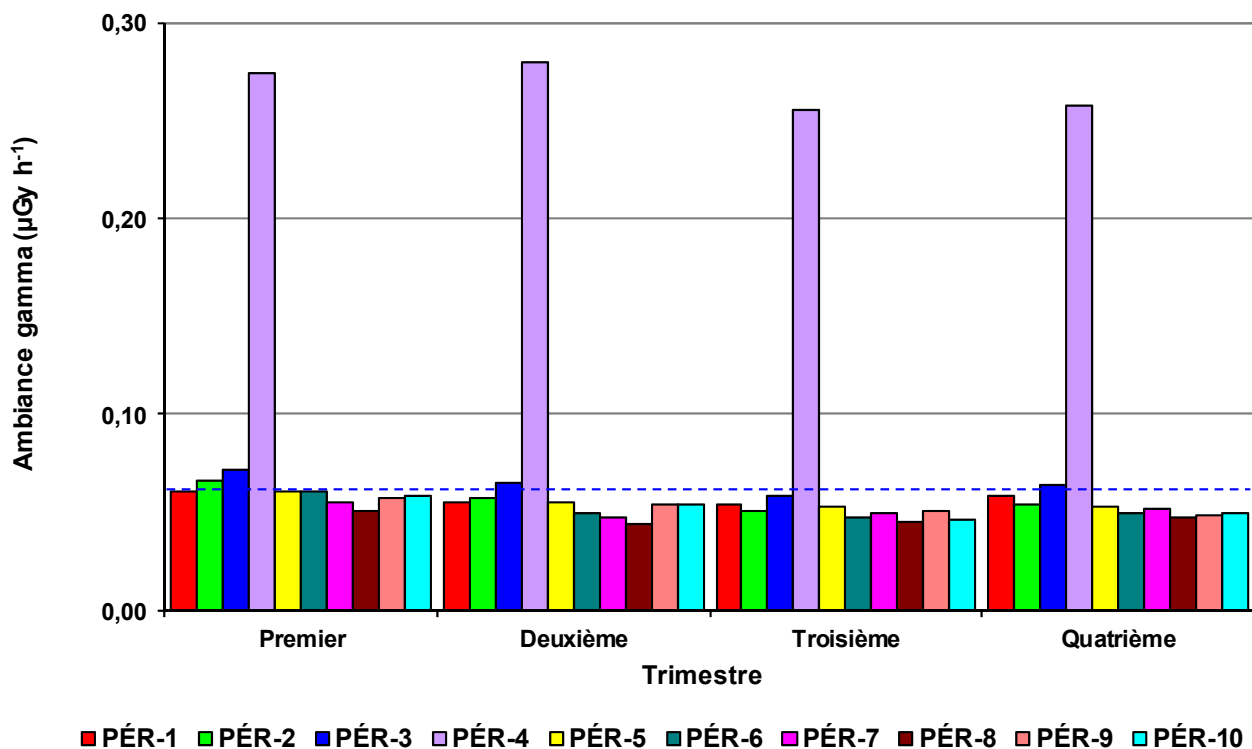
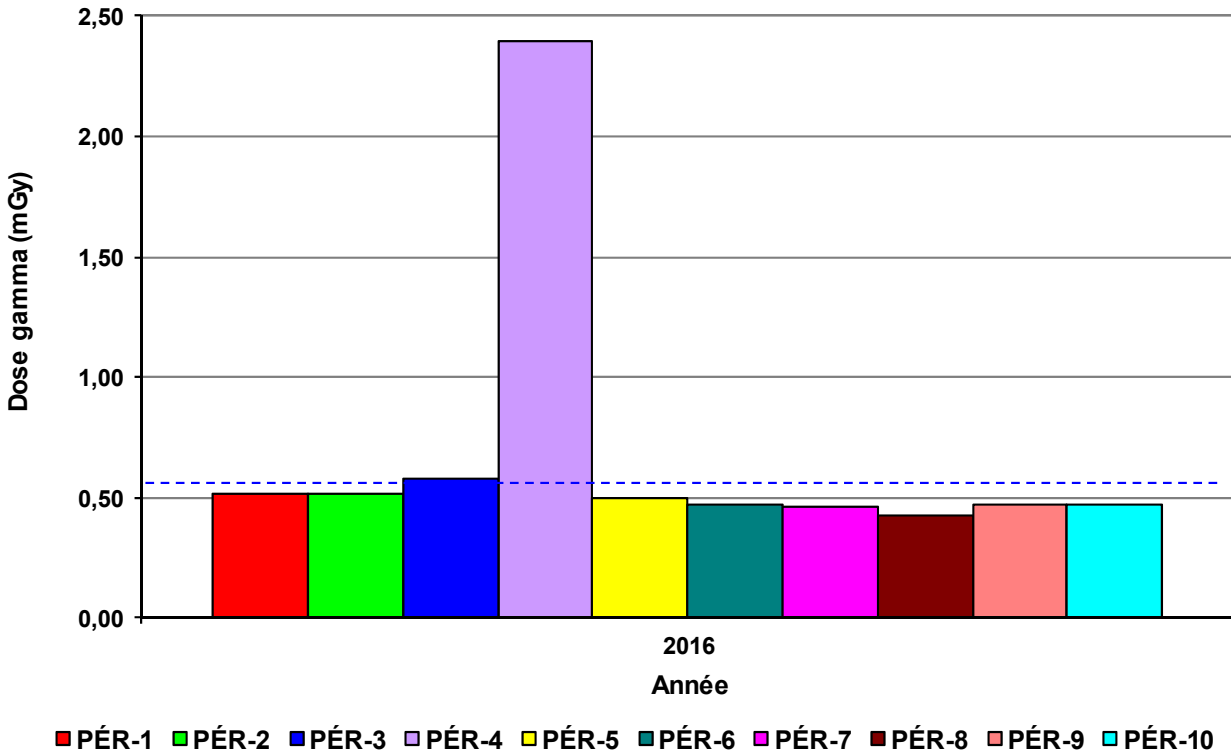


Figure 8-4 : Dose annuelle gamma au périmètre sécurisé de l'installation pour l'année 2016



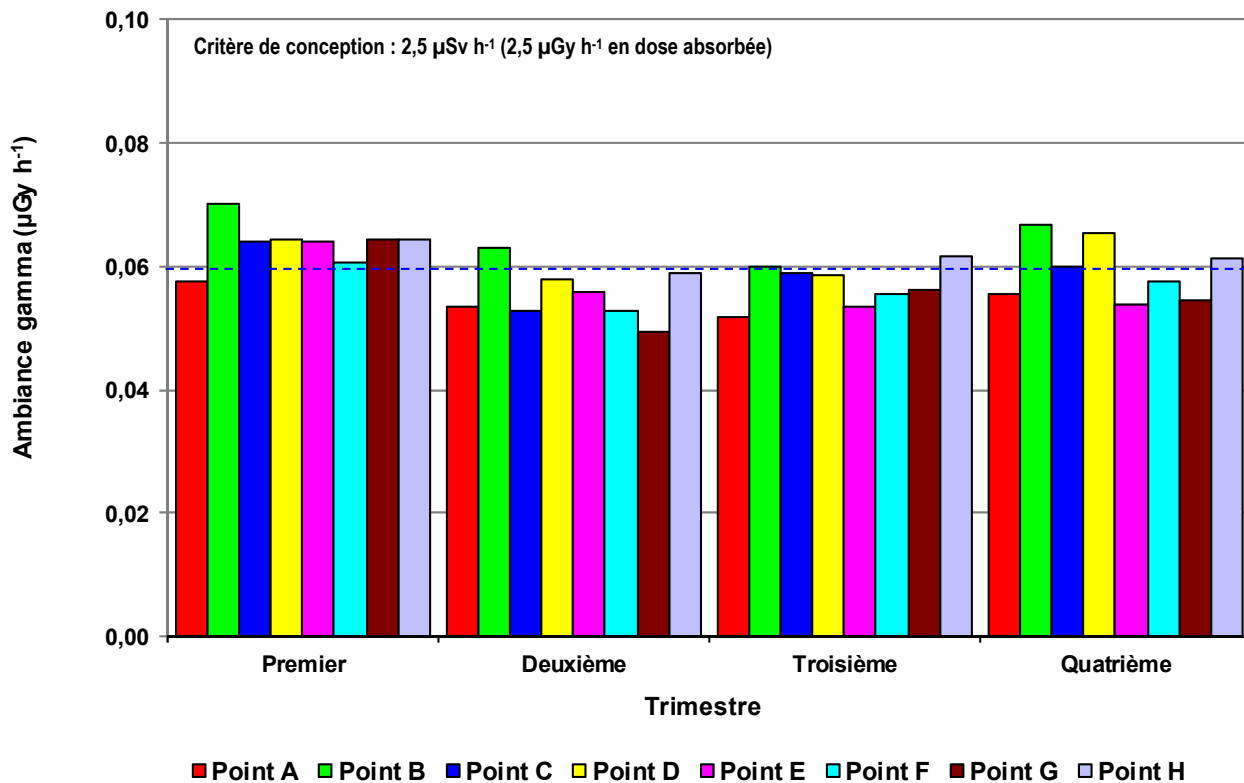
L'année 2016 est la première où une dose annuelle pouvait être estimée au périmètre sécurisé de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées aux 10 différents points du périmètre sécurisé des installations de Gentilly-2 ont varié de 0,044 à 0,279 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. La valeur maximale a été relevée au deuxième trimestre, au point PÉR-4 situé à l'est du site des installations. Ce point est situé à proximité d'un site de stockage temporaire de déchets faiblement radioactifs en attente de traitement. Il est d'ailleurs celui où l'ambiance gamma fut la plus élevée à chacun des quatre trimestres de l'année 2016, impliquant aussi la dose annuelle maximale à 2,40 mGy.

Les figures 8-5 à 8-10 présentent 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 bleue a aussi été ajoutée à chacune de ces figures pour indiquer la moyenne des valeurs à la station de référence de Trois-Rivières.

La figure 8-5 présente la série de mesures trimestrielles d'ambiance gamma aux huit points fixes à la clôture de l'ASDR (carte A-5 de l'annexe A) au cours de l'année 2016. Puisqu'aucun transfert de déchets radioactifs n'y a été fait au cours de la dernière année, il était attendu que l'analyse des valeurs ne montre pas de variation

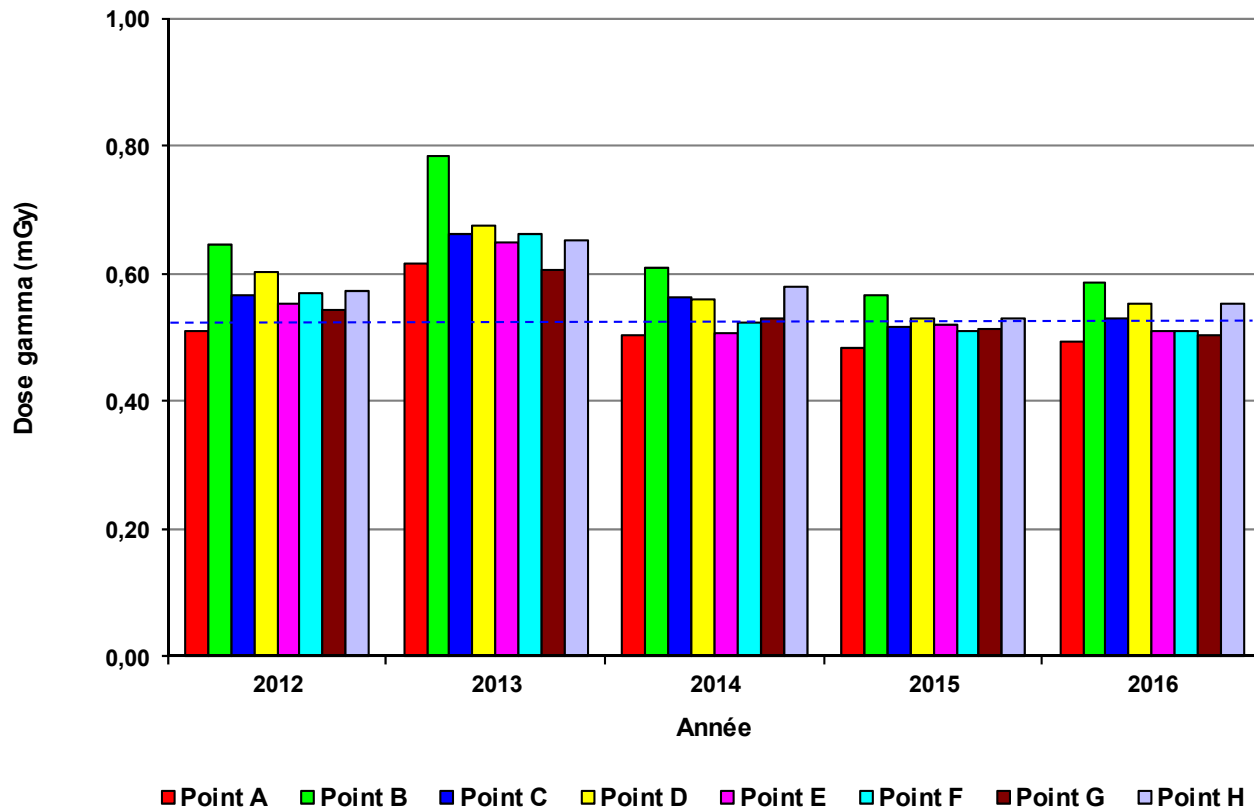
significative. Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées en 2016 à l'ASDR ont varié entre 0,049 et 0,070 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. Toutes les valeurs colligées en 2016 à cette aire de stockage ont été en deçà de la limite de conception fixée à 2,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ (ou 2,5 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ en dose absorbée) aux clôtures de l'ASDR.

Figure 8-5 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASDR pour l'année 2016



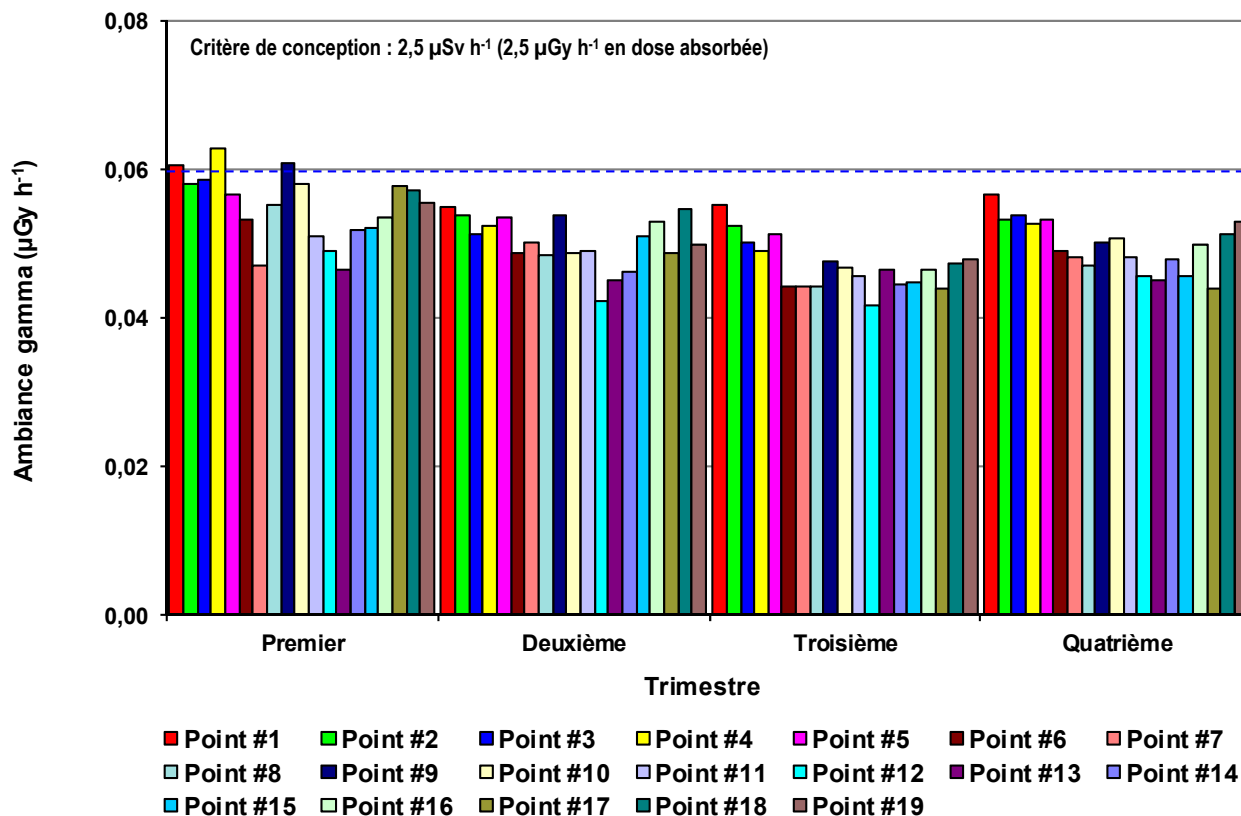
La figure 8-6 présente une récapitulation des doses annuelles de rayonnement pour les cinq dernières années, mesurées à chacun des huit points de mesures de l'ASDR. En comparaison avec 2015, les doses annuelles de rayonnement mesurées en 2016 aux points E et G étaient de 2 % plus faibles, celles mesurées aux points A, B, C, D et H étaient de 2 % à 5 % plus élevées et celle mesurée au point F est demeurée inchangée.

Figure 8-6 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASDR pour la période 2012-2016



La figure 8-7 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurée aux 19 points fixes à la clôture de l'IGDRS pour l'année 2016 (carte A-6 de l'annexe A). Trois d'entre eux (points n^{os} 17, 18 et 19) ont été ajoutés à la clôture nord-est de l'IGDRS au second trimestre de 2015 suite à la plus récente adaptation du PSRE.

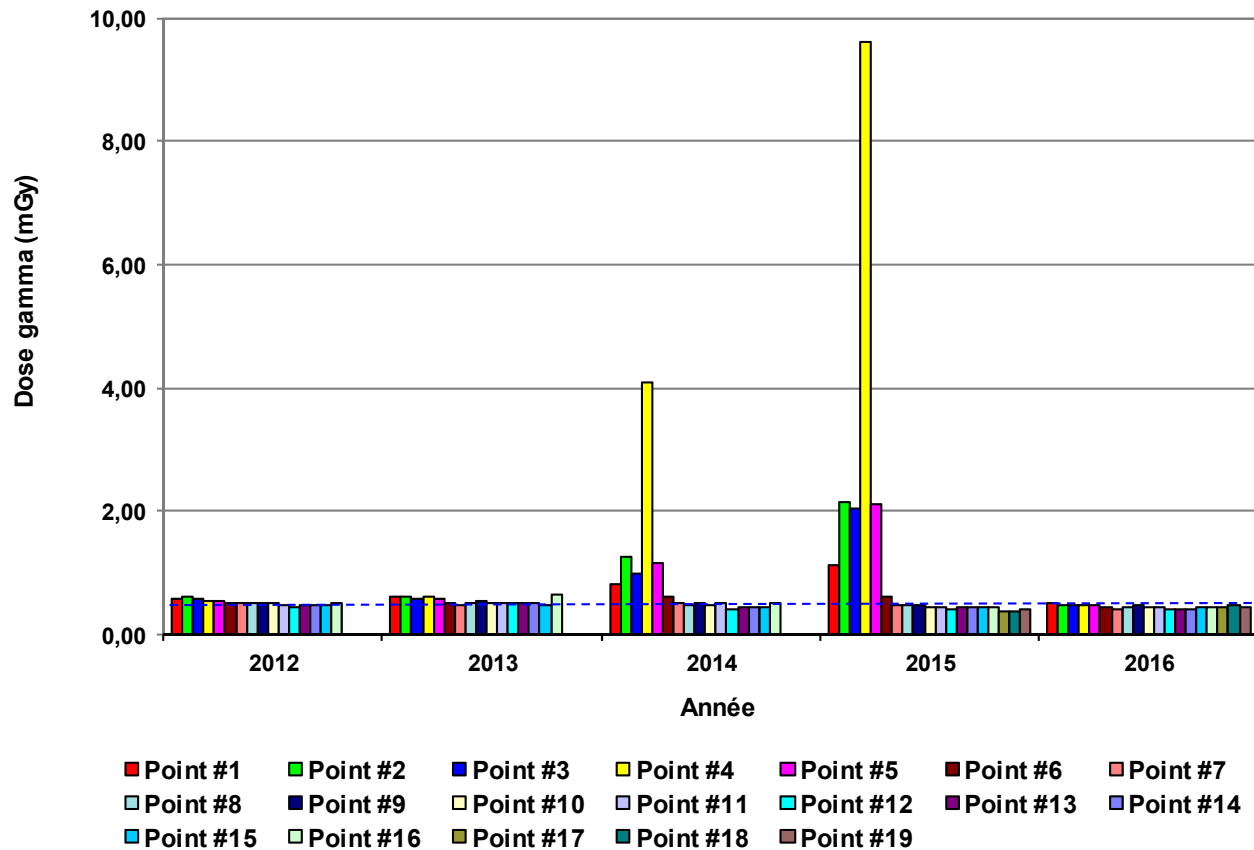
Figure 8-7 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'IGDRS pour l'année 2016



En 2016, l'ambiance gamma aux clôtures de l'IGDRS est demeurée relativement stable d'un trimestre à l'autre, variant de 0,045 à 0,063 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ au premier trimestre, de 0,042 à 0,055 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ aux deuxième et troisième trimestres et de 0,044 à 0,057 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ au dernier trimestre. Ces valeurs sont toutes 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) aux clôtures de l'IGDRS. À des fins de comparaison, un trait pointillé bleu servant à indiquer la valeur annuelle moyenne à la station de référence a aussi été ajouté à la figure 8-7.

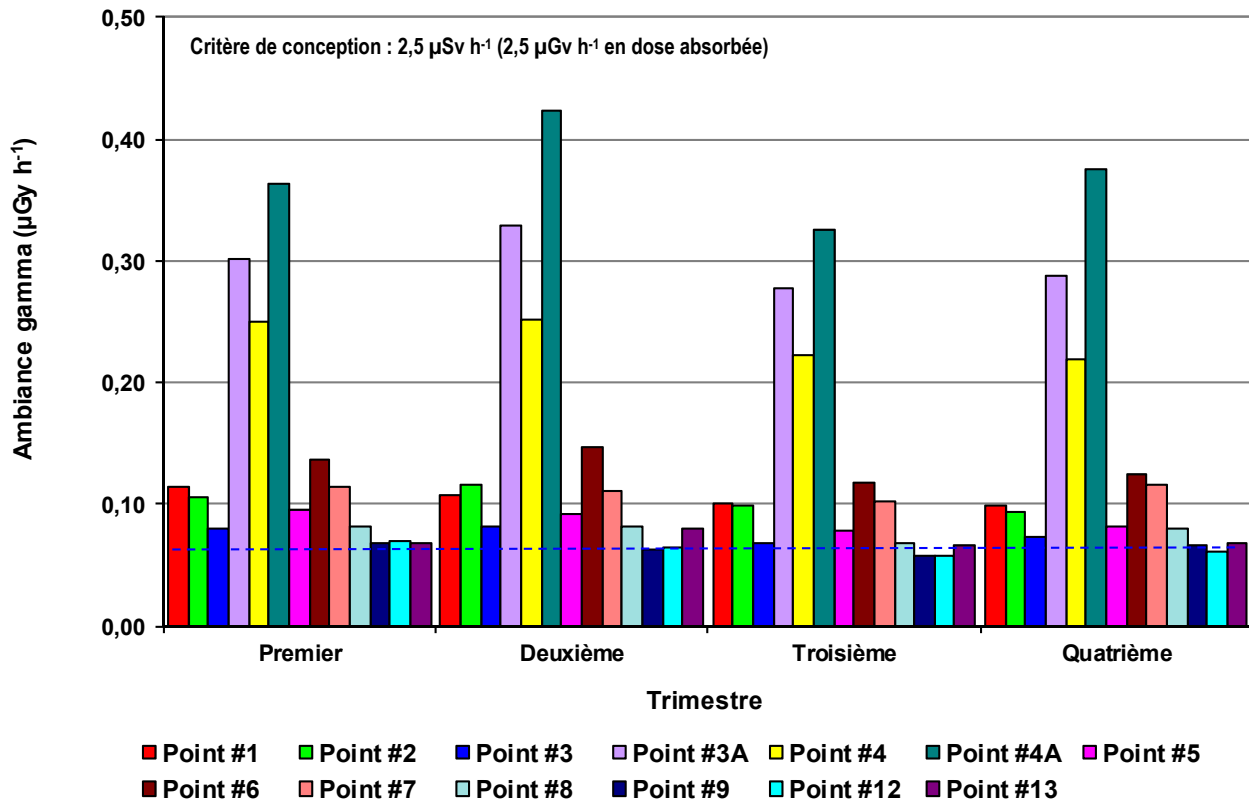
La figure 8-8 présente les doses annuelles gamma mesurées aux clôtures de l'IGDRS au cours des cinq dernières années. En 2016, les doses annuelles gamma ont varié de 0,41 à 0,51 mGy. Les quelques valeurs plus élevées des années 2014 et 2015 sont uniquement attribuables à l'entreposage temporaire de déchets radioactifs fait à proximité du périmètre clôturé de l'IGDRS. Aucune d'elles n'a plus été observée en 2016, le transfert de tous ces déchets ayant été complété à l'automne 2015, dans les enceintes de déchets de faible et de moyenne activités (EDFMA) de l'IGDRS. L'ampleur des hausses de dose des points n^{os} 1 à 5, en 2014 et 2015, était directement liée à la proximité de chacun d'eux avec les déchets entreposés en conteneurs. En 2016, toutes les doses annuelles sont revenues au même ordre de grandeur qu'en 2013, soit l'année précédant le stockage temporaire de ces déchets spécifiques.

Figure 8-8 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'IGDRS pour la période 2012-2016



La figure 8-9 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma aux 13 points de mesure en place en 2016 aux clôtures de l'ASSCI. À la suite de la plus récente adaptation du PSRE, les points n^{os} 3A et 4A ont été ajoutés au troisième trimestre de 2015 (carte A-6 de l'annexe A).

Figure 8-9 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASSCI pour l'année 2016



Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma de l'ASSCI ont varié, en 2016, de 0,057 à 0,423 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. À tous les trimestres de l'année, les valeurs les plus élevées ont été mesurées au point n° 4A. Venaient ensuite celles mesurées au point n° 3A, puis au point n° 4. Ces trois points sont contigus et font face aux modules CANSTOR remplis à leur pleine capacité de combustible nucléaire irradié, soit les modules 1 et 6. Pour un point donné, les variations enregistrées au gré des quatre trimestres sont faibles. Les points de mesure n°s 3A, 4 et 4A constituent toujours un ensemble de points plus exposés en raison de leur emplacement spécifique au site.

En 2016, 100 paniers de combustible nucléaire irradié ont été transférés de la piscine de stockage à l'ASSCI. L'objectif fixé de 6 000 grappes pour la campagne de transfert de l'année 2016 a donc été atteint. Les opérations se sont par ailleurs déroulées entre les mois de mai et août 2016, inclusivement.

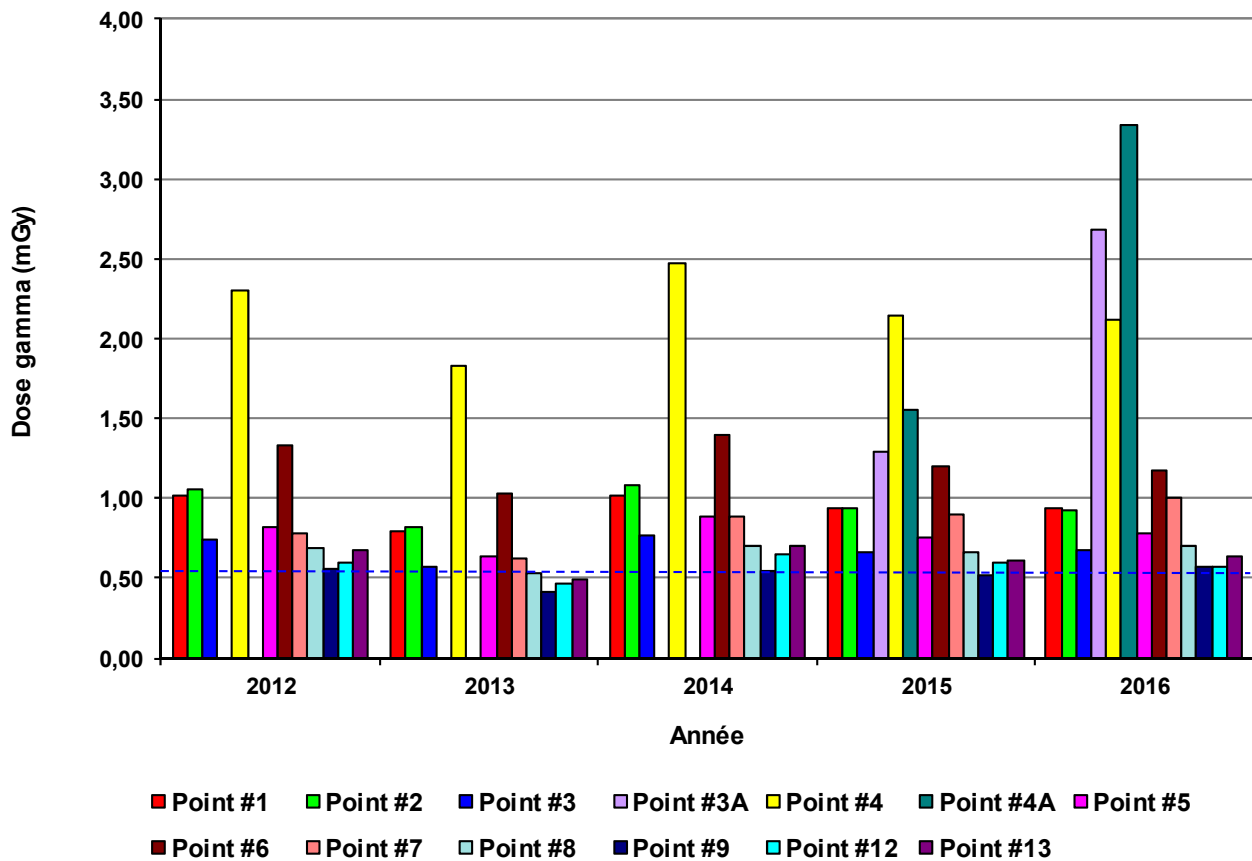
Tout comme ce fût le cas pour l'ASDR et l'IGDRS, toutes les mesures relevées en 2016 aux clôtures de l'ASSCI ont été en deçà de la limite de conception de l'installation, qui est de 2,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ (ou 2,5 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ en dose absorbée).

La figure 8-10 présente les valeurs de dose annuelle gamma pour chacun des points de mesure aux clôtures de l'ASSCI et ce pour les cinq dernières années. En

comparaison de l'année précédente, les variations de valeurs de dose annuelle gamma sont faibles pour tous les points. Il faut exclure de ce constat les deux nouveaux points 3A et 4A puisque leur faible dose annuelle de l'année précédente (2015) était plutôt liée au fait qu'ils n'aient tous deux été exposés qu'aux deux derniers trimestres.

Autrement, les hausses les plus marquées sont de 11 et 12 %, respectivement pour les points n^{os} 9 et 7. Ces deux points sont situés à proximité de la rangée de dix cylindres du CANSTOR n^o 9, cylindres qui ont tous été sollicités au cours de la campagne de transfert de combustible nucléaire irradié de l'année 2016.

Figure 8-10 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASSCI pour la période 2012-2016



8.2.2 Tritium

À l'installation nucléaire de Gentilly-2, les effluents atmosphériques qui sont source de tritium proviennent essentiellement de la cheminée principale, sous la forme de vapeur d'eau tritiée. À ces effluents s'ajoutent d'autres émissions secondaires, plus diffuses et moins importantes, telles que celles émanant de l'ASDR et de l'IGDRS, et celles de quelques salles qui ne sont pas reliées au principal système de ventilation.

L'activité en tritium mesurée à une SCR est essentiellement fonction des rejets de l'installation nucléaire et des conditions météorologiques. Théoriquement, les SCR les plus rapprochées de la cheminée principale montreront des concentrations plus élevées, à plus forte raison lorsqu'elles sont situées dans l'axe des vents dominants au cours d'une période donnée où les rejets étaient importants.

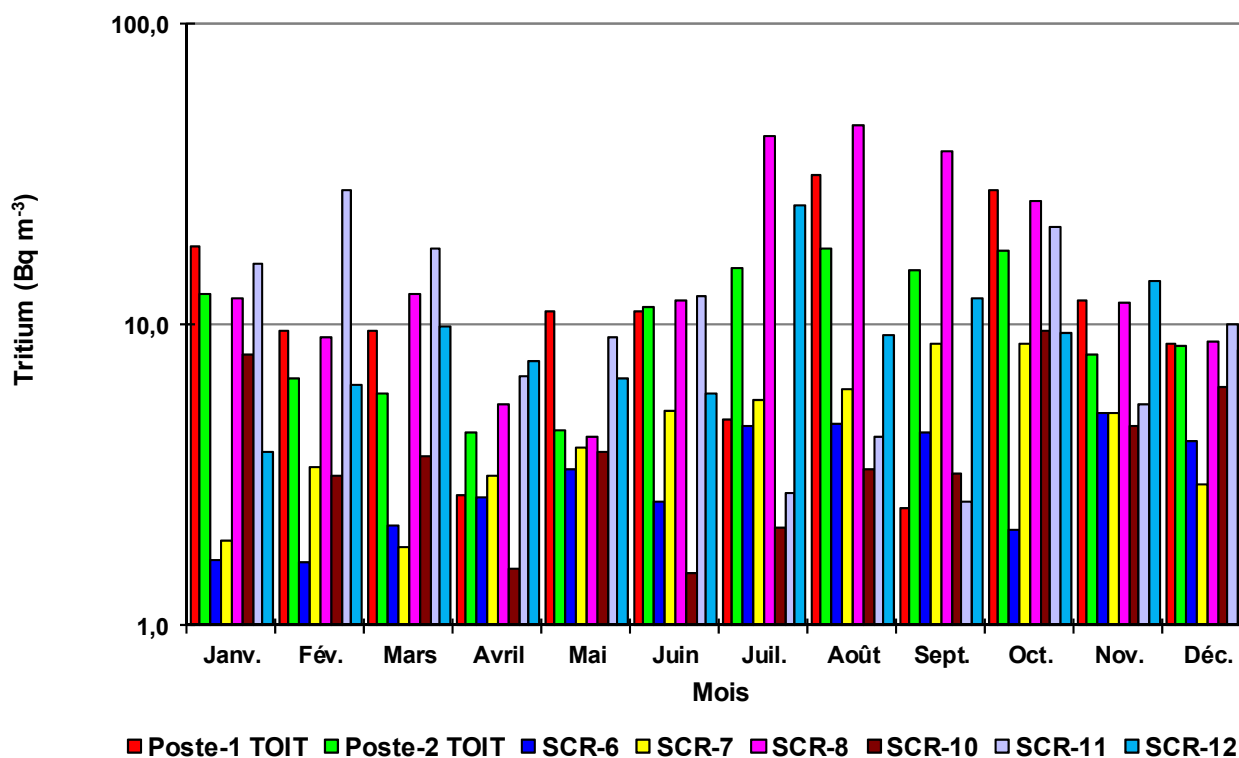
Les figures 8-11, 8-13, 8-15 et 8-17 présentent l'ensemble des valeurs mensuelles de tritium atmosphérique de l'année 2016, mesurées respectivement :

- aux poste-1, poste-2 et aux SCR-6 à 8 et SCR-10 à 12 situés à même le site des installations de Gentilly-2 ;
- aux six SCR de la région, sises dans un rayon de 2 à 15 km tout autour des installations de Gentilly-2 ;
- aux quatre SCR dédiées à l'IGDRS ;
- aux cinq SCR dédiées à l'ASDR.

Pour leur part, les figures 8-12, 8-14, 8-16 et 8-18 présentent, pour les mêmes stations, les séries de concentrations atmosphériques annuelles moyennes de tritium pour la période 2012-2016. Finalement, les mesures relevées à la station de référence de Trois-Rivières sont représentées aux figures 8-13 et 8-14.

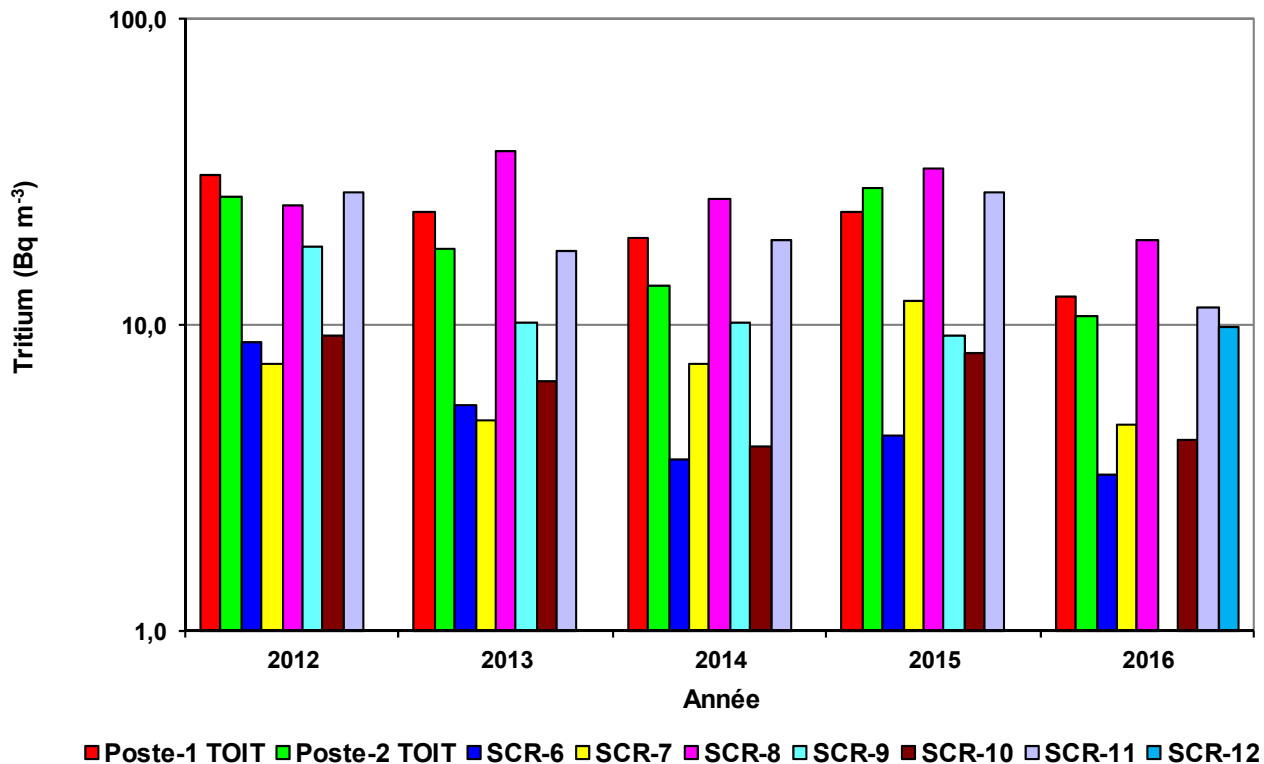
Les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique relevées à chacune des huit SCR aménagées au site des installations de Gentilly-2 (figure 8-11) ont varié, en 2016, de 1,51 Bq m⁻³ (SCR-10 en juin) à 45,90 Bq m⁻³ (SCR-8 en août). Comme les mois de juillet et août ont été ceux où les valeurs de rejets atmosphériques de tritium ont été les plus élevées de l'année 2016, il était attendu que la concentration mensuelle maximale des SCR du site des installations de Gentilly-2 y soit également mesurée. Qui plus est, la station SCR-8 est la plus proche du principal point d'émissions de Gentilly-2. Cette valeur mensuelle maximale est par ailleurs de 80 % inférieure à la valeur maximale de l'année précédente, laquelle avait été mesurée en mai à la SCR-11 (226,00 Bq m⁻³).

Figure 8-11 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-8 et SCR-10 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour l'année 2016



La figure 8-12 présente les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues à neuf SCR, toutes situées sur le site des installations de Gentilly-2, pour la période 2012-2016.

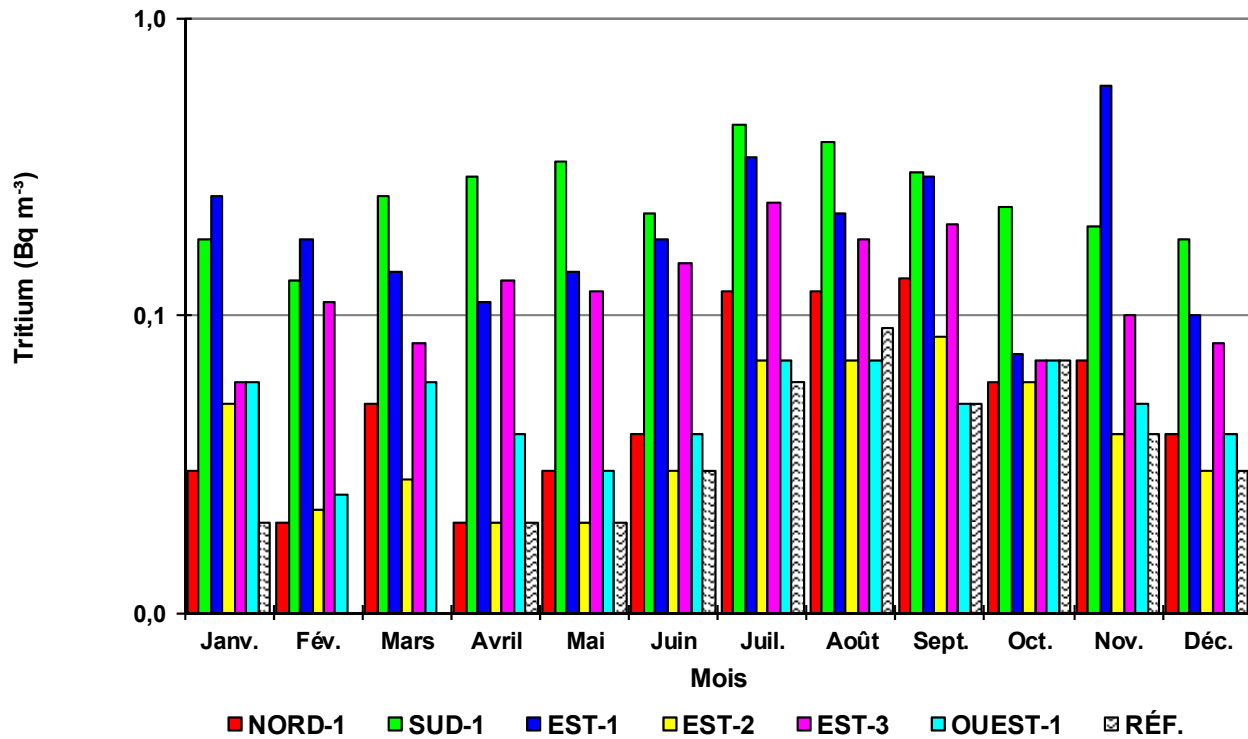
Figure 8-12 : Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-12 (zone d'exclusion) pour la période 2012-2016



En 2016, outre la récente SCR-12 pour laquelle une seule année de prélèvement a été effectuée, toutes les SCR aménagées dans la zone d'exclusion des installations de Gentilly-2 ont montré une diminution significative de la concentration annuelle moyenne de tritium atmosphérique, en comparaison de l'année précédente. Ces diminutions ont varié de 25 % (SCR-6) à 62 % (Poste-2). Dans l'ensemble, la diminution moyenne est de 49 %. Cette constatation est cohérente avec la diminution, documentée à la section 2.1 du présent rapport, de l'activité annuelle des rejets de tritium atmosphérique, en baisse de 35 % en comparaison de l'année précédente. Ces constats tendent à prouver l'acuité et la justesse de la réponse des appareils utilisés pour les mesures de dispersion environnementale aux installations de Gentilly-2.

La figure 8-13 présente les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique quantifiées aux six SCR situées à l'extérieur du site des installations de Gentilly-2 de même qu'à la station de référence, pour l'année 2016.

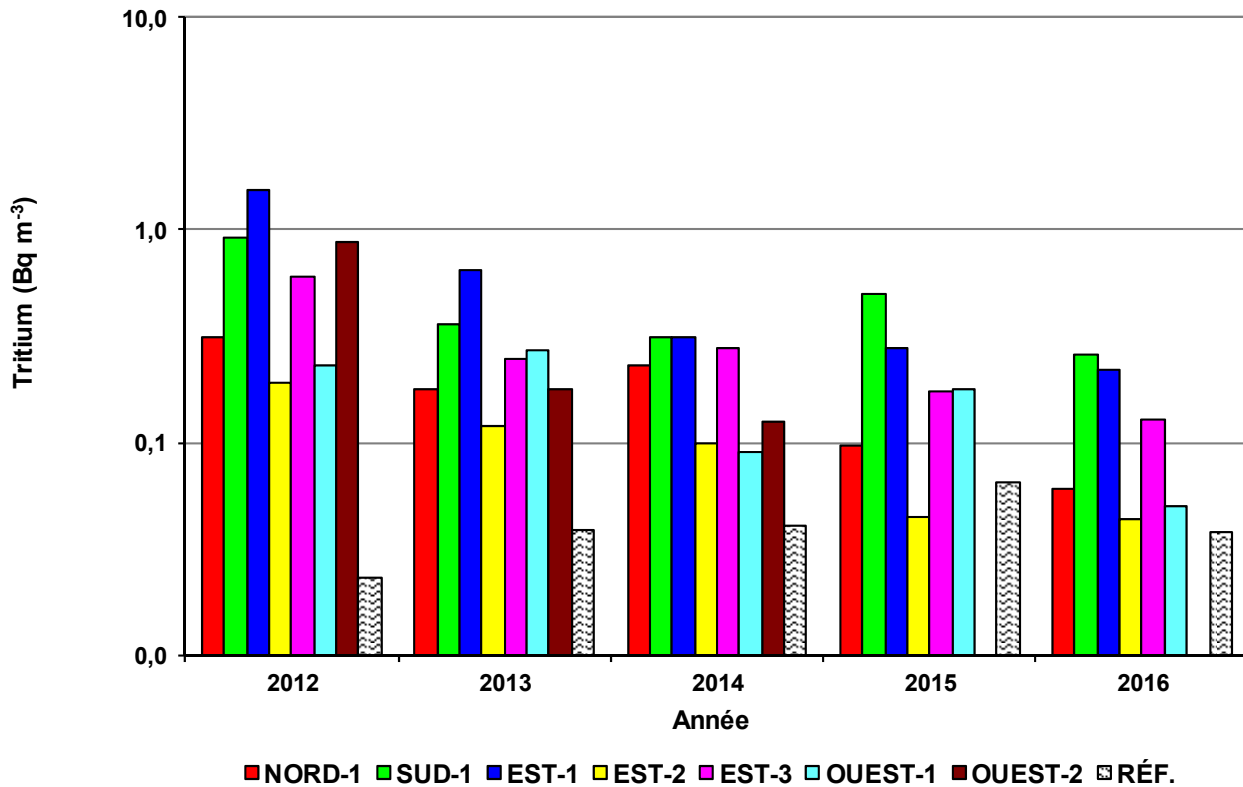
Figure 8-13 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux stations NORD-1, SUD-1, EST-1 à 3 et OUEST-1 et à la station de référence pour l'année 2016



En 2016, les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique mesurées aux SCR sises hors du site des installations de Gentilly-2 ont varié de 0,02 Bq m⁻³ (stations NORD-1 et EST-2, en quelques occasions) à 0,59 Bq m⁻³ (station EST-1 en novembre). Au fil des mois de l'année 2016, l'analyse conjointe des concentrations de tritium atmosphérique de l'ensemble des SCR aménagées à même le site et hors du site prouve le rabattement rapide des émissions atmosphériques radioactives des installations de Gentilly-2, à faible distance du point d'émissions.

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 et à la station de référence désignée, pour la période 2012-2016.

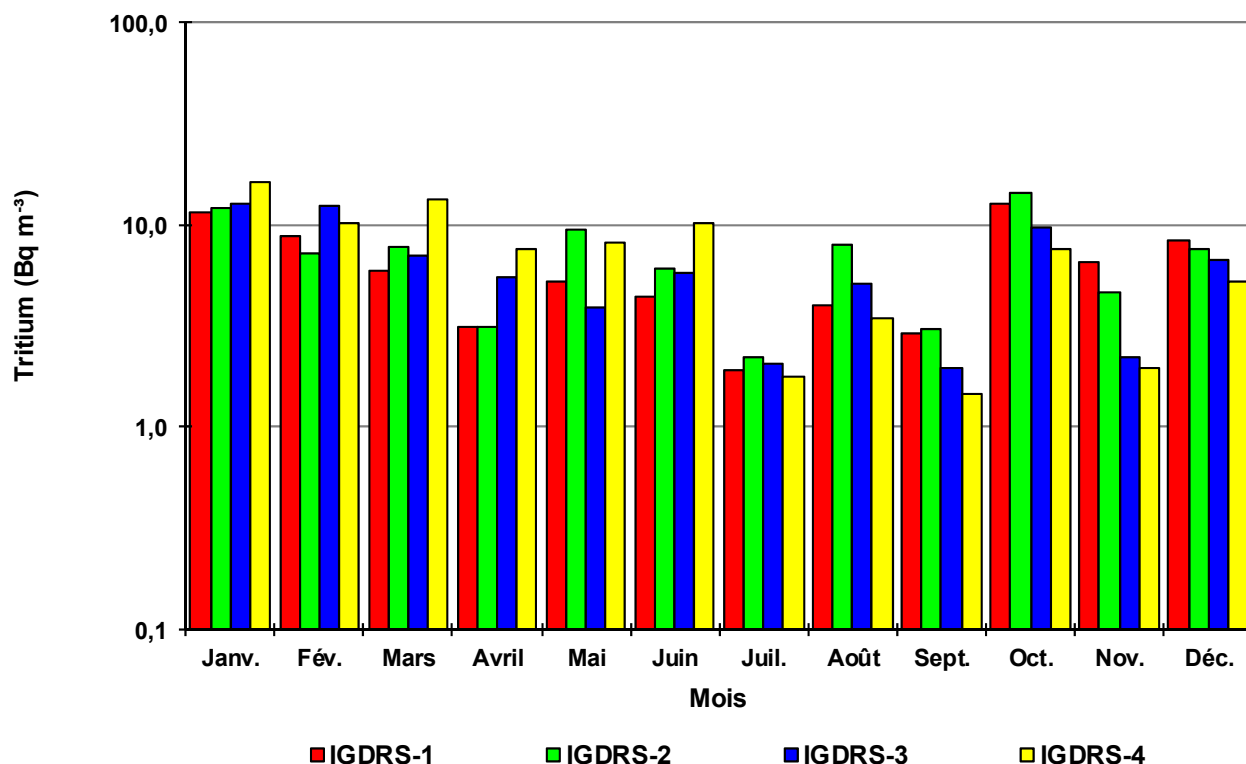
Figure 8-14 : Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux points NORD-1, SUD-1, EST-1 à 3 et OUEST-1 et 2 et à la station de référence pour la période 2012-2016



Conformément à la tendance observée lors de l'analyse des concentrations annuelles moyennes de tritium atmosphérique des SCR aménagées à même les installations de Gentilly-2, la concentration annuelle moyenne de l'année 2016 de presque toutes les SCR sises hors site est également en diminution marquée en comparaison de l'année précédente. La diminution la plus importante a été de 72 % et fut observée à la station OUEST-1. Lorsque toutes les variations sont considérées pour les six stations, la diminution moyenne est de 35 %, soit exactement celle qui a aussi caractérisé l'activité annuelle des rejets de tritium atmosphérique, en comparaison de l'année précédente.

La figure 8-15 présente les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique obtenues aux quatre SCR situées au périmètre de l'IGDRS (carte A-6 de l'annexe A), pour l'année 2016.

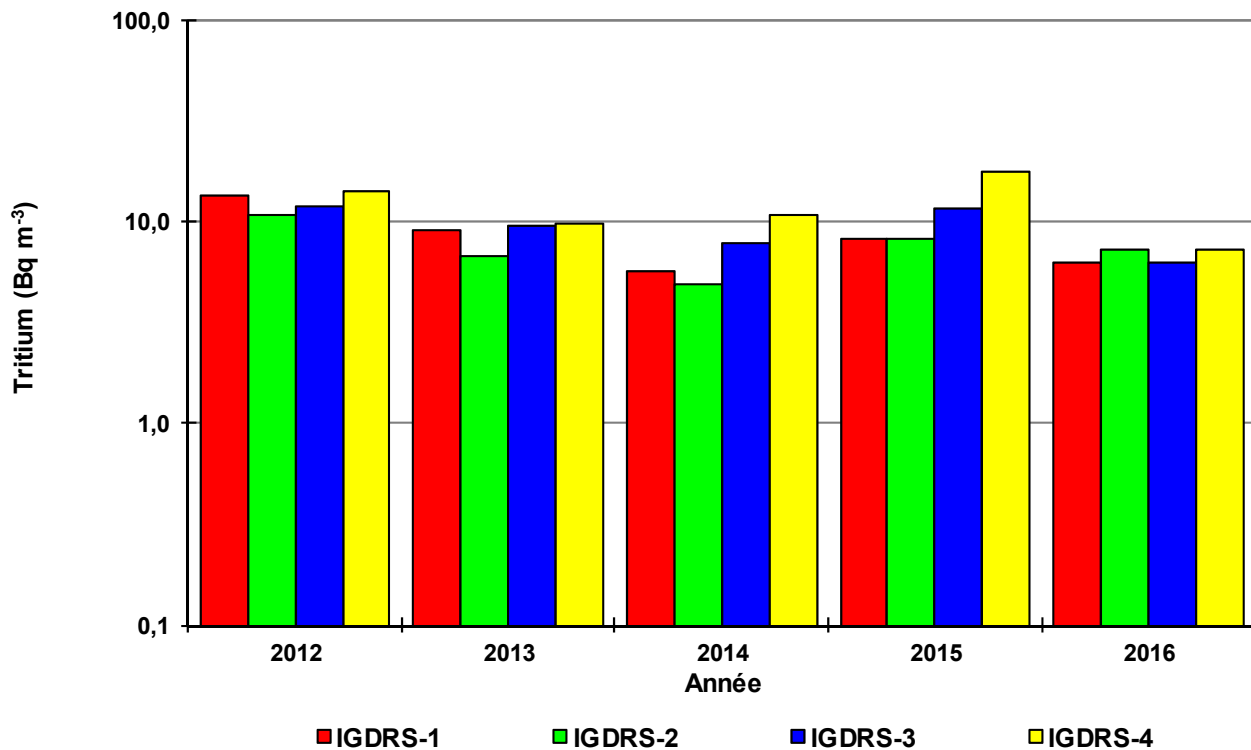
Figure 8-15 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'IGDRS pour l'année 2016



À ces quatre stations du périmètre de l'IGDRS, l'activité mensuelle en tritium atmosphérique a varié, en 2016, de 1,47 Bq m⁻³ (IGDRS-4, en septembre) à 16,50 Bq m⁻³ (IGDRS-4, en janvier). Cette dernière valeur, qui constitue la valeur mensuelle maximale de l'année 2016 à l'IGDRS, est bien inférieure à celle qui avait été mesurée au mois de mai de l'année précédente, à la même station (140,00 Bq m⁻³). Bien que faibles, les variations de concentration semblent obéir à une même tendance au fil des mois de l'année 2016, ce qui laisse supposer que la contribution propre aux enceintes de l'IGDRS est mineure en comparaison des émissions atmosphériques de tritium du principal point de rejet des installations de Gentilly-2.

La figure 8-16 montre les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues aux quatre SCR situées au périmètre de l'IGDRS (carte A-6 de l'annexe A) pour la période 2012-2016.

Figure 8-16 : Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'IGDRS pour la période 2012-2016

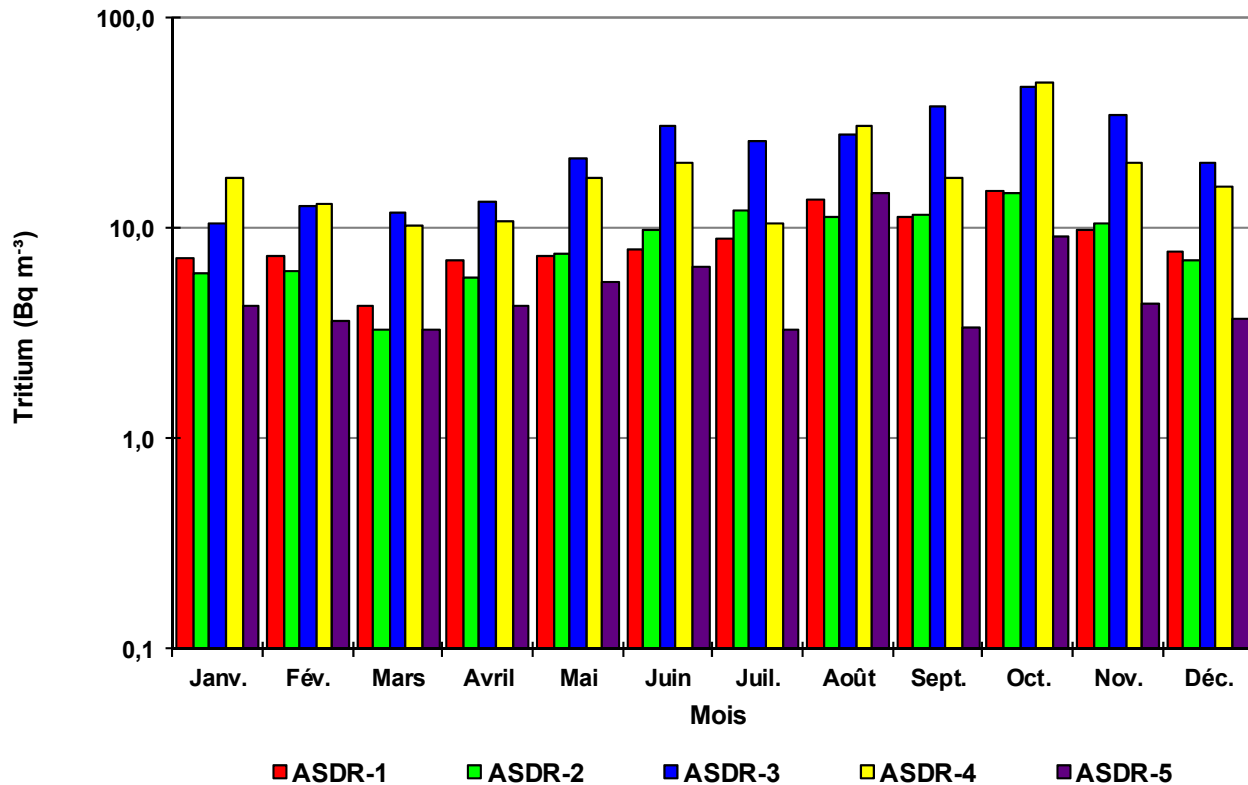


À cause de leur proximité les unes des autres, les quatre SCR de l'IGDRS montrent peu de variation entre elles. Il s'agit là d'une situation attendue considérant le fait que les enceintes de l'IGDRS en cours d'utilisation sont une faible source d'émissions de tritium atmosphérique. Aussi l'année 2016 n'a pas été marquée d'épisodes de relâches importantes comme l'avait été l'année 2015 lors de la réalisation des manœuvres de reconfiguration de la ventilation au bâtiment du réacteur de Gentilly-2.

À l'instar de la diminution moyenne de toutes les concentrations annuelles de l'année 2016 aux six SCR aménagées hors du site des installations de Gentilly-2, la diminution annuelle moyenne des quatre stations au périmètre de l'IGDRS est également de 35 %, soit exactement celle qui a aussi marqué l'activité annuelle des rejets de tritium atmosphérique, en comparaison de l'année précédente.

La figure 8-17 présente les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique obtenues aux cinq SCR situées au périmètre de l'ASDR (carte A-5 de l'annexe A), pour l'année 2016.

Figure 8-17 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'ASDR pour l'année 2016



Au cours de l'année 2016, l'activité mensuelle en tritium atmosphérique a varié, aux cinq stations situées au périmètre de l'ASDR, de 3,27 Bq m⁻³ (ASDR-5, en mars) à 49,00 Bq m⁻³ (ASDR-4, en octobre). Mis à part la concentration significativement plus élevée du mois de mai de l'année 2015, la distribution des valeurs mensuelles de concentration de tritium de ce sous-groupe au périmètre de l'ASDR respecte un schéma qui se répète. Bon an mal an, les concentrations sont à la hausse dès le mois d'avril, pour recommencer à fléchir au mois de novembre. Il peut être supposé que les taux d'émissions soient directement liés à la température interne des déchets contenus dans les différentes fosses, plus spécifiquement pour les nombreux ballots de déchets compactables. Considérant une certaine inertie thermique associée aux déchets à l'intérieur des fosses, il peut être considéré que la désorption de tritium liée aux déchets en présence soit maximale alors que la température y est la plus élevée.

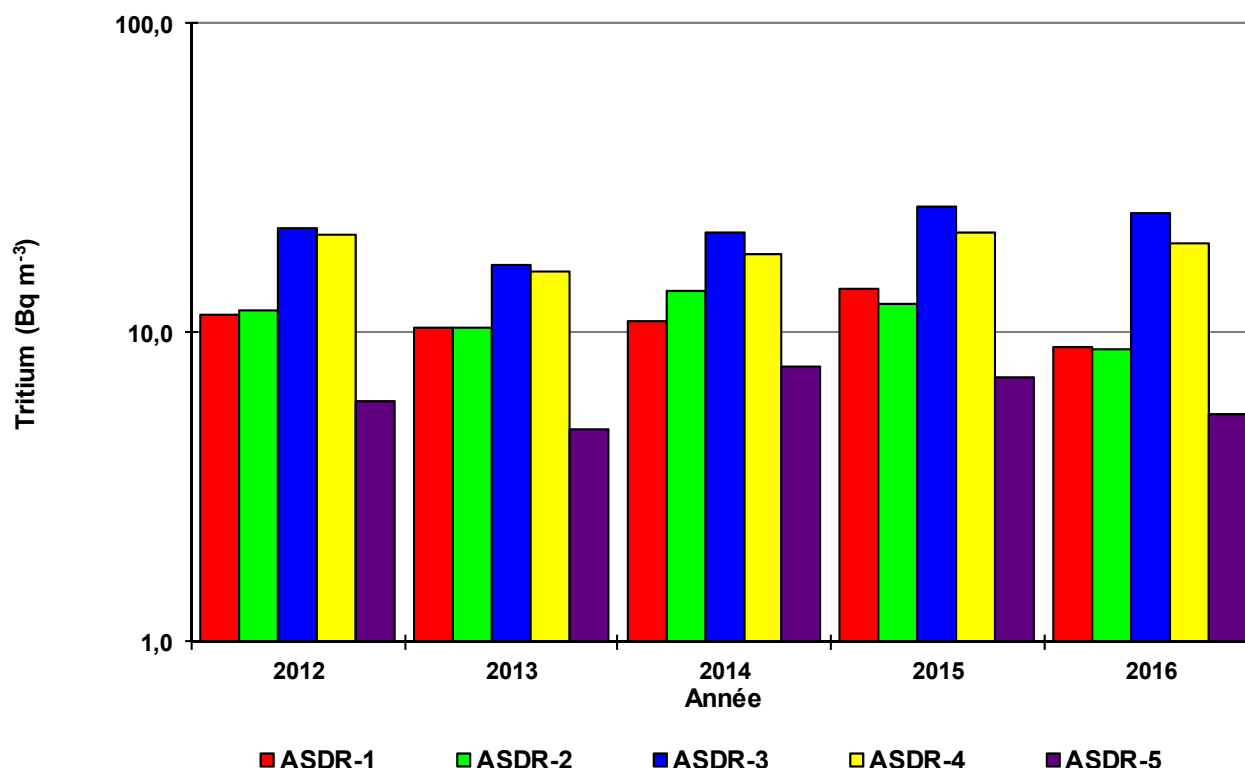
Ceci confirmerait également que les déchets contenus dans les différentes fosses de l'ASDR représentent aussi une contribution locale mesurable d'émissions atmosphériques de tritium, en plus de celles issues de la cheminée principale de l'installation nucléaire de Gentilly-2.

Par ailleurs, la contribution des fosses à déchets radioactifs de l'ASDR aux teneurs de tritium atmosphérique mesurées au pourtour de l'installation est observée et

documentée depuis longtemps. D'abord, parce que les fosses de l'ASDR sont pratiquement remplies à pleine capacité, mais également en raison de l'étanchéité moindre de ses couvercles de béton comparativement à ceux utilisés à l'IGDRS. À l'IGDRS, les couvercles ont tous été dotés de joints limitant les échanges d'air.

La figure 8-18 montre les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues aux cinq SCR situées au périmètre de l'ASDR (carte A-5 de l'annexe A) pour la période 2012-2016.

Figure 8-18 : Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'ASDR pour la période 2012-2016



Tout comme par les années passées, la distribution ordonnée des valeurs annuelles moyennes de concentration de tritium atmosphérique des cinq SCR du périmètre de l'ASDR montre la prépondérance des stations ASDR-3 et ASDR-4. Toutes deux sont situées à la clôture méridionale de l'installation, à proximité des fosses à filtres des systèmes en eau lourde, notamment.

Comparativement à l'année précédente, ces deux stations, où les concentrations annuelles moyennes sont les plus élevées, sont toutes deux en faible diminution, respectivement de 5 et 8 %, alors qu'aux trois autres stations, une diminution variant entre 24 et 36 % est observée. Comme pour les quelques années antérieures, aucun transfert de déchets radioactifs dans les fosses de l'ASDR n'a été réalisé en 2016.

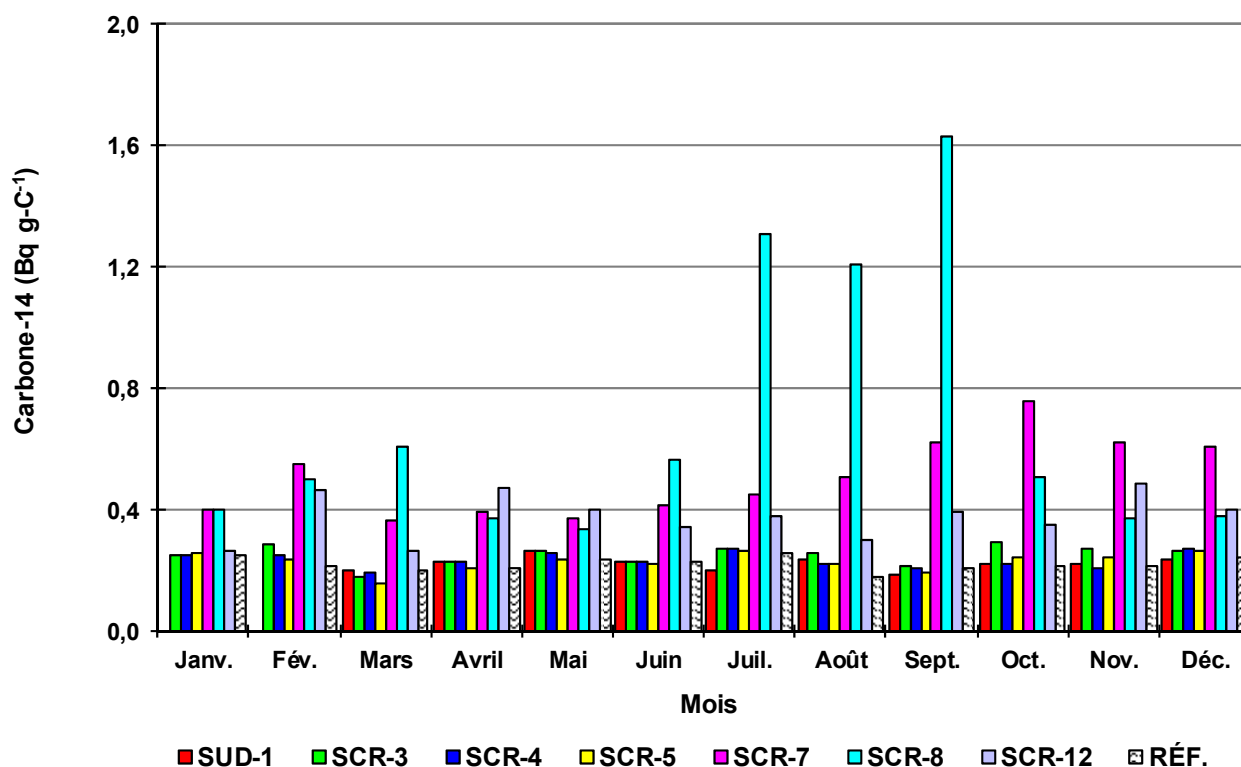
8.2.3 Carbone-14

Aux installations de Gentilly-2, le carbone-14 est aussi rejeté dans l'atmosphère par la cheminée principale, majoritairement sous forme de bioxyde de carbone ($^{14}\text{CO}_2$). À cette première source d'émissions viennent s'ajouter d'autres sources secondaires, de moindre activité, tels que des émanations provenant de certains déchets stockés à l'ASDR et à l'IGDRS. La dispersion environnementale du carbone-14 est influencée, au même titre que le tritium précédemment décrit, par les différentes conditions météorologiques et les précipitations. L'activité massique de carbone-14 est mesurée en becquerel par gramme de carbone (Bq g-C^{-1}). Un échantillonnage de carbone-14 est également réalisé à la station de référence de Trois-Rivières. À cette station, la concentration annuelle moyenne de l'année 2016, quantifiée à $0,22 \text{ Bq g-C}^{-1}$, est comparable aux concentrations naturelles de carbone-14 atmosphérique présentées dans la littérature scientifique (NCRP, 1985).

La figure 8-19 présente les concentrations mensuelles en carbone-14 atmosphérique mesurées en 2016 aux SCR de la zone d'exclusion (carte A-1 de l'annexe A), à la station située dans le parc industriel et portuaire de Bécancour (PIPB), identifiée SCR-5, ainsi qu'à la station de référence de Trois-Rivières (carte A-4). La station SCR-12 est maintenant celle assurant la surveillance à l'est de la cheminée principale alors que la station SUD-1 a également été dotée d'un équipement d'échantillonnage.

Pour l'ensemble des stations assurant la surveillance du carbone-14 atmosphérique, les valeurs mensuelles ont varié, en 2016, de $0,15 \text{ Bq g-C}^{-1}$ (SCR-5, en mars) à $1,63 \text{ Bq g-C}^{-1}$ (SCR-8, en septembre). Comme les années précédentes, les deux stations les plus rapprochées des deux principales sources d'émissions atmosphériques de carbone-14 aux installations de Gentilly-2 (la cheminée principale et l'ASDR) sont aussi celles impliquant les valeurs mensuelles les plus élevées, soit les SCR-8 et SCR-7.

Figure 8-19 : Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SUD-1 et SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8, SCR-12 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2016

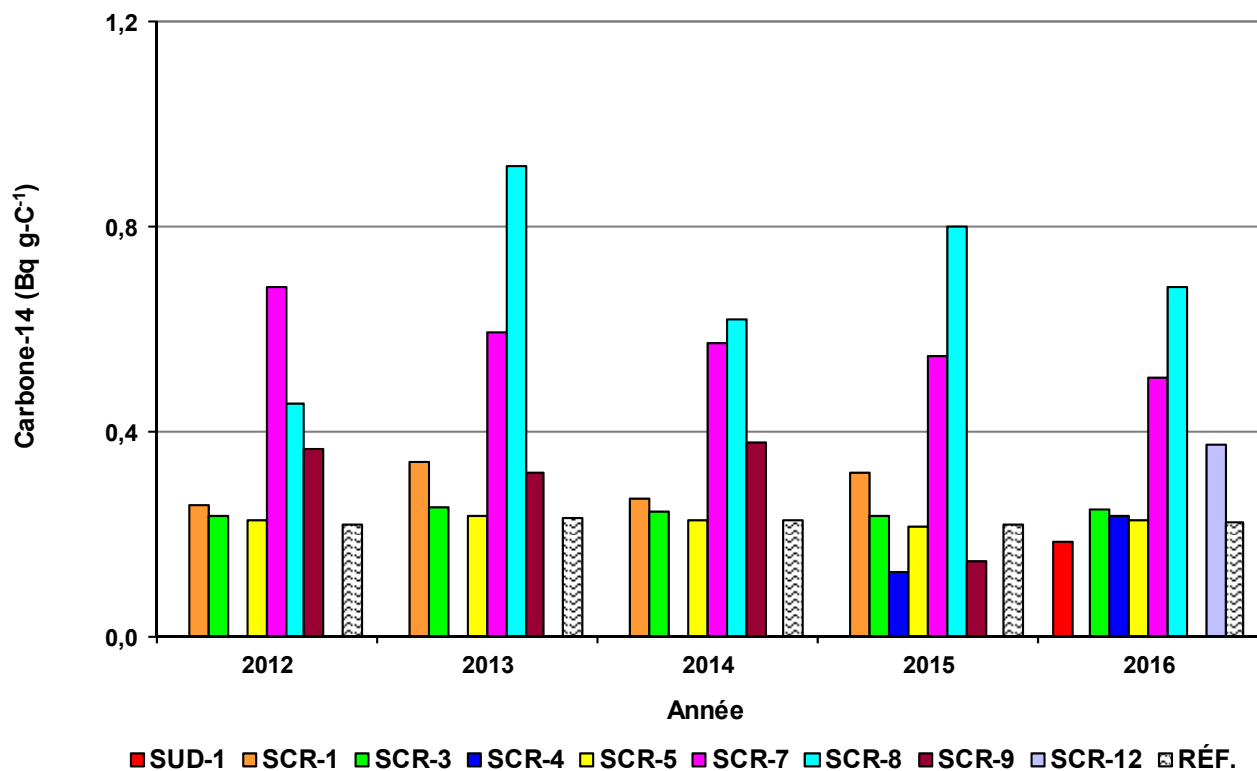


La figure 8-20 présente les valeurs annuelles moyennes de carbone-14 atmosphérique à sept SCR de la zone d'exclusion (carte A-1 de l'annexe A), à la station SCR-5, située dans le PIPB, à la station SUD-1 située à la limite de la propriété d'Hydro-Québec et à la station de référence, pour la période 2012-2016 (carte A-4 de l'annexe A).

Les valeurs de l'année 2016, illustrées à la figure 8-20 récapitulant les résultats des cinq dernières années, s'inscrivent dans la tendance observée depuis l'année 2013, soit depuis les toutes premières manœuvres de pompage de résines usées en vue du transfert aux enceintes de stockage de résines usées (ESRU) de l'IGDRS. Cette récente tendance montre que la station SCR-8 est dorénavant celle rendant les concentrations de carbone-14 atmosphérique les plus élevées. Auparavant, la station SCR-7, au périmètre de l'ASDR, avait toujours été la station de ce regroupement où était mesurée la valeur moyenne annuelle la plus élevée. Cette situation est également cohérente avec les valeurs de carbone-14 mesurées aux rejets atmosphériques, à la cheminée principale, pour la même période. Comparativement à l'année précédente, l'activité annuelle moyenne de l'année 2016 à la station SCR-8 fut mesurée en baisse de 15 %, alors que celle de la station SCR-7 le fut de 8 %.

Au terme de l'année 2016, seule la partie basse des deux réservoirs souterrains contenant des résines de purification ioniques usées n'était toujours pas vidangée. La vidange complète de ces réservoirs sera réalisée avant l'atteinte du prochain ÉSS soit celui où tout le combustible nucléaire irradié aura complètement été transféré à l'ASSCI. Il est utile de rappeler qu'au cours de leur utilisation dans les systèmes nucléaires, ces résines de purification ioniques avaient capté plus de 90 % du carbone-14 produit durant l'exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2. Ces mêmes résines représentent encore la principale source de carbone-14 au site des installations de Gentilly-2.

Figure 8-20 : Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SUD-1, SCR-1, SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8, SCR-9 et SCR-12 (zone rapprochée) et à la station de référence pour la période 2012-2016

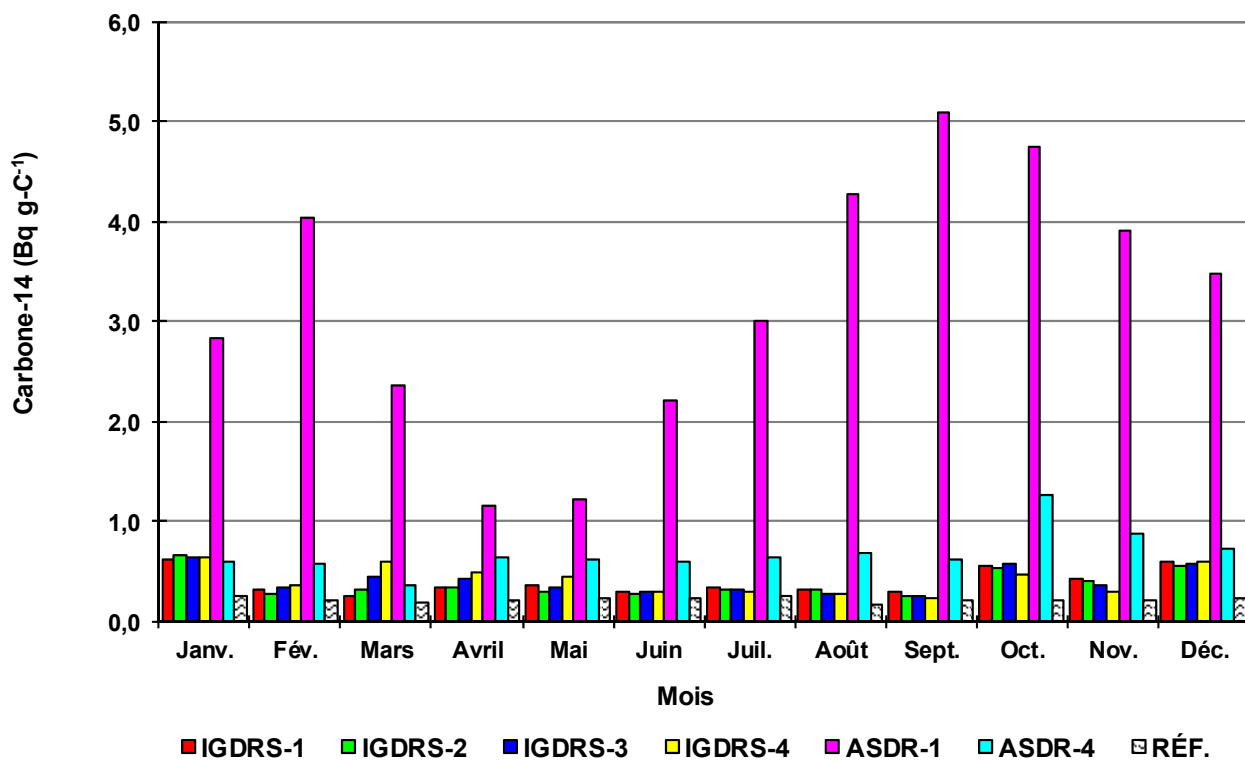


La figure 8-21 présente pour sa part les valeurs mensuelles d'activité en carbone-14 atmosphérique provenant des quatre stations érigées en périphérie de l'IGDRS, à deux stations de l'ASDR ainsi qu'à la station de référence de Trois-Rivières (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A) pour l'année 2016.

Pour l'ensemble des six SCR dédiées à la surveillance du carbone-14 atmosphérique au pourtour des deux installations de stockage de déchets radioactifs solides, les valeurs mensuelles ont varié, en 2016, de 0,25 Bq g-C⁻¹ (IGDRS-4, septembre) à 5,09 Bq g-C⁻¹ (ASDR-1, septembre).

Les valeurs paraissant à la figure 8-21, propres aux deux installations de déchets radioactifs solides, confirment encore en 2016 que les teneurs de carbone-14 sont plus élevées à proximité de l'ASDR qu'à l'IGDRS. Les mêmes motifs soutenant l'analyse des concentrations de tritium, discutés à la section 8.2.2, s'appliquent. Aussi, l'état des déchets radioactifs entreposés depuis plusieurs années à l'ASDR, et constituant une source secondaire et mesurable de carbone-14 atmosphérique, est par ailleurs connu et documenté depuis plusieurs années. La détermination des impacts environnementaux est limitée à faible distance, à même les installations de Gentilly-2.

Figure 8-21 : Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique à l'IGDRS, à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2016

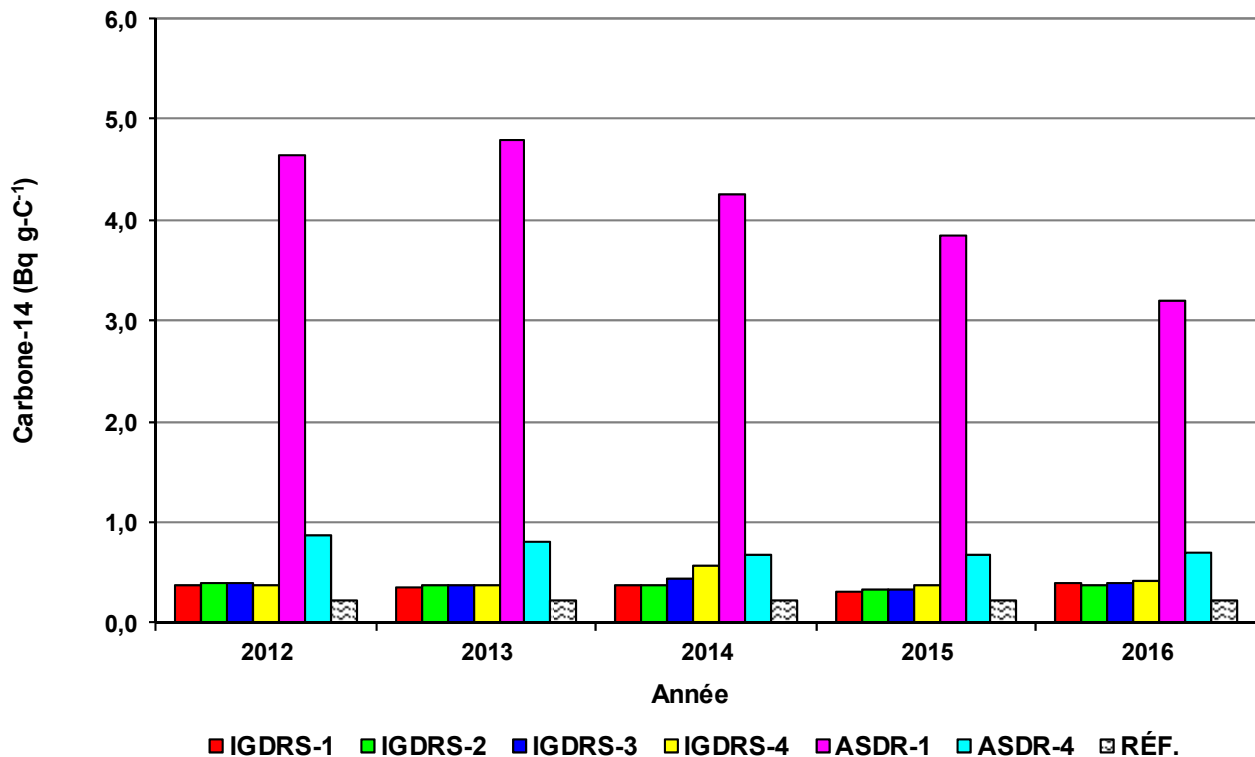


La figure 8-22 présente les valeurs de concentration annuelle moyenne de carbone-14 atmosphérique aux quatre stations en périphérie de l'IGDRS, à deux stations de l'ASDR et à la station de référence à Trois-Rivières (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A) pour la période 2012-2016.

Alors que la station où sont mesurées d'année en année les plus fortes concentrations de carbone-14 en périphérie des aires de stockage montre une diminution en comparaison de l'année précédente, les autres stations montrent plutôt une faible hausse pour la même période. En 2016, la diminution à la station ASDR-1 fut de 17 % alors qu'ailleurs, les hausses ont varié de 2 % (ASDR-4) à 25 % (IGDRS-1).

Quant à la station ASDR-1, la tendance à la baisse se poursuit encore en 2016. Mis à part une légère inversion de tendance en 2013, la concentration moyenne annuelle est en diminution constante depuis le changement du couvercle de la fosse C-7 en 2008. La station ASDR-1 est la plus proche de la fosse C-7, avant dernière de cette rangée de fosses. Depuis l'année 2008, la diminution globale y est de 48 %. Il est intéressant de noter que pour la même période, la diminution de la concentration moyenne annuelle de carbone-14 pour la station SCR-7 a aussi été chiffrée à 48 % précisément. Celle-ci est également située à proximité de la même fosse C-7, mais aussi de l'endroit où avait été temporairement entreposé l'ancien couvercle de cette fosse.

Figure 8-22 : Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations de l'IGDRS et de l'ASDR et à la station de référence pour la période 2012-2016



8.2.4 Aérosols

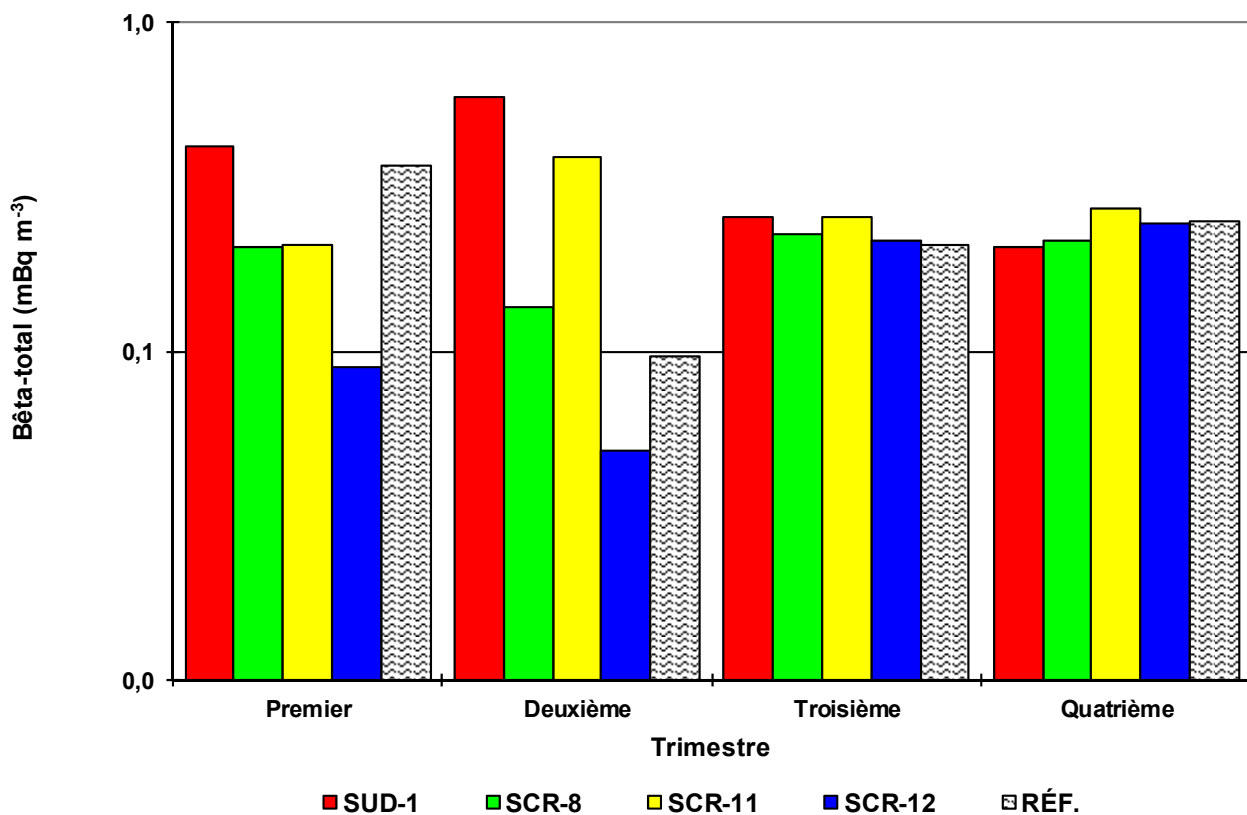
La surveillance radiologique de l'environnement spécifiquement dédiée aux aérosols cible les particules en suspension dans l'air. Elles sont échantillonnées à l'aide d'un filtre au travers duquel un volume connu d'air ambiant a circulé. Par la suite, le filtre est récupéré et analysé en laboratoire afin d'y déterminer l'activité bêta-total.

La figure 8-23 présente les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta-total issue des aérosols prélevés à quatre différentes stations figurant toujours au PSRE, au cours de l'année 2016 (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A). Compte tenu des faibles valeurs

colligées aux années antérieures, Hydro-Québec assure dorénavant la surveillance de l'activité radiologique des aérosols à des stations à proximité du site des installations de Gentilly-2 seulement, exception faite de la station de référence à Trois-Rivières.

En 2016, il est possible de constater que les variations des valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta-total sont encore du même ordre que celles mesurées à la station de référence. Pour les quatre stations suivies, la valeur mensuelle maximale observée en 2016 fut de $0,70 \text{ mBq m}^{-3}$, mesurée en mai à la station SUD-1. Les mesures d'activité bêta-total issue des aérosols sont sensibles aux poussières, au sable et au sel de déglacage, entre autres. Ces particules contiennent notamment du potassium-40 d'origine naturelle. C'est probablement ce qui explique les valeurs plus élevées des premier et second trimestres de l'année 2016, à la station SUD-1, puisque cette station est érigée directement aux abords de la route 132, à Bécancour.

Figure 8-23 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés aux stations SUD-1, SCR-8, SCR-11, SCR-12 et à la station de référence pour l'année 2016



Les figures 8-24 et 8-25 présentent à leur tour les mesures d'activité bêta-total relevées respectivement aux quatre stations de l'IGDRS et aux cinq stations de l'ASDR. Les mesures provenant de la station de référence y sont aussi illustrées (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A).

Les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta-total mesurée aux neuf stations de l'IGDRS et de l'ASDR sont également du même ordre que celles observées à la station de référence pour l'année 2016. Aucune valeur présentée aux figures 8-23, 8-24 et 8-25 ne témoigne d'un événement ou d'une situation qui aurait pu être source d'émissions particulières de radioactivité importante aux installations de Gentilly-2.

À l'IGDRS et à l'ASDR, la valeur mensuelle maximale d'activité bêta-total mesurée en 2016 fut de $0,50 \text{ mBq m}^{-3}$, alors que la même valeur maximale, à la station de référence, fut de $0,48 \text{ mBq m}^{-3}$. Cette comparaison confirme le fait que le stockage de déchets radioactifs aux installations de Gentilly-2 n'implique aucune dispersion environnementale de particules aérosols.

Figure 8-24 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'IGDRS et à la station de référence pour l'année 2016

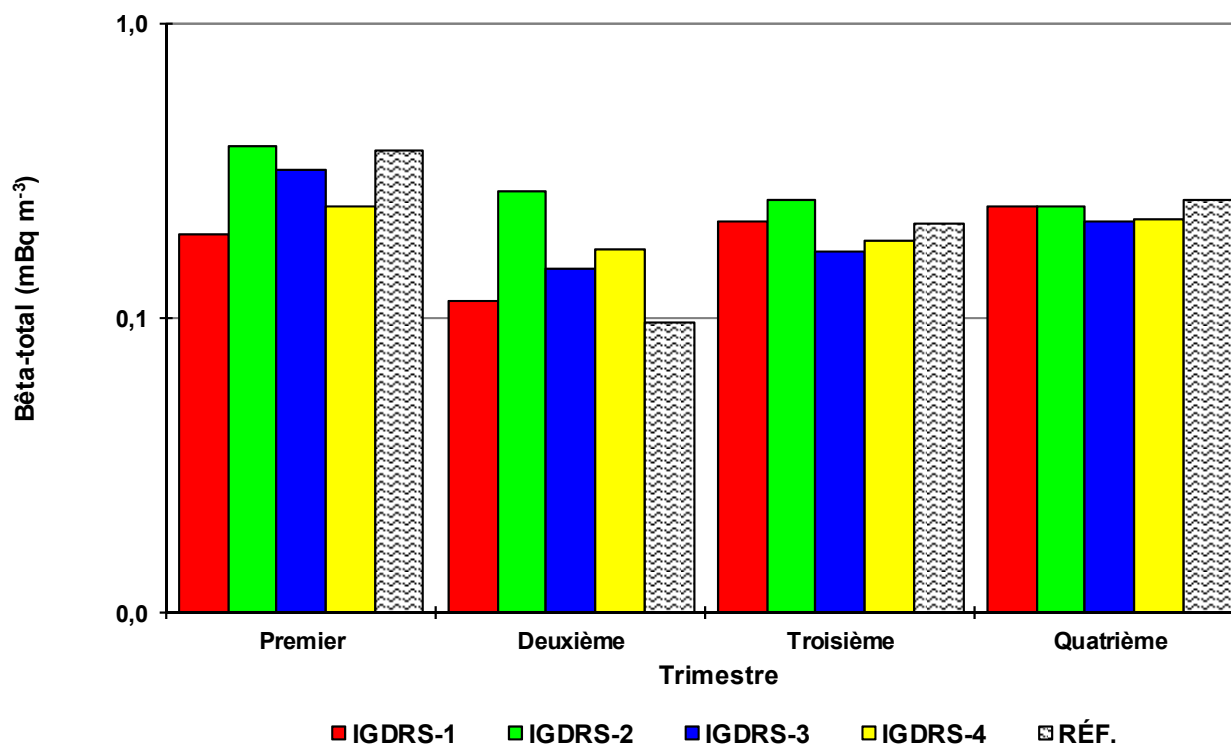
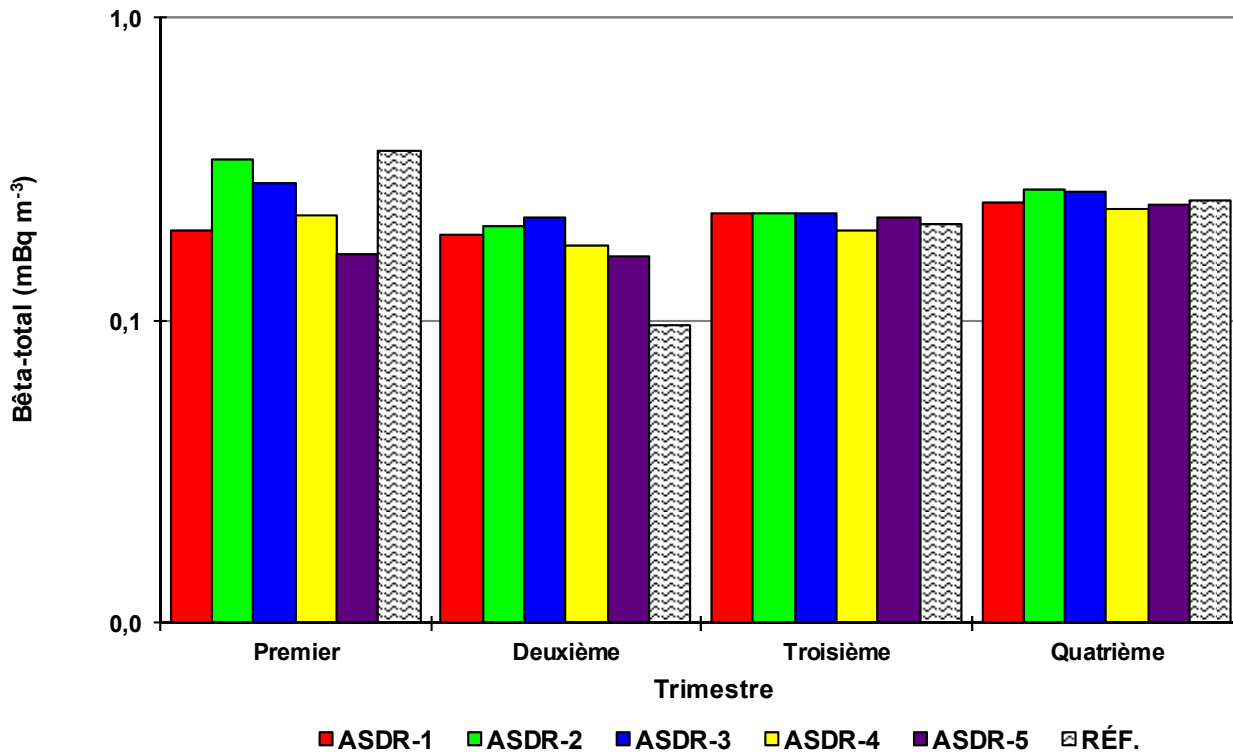


Figure 8-25 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2016



8.3 Surveillance de la qualité de l'eau

Cette section présente les résultats de la surveillance de la qualité radiologique des eaux de précipitations, de surface, d'infiltration, souterraines, de fonte de la neige ainsi que de l'eau potable sur le site des installations de Gentilly-2 et dans un environnement proche.

Compte tenu du nombre important de données individuelles impliquées à cette section et afin de ne pas en alourdir inutilement le traitement, la majorité des données sera abordée et présentée sous forme de moyennes mensuelles et trimestrielles. Le contrôle et la vigie considèrent par ailleurs chacune des données mesurées individuellement. Aussi, comme le spécifie le PSRE, toutes les valeurs d'activité bêta-total sont confrontées à des limites administratives qui peuvent déclencher des analyses supplémentaires et une spectrométrie gamma, le cas échéant.

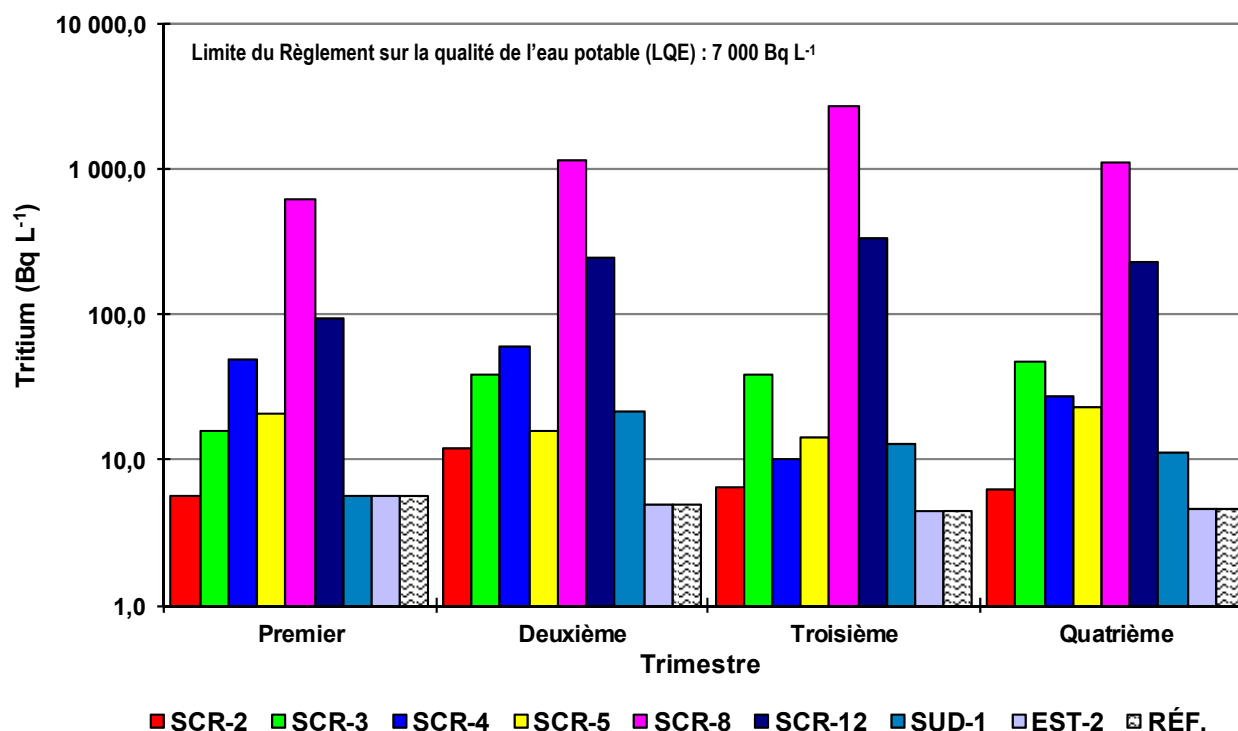
8.3.1 Précipitations

La figure 8-26 présente les valeurs moyennes trimestrielles des concentrations en tritium mesurées dans les eaux de précipitations (pluie ou neige). Le suivi est réalisé à huit SCR identifiées sur les cartes de l'annexe A :

- SCR-3, 8 et 12 de la zone d'exclusion (carte A-1) ;
- SCR-2, 4, 5, et SUD-1 et EST-2 dans la zone rapprochée (carte A-4) ;
- station de référence de Trois-Rivières (carte A-4).

Sur une base liquide, les précipitations enregistrées mensuellement au site de Gentilly-2 ont varié au cours de l'année 2016 de 46 mm (septembre) à 202 mm (octobre).

Figure 8-26 : Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations SCR-2 à SCR-5, SCR-8, SCR-12, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2016



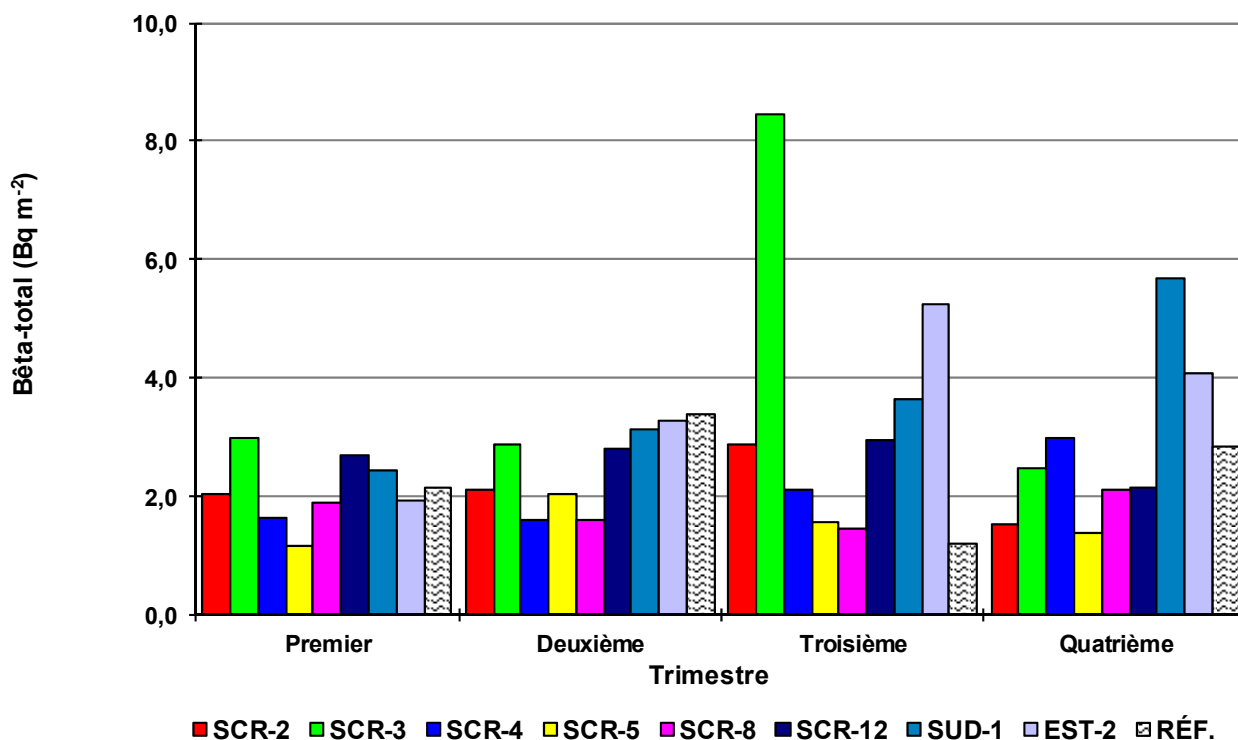
La concentration trimestrielle moyenne maximale de tritium mesurée dans les eaux de précipitations aux stations de contrôle s'élève à 2 718 Bq L⁻¹ (SCR-8, 3^e trimestre) alors que les concentrations mesurées à la station de référence sont de l'ordre de 5 Bq L⁻¹. La valeur obtenue à la station SCR-8 se compare à la concentration trimestrielle moyenne maximale obtenue en 2015 (2 669 Bq L⁻¹). Comme cette station est la plus rapprochée de la cheminée principale, il était attendu que les valeurs les plus élevées y soient mesurées.

Le résultat trimestriel moyen de tritium le plus faible a quant à lui été de 4,5 Bq L⁻¹ (EST-2, 3^e trimestre). Cette station n'est pas dans l'axe des vents dominants et n'est pas située directement sur le site des installations de Gentilly-2.

Les moyennes trimestrielles mesurées en 2016 sont comparables à celles des années précédentes. Les variations observées sont dues à plusieurs facteurs, parmi lesquels on trouve : les rejets à la cheminée, l'emplacement des stations d'échantillonnage, leur proximité par rapport au principal point d'émissions, la stabilité atmosphérique, l'intensité des précipitations et la direction des vents. Les concentrations de tritium dans les eaux de précipitations indiquent par ailleurs que le panache de dispersion du tritium émanant du principal point d'émissions a rapidement tendance à être rabattu à faible distance et à l'intérieur de la zone d'exclusion.

La figure 8-27 présente les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta-total dans les eaux de précipitations, aux mêmes SCR que celles présentées à la figure 8-26. L'activité bêta-total issue des eaux de précipitations est principalement liée aux particules radioactives aéroportées par les vents et rabattues lors de précipitations. Pour l'année 2016, aucune valeur mensuelle n'a été supérieure à 10 Bq m^{-2} à l'exception de la valeur obtenue à la station SCR-3 en août qui a été de $17,8 \text{ Bq m}^{-2}$. Cette valeur a atteint le critère déclencheur (10 Bq m^{-2}) demandant une analyse additionnelle de spectrométrie gamma. Cette analyse supplémentaire a permis l'identification du principal radionucléide en cause, soit le potassium-40 (13 Bq m^{-2}), lequel a une teneur naturelle élevée.

Figure 8-27 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les précipitations aux stations SCR-2 à SCR-5, SCR-8, SCR-12, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2016

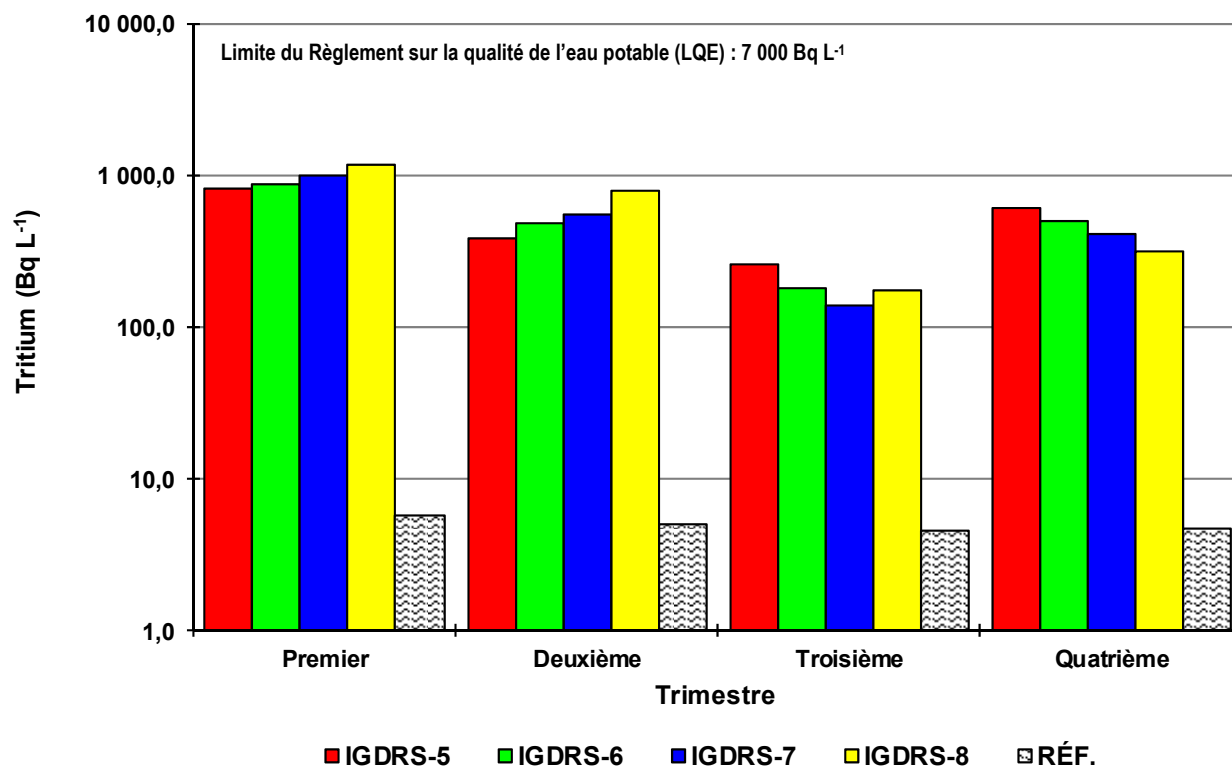


La figure 8-28 illustre les valeurs trimestrielles moyennes d'activité de tritium dans les eaux de précipitations pour les quatre stations ceinturant le périmètre clôturé de l'IGDRS (IGDRS-5 à IGDRS-8 ; carte A-6 de l'annexe A) et à la station de référence (carte A-4 de l'annexe A), pour l'année 2016.

Les faibles variations d'activité en tritium entre les stations de l'IGDRS, situées à proximité l'une de l'autre, 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 schème deviendrait assurément tout autre.

La valeur moyenne maximale d'activité de tritium a été de 1 186 Bq L⁻¹ (IGDRS-8, 1^{er} trimestre). Au cours des premiers mois de l'année, les vents d'origine nord-est et est-nord-est sont fréquents et expliquent le fait que les émissions atmosphériques de la cheminée principale affectent particulièrement les teneurs en tritium dans les eaux de précipitations de l'IGDRS, collectées aux quatre stations.

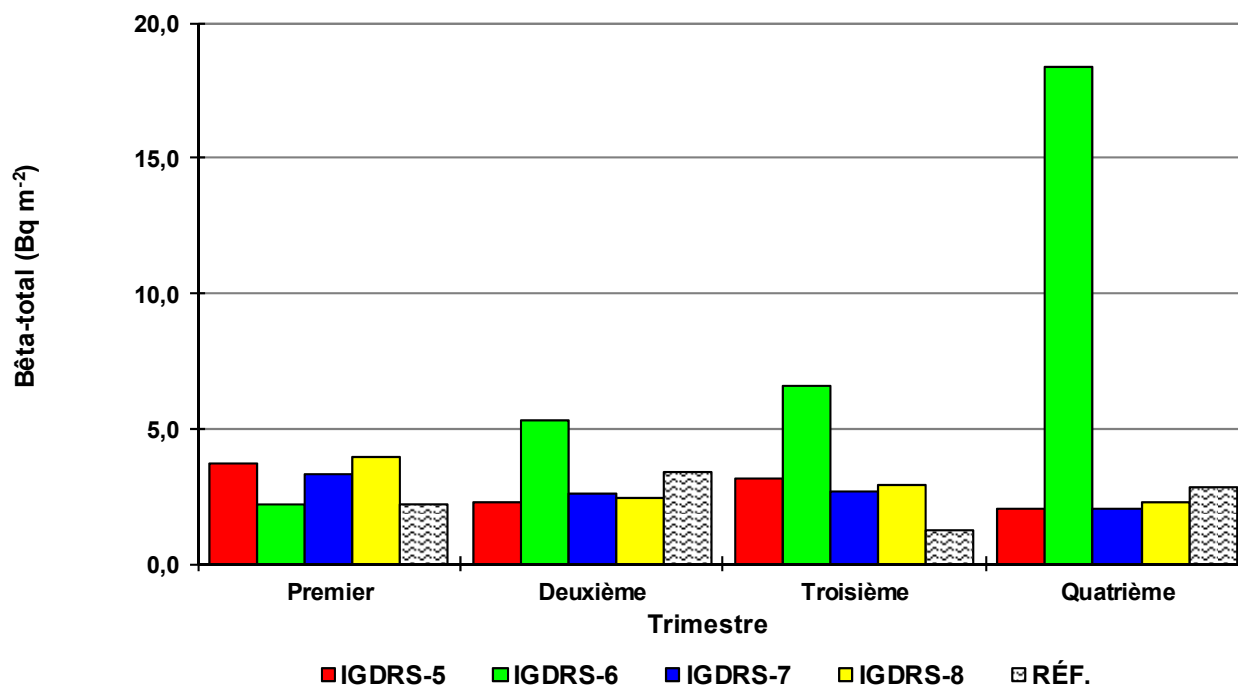
Figure 8-28 : Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations IGDRS-5 à 8 et à la station de référence pour l'année 2016



La figure 8-29 illustre les valeurs trimestrielles moyennes de l'activité bêta-total dans les eaux de précipitations des quatre stations à proximité de l'IGDRS et de la station de référence, pour l'année 2016. La moyenne trimestrielle maximale s'élève à

18,4 Bq m⁻² (IGDRS-6, 4^e trimestre). Quatre valeurs mensuelles mesurées à la station IGDRS-6 ont été supérieures à 10 Bq m⁻², soit en juin (10,4 Bq m⁻²), en juillet (11,0 Bq m⁻²), en octobre (12,9 Bq m⁻²) et en novembre (41,2 Bq m⁻²). Ces valeurs ont atteint le critère déclencheur (10 Bq m⁻²) demandant une analyse additionnelle de spectrométrie gamma sur les mêmes échantillons. Les analyses supplémentaires ont permis d'identifier le potassium-40 comme étant le principal radionucléide en cause.

Figure 8-29 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les précipitations aux stations IGDRS-5 à 8 et à la station de référence pour l'année 2016



8.3.2 Eaux de surface

Les eaux de surface du site sont principalement alimentées par les précipitations et par 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 radiologiques en tritium et en bêta-total, dans les eaux de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS, sont présentés aux figures 8-30, 8-31 et 8-32.

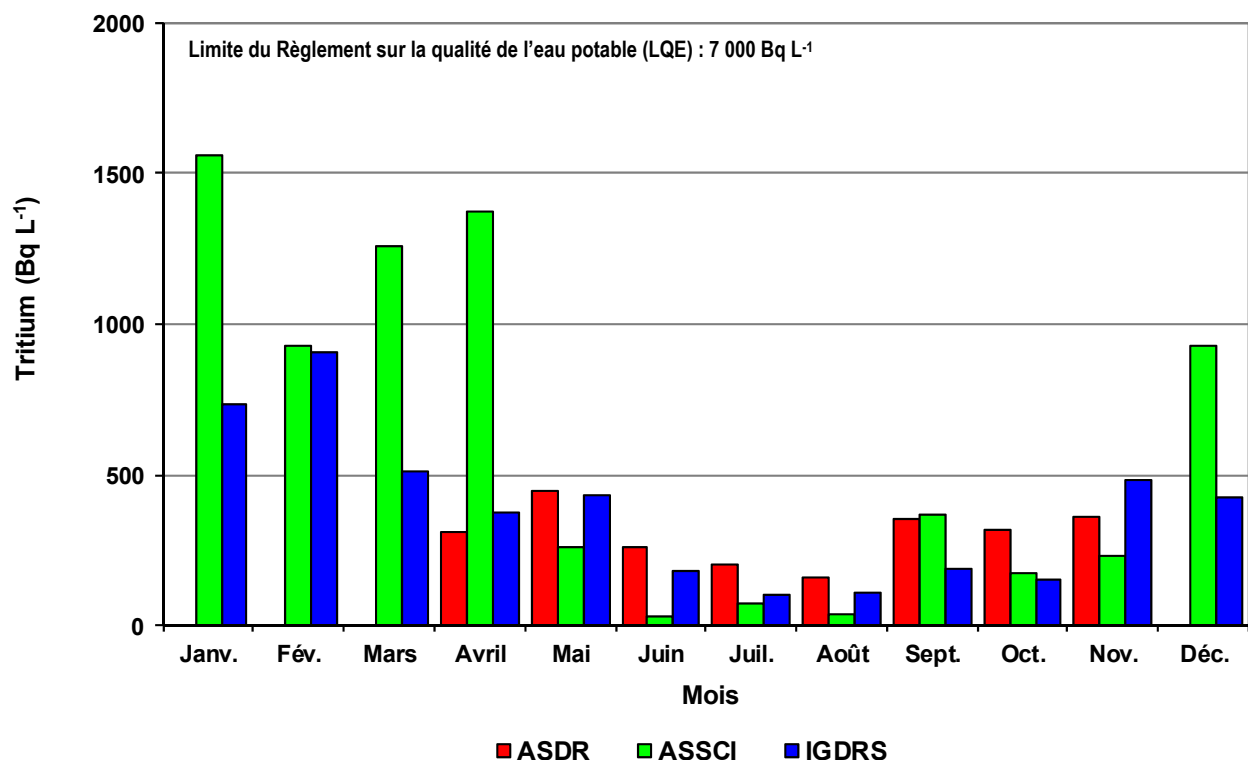
Les résultats illustrés représentent :

- 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) pour la série identifiée IGDRS.

L'emplacement précis de chacun de ces points est illustré sur la carte A-1 de l'annexe A. L'absence de certaines données est attribuable au fait que certains points d'échantillonnage puissent être secs ou gelés au moment du prélèvement.

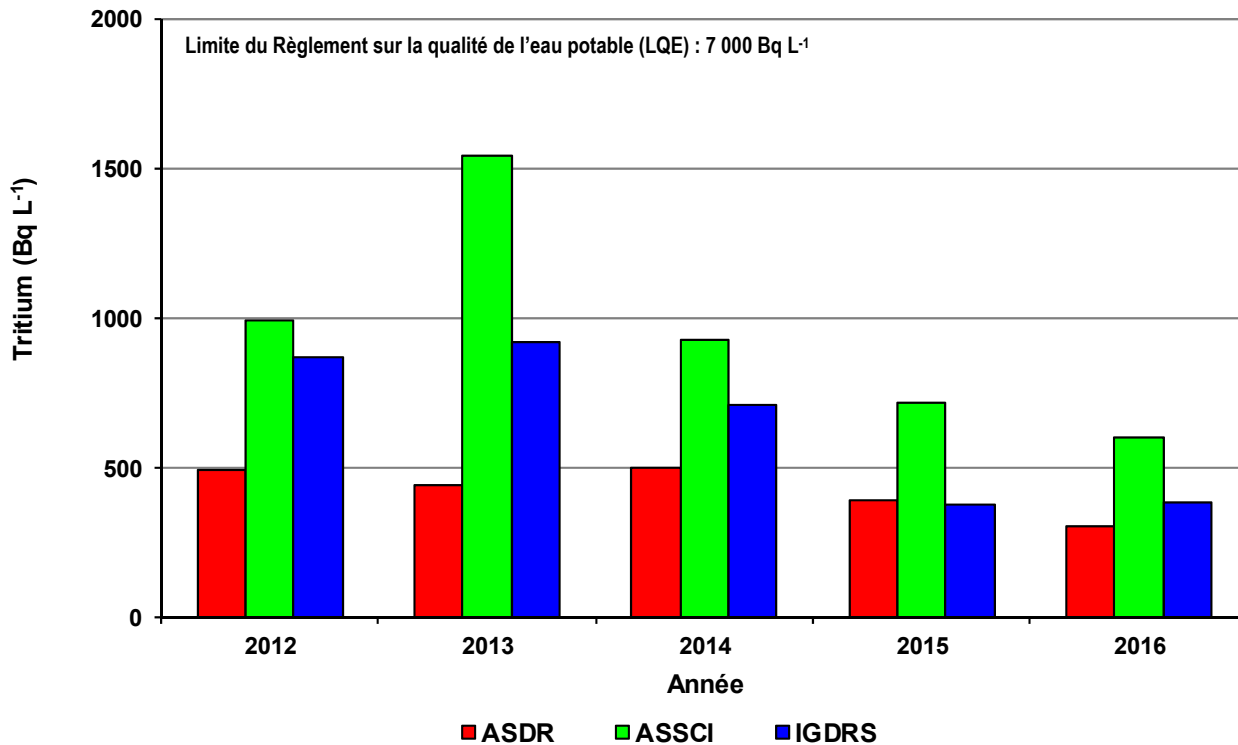
La figure 8-30 illustre les moyennes mensuelles de l'activité en tritium dans l'eau de surface mesurée aux différents points d'échantillonnage. En 2016, les valeurs ont varié de 33 Bq L⁻¹ (ASSCI, en juin) à 1 563 Bq L⁻¹ (ASSCI, en janvier). À titre de mise en contexte, rappelons que l'actuelle concentration limite de tritium édictée au règlement provincial sur la qualité de l'eau potable est de 7 000 Bq L⁻¹.

Figure 8-30 : 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 2016



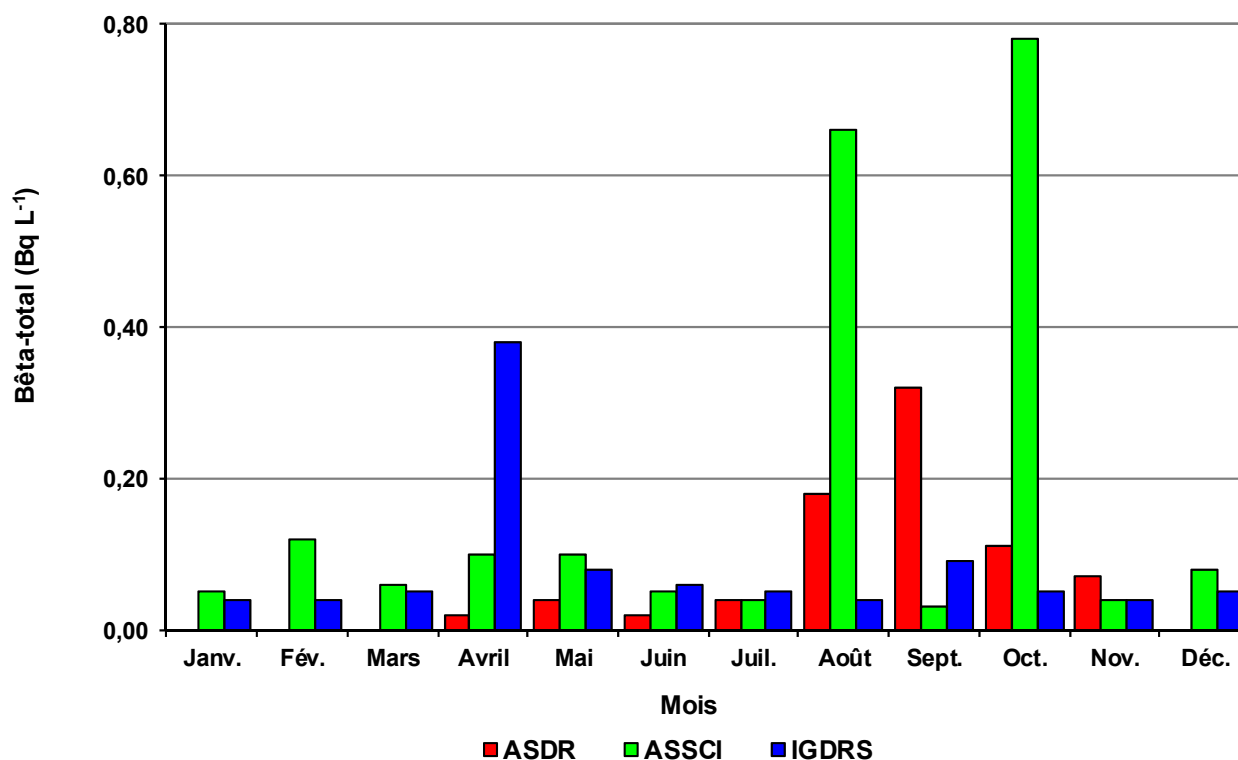
Les valeurs annuelles moyennes de l'activité en tritium des eaux de surface à l'ASDR, à l'IGDRS et à l'ASSCI paraissent à la figure 8-31. Comparativement à l'année précédente, les données de l'année 2016 indiquent des diminutions de 22 % pour l'ASDR, de 16 % pour l'ASSCI et de près de 3 % pour l'IGDRS.

Figure 8-31 : 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 2012-2016



Les mesures mensuelles de l'activité bêta-total obtenues sur des prélèvements d'eau de surface à l'ASDR, à l'ASSCI et à l'IGDRS sont présentées à la figure 8-32. En 2016, la valeur maximale mesurée a été de 0,78 Bq L⁻¹ (ASSCI, en octobre). Bien que cette valeur soit élevée par rapport à celles mesurées à l'IGDRS et à l'ASDR ou aux autres mois à l'ASSCI, elle demeure en deçà du critère déclencheur de 1 Bq L⁻¹ du PSRE demandant 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 échantillonnée.

Figure 8-32 : Moyenne mensuelle de l'activité bêta-total dans les échantillons d'eau de surface autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016



Le suivi des eaux de surface demande 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 des trois points d'échantillonnage en amont (A) et en aval (B et C) du canal de rejet des eaux de refroidissement et de procédés des installations de Gentilly-2.

Des échantillons ont été prélevés aux trois points d'échantillonnage en mai, juin, août et octobre 2016. Seulement quatre des 12 échantillons analysés avaient une teneur en tritium supérieure à la LD ($< 6 \text{ Bq L}^{-1}$), soit deux échantillons prélevés au point B (71 Bq L^{-1} en mai et 7 Bq L^{-1} en juin) et deux échantillons prélevés au point C (172 Bq L^{-1} en mai et 68 Bq L^{-1} en août). Les concentrations mesurées aux points B et C s'expliquent par le temps écoulé entre le dernier rejet de réservoir de récupération des eaux radioactives et le moment d'échantillonnage.

8.3.3 Eaux d'infiltration

Les eaux d'infiltration 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 très élevée, les teneurs en tritium qui y sont mesurées sont étroitement liées à celles des eaux de surface. Tel que discuté précédemment, les

conditions climatiques peuvent aussi influencer les concentrations de tritium des 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 bêta-total dans les eaux d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS sont présentés aux figures 8-33, 8-34 et 8-35.

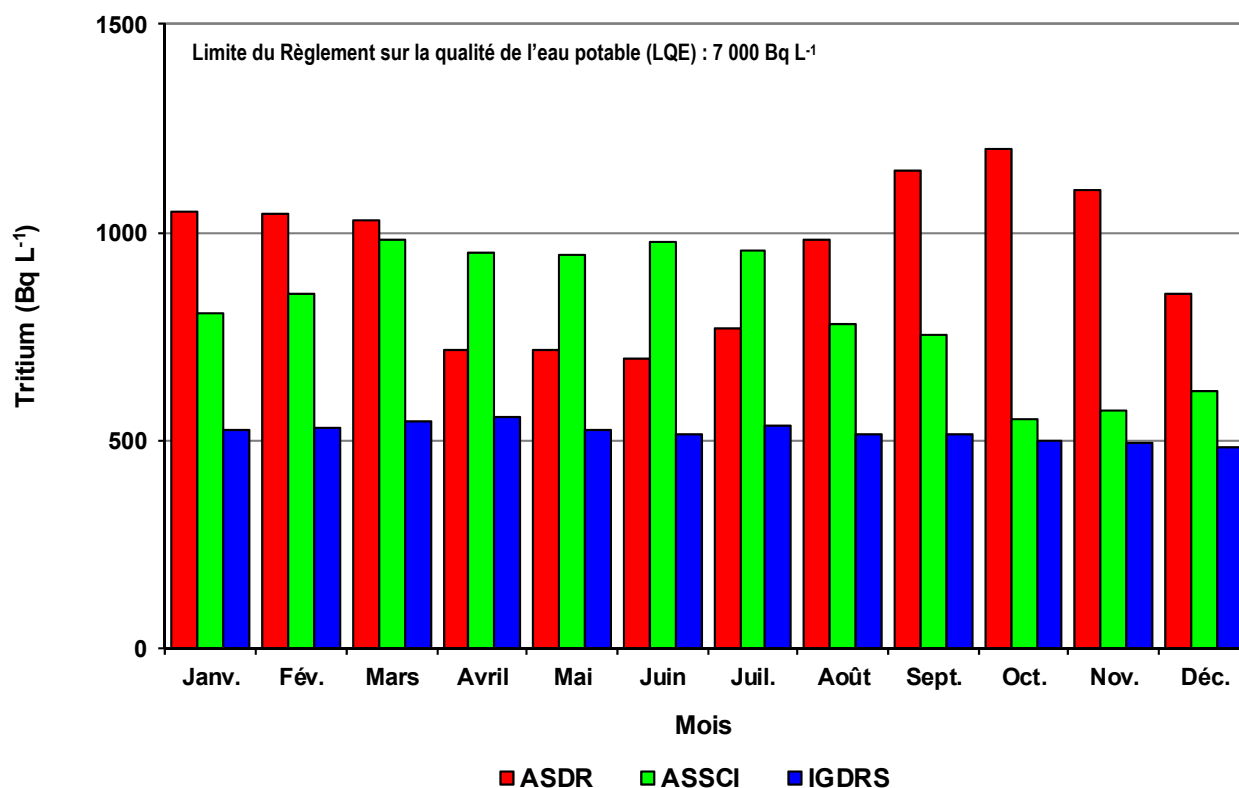
Les résultats illustrés représentent :

- 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.

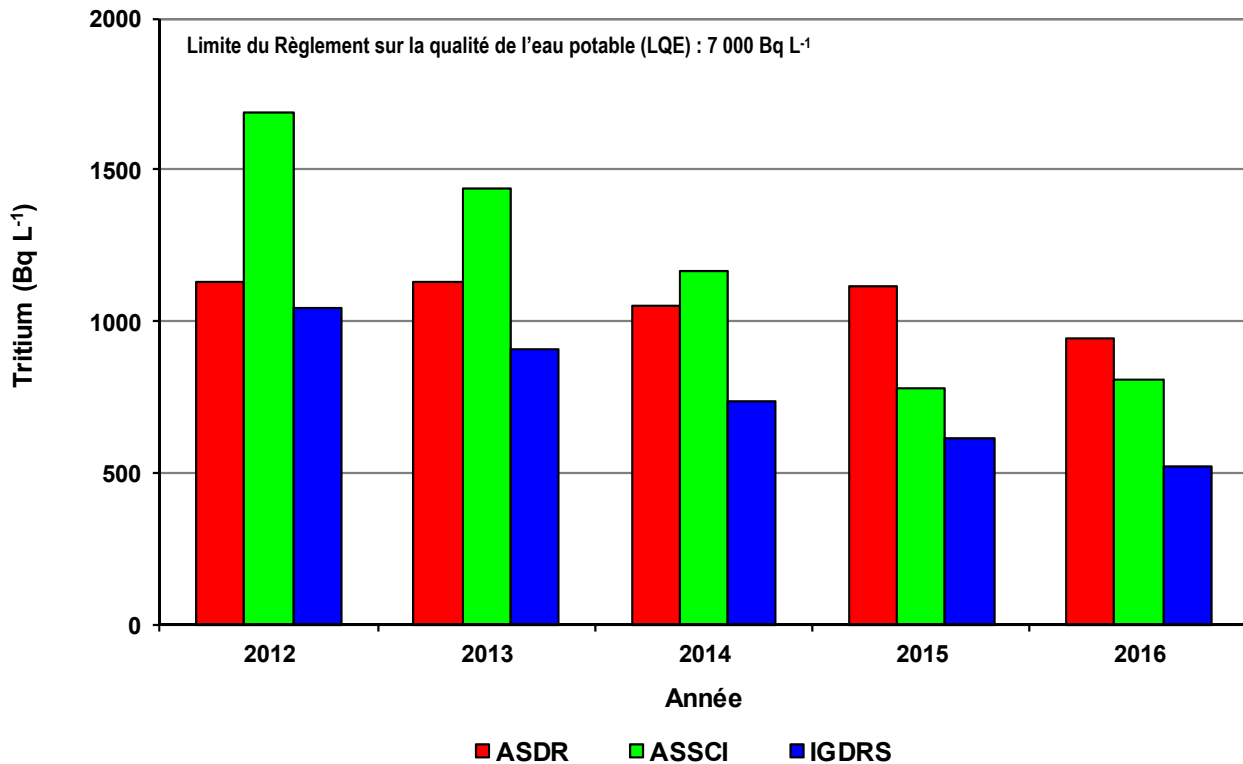
La figure 8-33 présente pour sa part les moyennes mensuelles de l'activité en tritium mesurée aux différents points d'échantillonnage de l'ASDR, de l'IGDRS et de l'ASSCI. En 2016, les valeurs ont varié de 482 Bq L⁻¹ (IGDRS, en décembre) à 1 201 Bq L⁻¹ (ASDR, en octobre). Les valeurs moyennes maximales des deux autres installations ont été de 981 Bq L⁻¹ (ASSCI, en mars) et de 554 Bq L⁻¹ (IGDRS, en avril). Dans l'ensemble, les moyennes mensuelles calculées pour l'IGDRS sont plus stables que celles mesurées à l'ASDR et à l'ASSCI.

Figure 8-33 : Moyenne mensuelle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016



La figure 8-34 présente, pour la période 2012-2016, 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 2016 à celles de l'année précédente, on observe une diminution de près de 16 % pour l'ASDR et l'IGDRS et une augmentation de près de 4 % pour l'ASSCI.

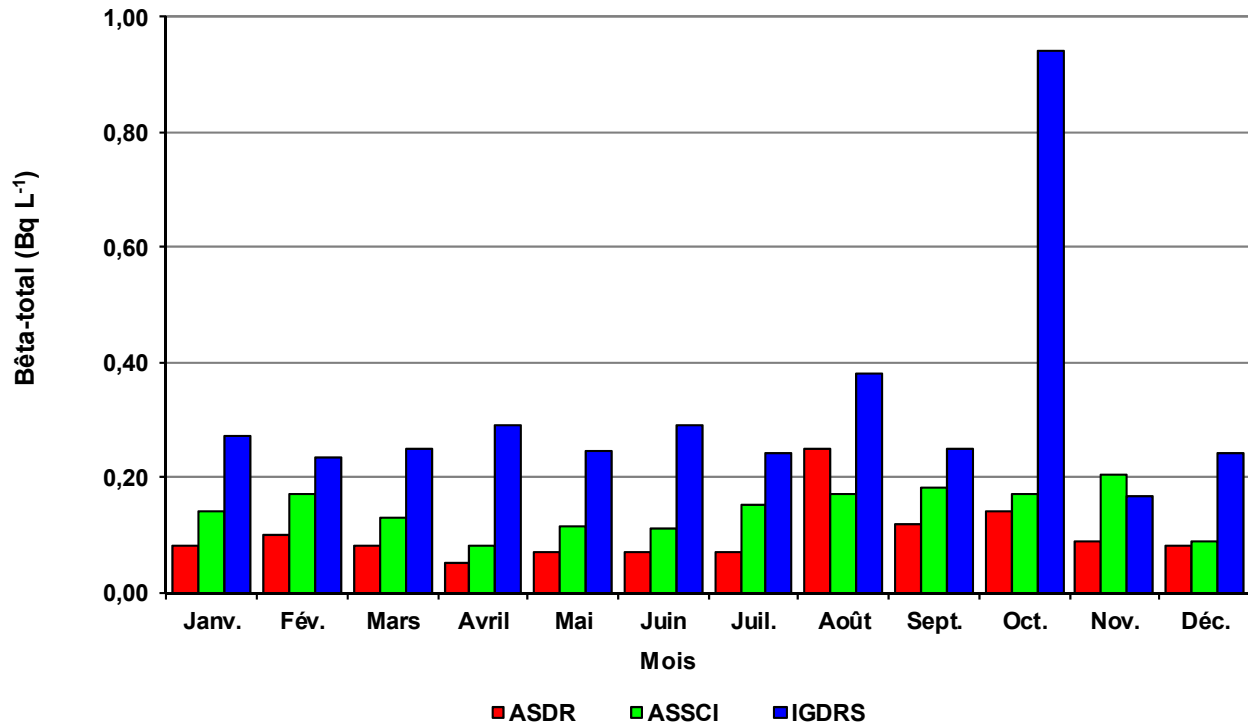
Figure 8-34 : Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2012-2016



La surveillance de l'activité bêta-total de l'eau d'infiltration prélevée à proximité des installations est réalisée au moyen d'échantillons composites. L'évolution des concentrations mensuelles à l'ASDR, à l'ASSCI et à l'IGDRS est illustrée à la figure 8-35.

À l'exception d'une valeur de 0,94 Bq L⁻¹ mesurée en octobre à l'IGDRS, toutes les valeurs d'activité bêta-total mesurées en 2016 dans l'eau d'infiltration étaient inférieures ou égales à 0,38 Bq L⁻¹. Bien que plus élevées que la moyenne, la concentration mesurée en octobre 2016 était tout de même inférieure au déclencheur d'une analyse de spectrométrie gamma.

Figure 8-35 : Moyenne mensuelle de l'activité bêta-total dans les échantillons d'eaux d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016



8.3.4 Eaux souterraines

Le volet des eaux souterraines abordé dans cette section porte sur les eaux prélevées dans le roc profond ainsi que celles situées à l'interface du roc et des dépôts meubles. Sur le site des installations de Gentilly-2, ces eaux sont situées à des profondeurs moyennes variant entre 5 et 8 m. Ces eaux ont une mobilité plus faible que les eaux d'infiltration expliquant notamment pourquoi les valeurs d'activité en tritium y sont moins élevées. Les résultats d'analyses radiologiques en tritium et bêta-total dans les eaux souterraines hors du site et autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS sont présentés aux figures 8-36, 8-37 et 8-38.

Les résultats illustrés représentent :

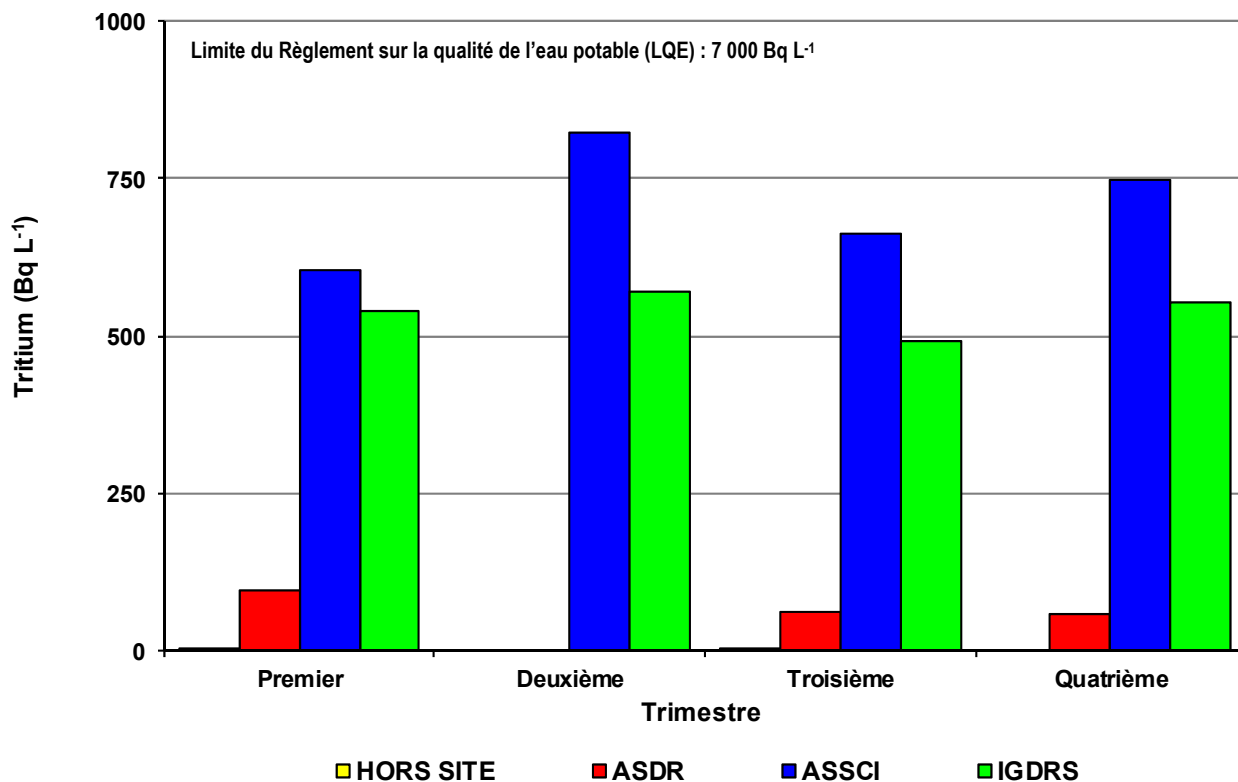
- une moyenne des mesures relevées semestriellement aux points A'-5, E-5 et EP-2 à l'extérieur de la zone d'exclusion pour la série identifiée HORS SITE ;
- une moyenne des mesures relevées aux points A-1, D-1 et D'-1 pour la série identifiée ASDR ;
- une moyenne des mesures relevées au point A-2 ainsi 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.

Les résultats des analyses semestrielles de la teneur en tritium dans les eaux souterraines hors du site, présentés à la figure 8-36, sont tous inférieurs à la LD de 5 Bq L⁻¹. Ces valeurs indiquent notamment l'absence d'une quelconque influence des rejets de l'installation nucléaire sur les eaux des nappes phréatiques au-delà de la zone d'exclusion.

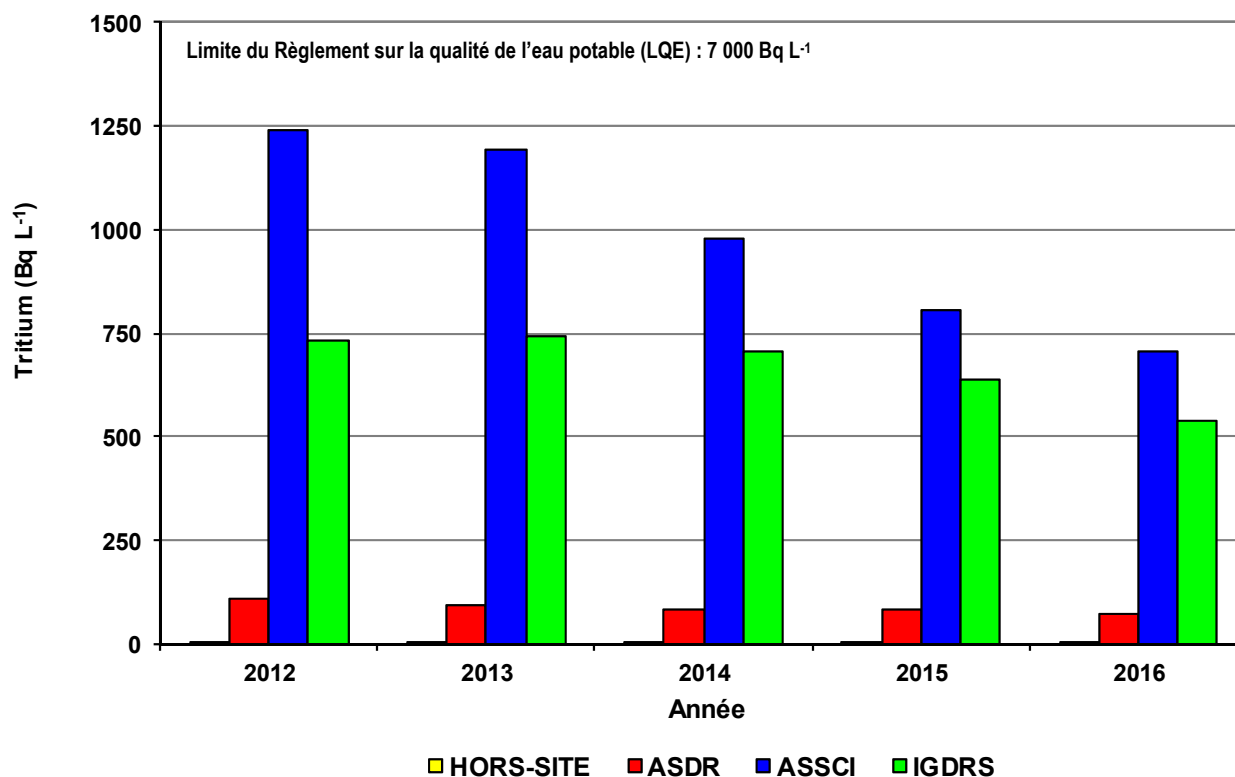
En ce qui concerne les concentrations de tritium dans les eaux souterraines de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS, les valeurs moyennes les plus élevées ont été mesurées à l'ASSCI, où la valeur maximale a été de 821 Bq L⁻¹ au second trimestre.

Figure 8-36 : Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS et hors site pour l'année 2016



La figure 8-37 présente, pour la période 2012-2016, les moyennes annuelles de l'activité en tritium dans l'eau souterraine à proximité de l'ASDR, de l'ASSCI, de l'IGDRS et hors du site. En comparant les valeurs moyennes annuelles de l'année 2016 à celles de l'année précédente, on observe des diminutions de l'ordre de 14 %, 12 % et 16 % respectivement autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS.

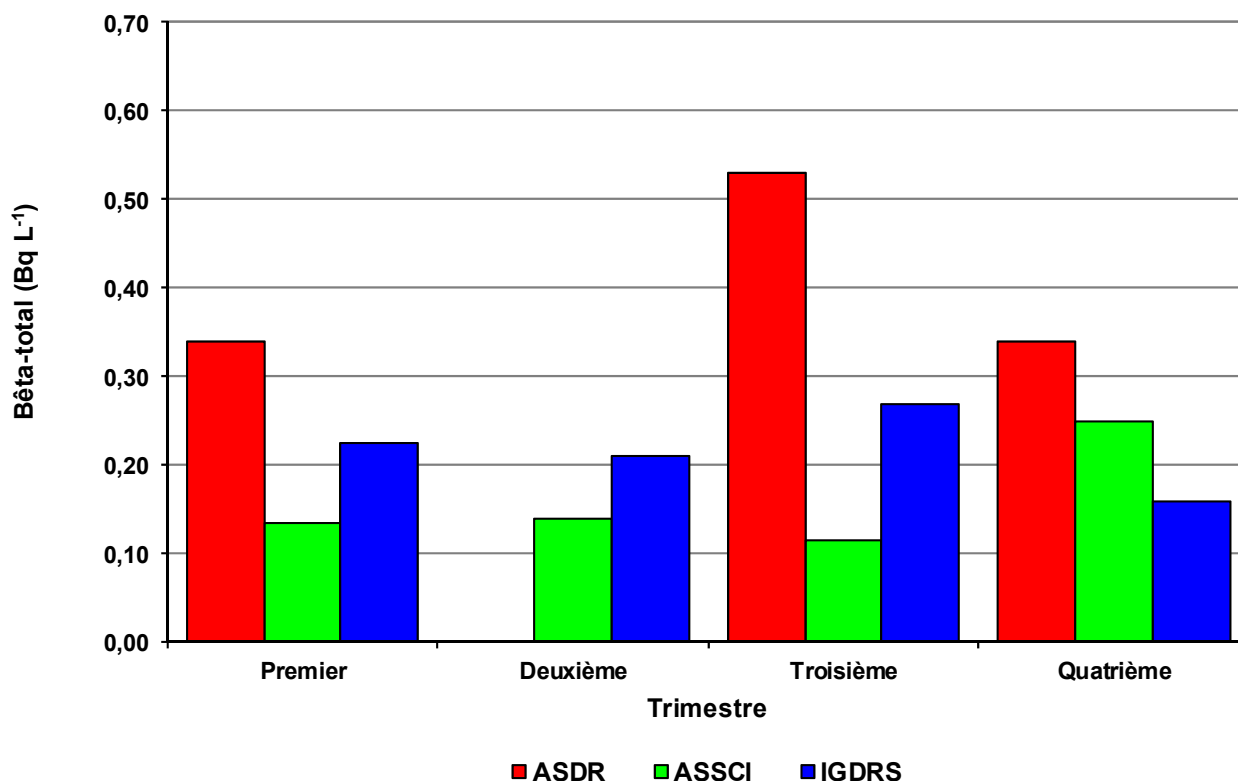
Figure 8-37 : Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS et hors site pour la période 2012-2016



Le suivi radiologique de l'activité bêta-total de l'eau souterraine prélevée autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS est également réalisé à partir d'échantillons composites. Les moyennes trimestrielles sont présentées à la figure 8-38. Toutes les valeurs recueillies au cours de l'année 2016 sont égales ou inférieures à une activité de 0,34 Bq L⁻¹ à l'exception d'une valeur de 0,53 Bq L⁻¹ (ASDR, 3^e trimestre). Cette valeur a atteint le critère déclencheur (0,35 Bq L⁻¹) demandant un suivi de l'activité bêta-total sur les échantillons unitaires pendant au moins trois mois ainsi qu'une analyse additionnelle de spectrométrie gamma.

Les analyses supplémentaires ont permis d'identifier les radionucléides en cause soit : le potassium-40, le césium-137, le bismuth-211, le bismuth-214, le plomb-211 et le plomb-214. Le potassium-40 est un radionucléide d'origine naturelle alors que la présence du césium-137, mesuré dans un seul échantillon (0,32 Bq L⁻¹ à D'-1), peut possiblement être attribuable aux essais nucléaires passés et aux événements tels que celui de Tchernobyl. Les autres radionucléides mesurés sont quant à eux des produits de filiation des chaînes de désintégration de l'uranium-235, de l'uranium-238 et du thorium-232.

Figure 8-38 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans l'eau souterraine autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2016



8.3.5 Eaux de fonte de la neige

Le lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2, dûment autorisé par le MDDELCC, est aménagé au sud de l'IGDRS (carte A-3 de l'annexe A). Durant la période de fonte de la neige, l'échantillonnage des eaux de fonte se fait en plusieurs points ceinturant le site d'élimination de neige, soit :

- à la vanne guillotine (1520-V1) de la digue pour l'eau de ruissellement ;
- à l'horizon C de quatre points d'échantillonnage (P-1, P-35, P-37 et P-39) dont la partie perméable est située au niveau des dépôts meubles.

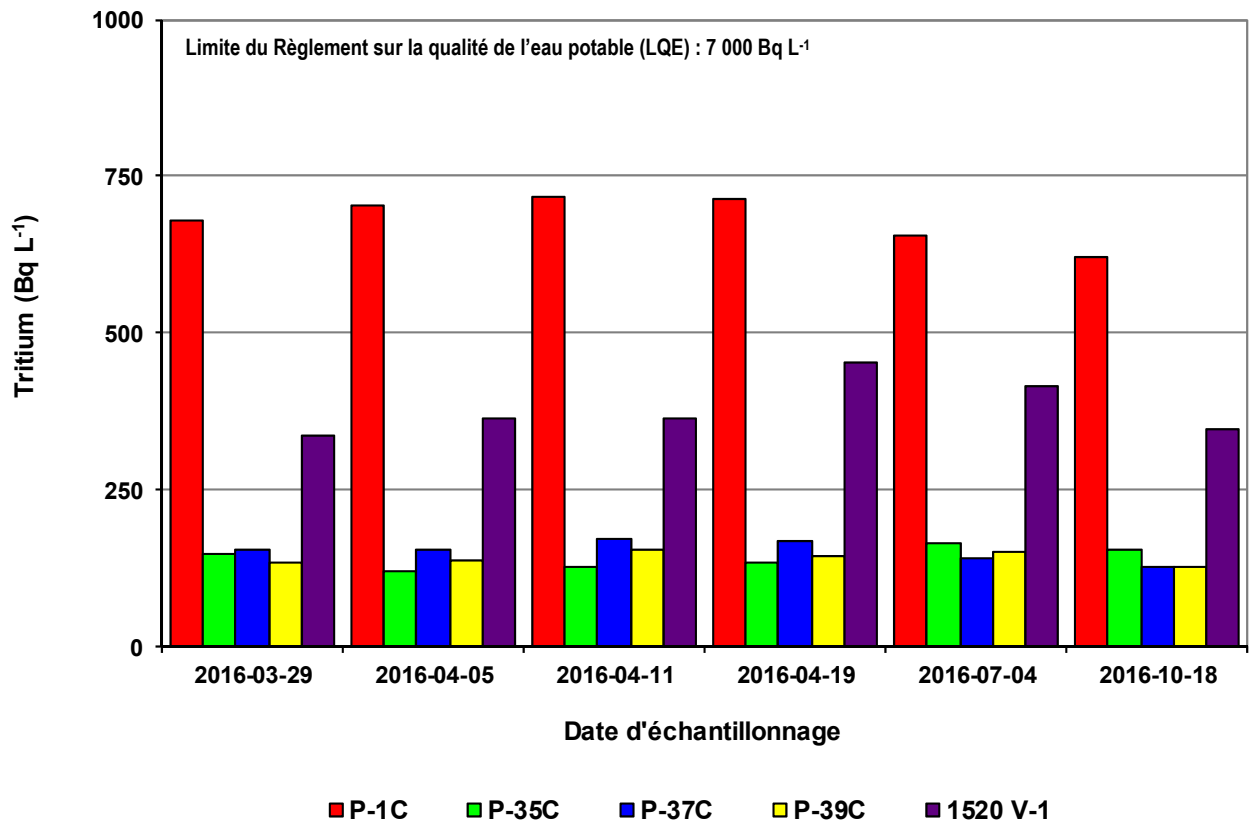
Ces points d'échantillonnage sont présentés à la carte A-3 de l'annexe A.

L'activité radiologique en tritium à ces différents points est présentée à la figure 8-39. Pour les eaux de surface, les activités en tritium ont varié de 336 Bq L⁻¹ à 453 Bq L⁻¹ à la vanne guillotine (1520-V1).

Pour les eaux d'infiltration, les valeurs ont varié de 120 Bq L⁻¹ (P-35C) à 716 Bq L⁻¹ (P-1C). Les eaux de l'horizon C sont relativement stables, sous un seuil de

concentration de 750 Bq L^{-1} , indiquant notamment que les eaux de fonte sont rapidement évacuées du bassin dans lequel est entassée la neige, lorsqu'il est utilisé.

Figure 8-39 : Mesure de l'activité en tritium dans l'eau de surface et dans l'eau souterraine (horizon C) au lieu d'élimination de neige pour l'année 2016



8.3.6 Eau potable

Le PSRE de Gentilly-2 stipule que l'eau potable doit être prélevée mensuellement à quatre points d'échantillonnage fixes. Ces points sont situés dans la région avoisinant les installations de Gentilly-2. Les échantillons sont prélevés dans le système de distribution d'eau potable de la ville de Trois-Rivières, de celui du secteur Gentilly de la ville de Bécancour et de celui de la municipalité de Champlain, ainsi que dans un puits artésien d'une ferme de la rive sud du fleuve (secteur de Gentilly). En 2016, tous les résultats d'analyse de tritium sur les quatre points d'échantillonnage ont été inférieurs au seuil de détection fixé à 6 Bq L^{-1} , et très largement inférieurs à la concentration limite de tritium édictée au règlement provincial sur la qualité de l'eau potable ($7\,000 \text{ Bq L}^{-1}$).

8.4 Surveillance de la qualité des sols et des sédiments

Cette section présente les résultats de la surveillance des sols arables de trois fermes et des sédiments dynamiques prélevés dans le fleuve Saint-Laurent.

8.4.1 Sols arables

Le PSRE adapté prévoit que, dorénavant, la dispersion radiologique dans les sols arables sera évaluée en effectuant des prélèvements dans les champs de trois fermes (Fermes n^{os} 1, 2 et 3) situées dans la région (carte A-4 de l'annexe A). Deux fermes sont situées sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent (Fermes n^{os} 1 et 2) et l'autre, sur la rive nord (Ferme n^o 3).

Les échantillons de sol ont été prélevés le 14 avril 2016 aux trois fermes. Le tableau 8-1 présente l'activité maximale des trois radionucléides mesurés dans les sols arables des trois fermes.

Tableau 8-1 : Radioactivité maximale mesurée dans les sols arables aux trois fermes collaborant au PSRE pour l'année 2016

Radionucléide	Activité maximale mesurée (LD) (Bq kg ⁻¹)	Ferme
⁷ Be	9,1 (0,9)	n ^o 3
⁴⁰ K	1 050 (31)	n ^o 2
¹³⁷ Cs	6,2 (0,2)	n ^o 3

Le béryllium-7 mesuré dans les sols est d'origine cosmique alors que le potassium-40 est un des radionucléides le plus fréquemment rencontrés dans les roches, à des teneurs naturelles variant entre 70 et 1 500 Bq kg⁻¹, selon le type (Eisenbud et Gesell, 1997). La présence du césium-137 peut, quant à elle, être attribuable aux essais nucléaires passés et aux événements tels que celui de Tchernobyl. Ces radionucléides sont mesurés année après année et les résultats obtenus en 2016 sont comparables à ceux obtenus au cours des années antérieures.

8.4.2 Sédiments dynamiques

Des sédiments dynamiques sont prélevés dans le fleuve Saint-Laurent à trois emplacements différents, présentés à la carte A-7 de l'annexe A. La station A, située à environ 1 km en amont de la prise d'eau de l'installation de Gentilly-2, constitue la station témoin. Les stations B et C sont celles susceptibles d'être affectées par les effluents liquides radioactifs de l'installation nucléaire de Gentilly-2. La station B est située à l'embouchure du canal de rejet alors que la station C se trouve à environ 2 km en aval, dans l'anse à Lemarier. En 2016, des échantillons de sédiments ont été prélevés le 21 juin, le 9 août et le 17 octobre aux trois stations. L'activité maximale de chacun des radionucléides mesurés est présentée au tableau 8-2.

Tableau 8-2 : Radioactivité maximale mesurée dans les sédiments dynamiques du fleuve Saint-Laurent près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016

Radionucléide	Activité maximale mesurée (LD) (Bq kg ⁻¹)		
	A (amont)	B (aval)	C (aval)
⁷ Be	133 (4)	123 (5)	108 (4)
⁴⁰ K	695 (21)	690 (17)	727 (22)
⁶⁰ Co	< 0,39	103 (1)	2,4 (0,1)
⁵⁴ Mn	< 0,24	< 1,3	< 0,37
⁹⁴ Nb	< 0,32	< 1,1	< 0,33
⁹⁵ Nb	< 0,62	< 1,7	< 0,65
⁹⁵ Zr	< 0,79	< 2,2	< 0,82
¹²⁴ Sb	< 0,40	< 1,2	< 0,42
¹²⁵ Sb	< 0,81	< 2,7	< 0,83
¹³⁷ Cs	6,8 (0,2)	11,0 (0,5)	6,1 (0,2)
¹⁵³ Gd	< 0,70	< 1,6	< 0,67
²³⁵ U	3,1 (0,2)	2,7 (0,4)	2,8 (0,2)
²³⁸ U	39 (2)	50 (4)	36 (2)

Du béryllium-7, du potassium-40, du césium-137, de l'uranium-235 et de l'uranium-238 ont été détectés dans les sédiments des trois stations. Aucune relation n'est observée entre l'emplacement des stations et l'activité du béryllium-7, du potassium-40, de l'uranium-235 et de l'uranium-238. Ces résultats suggèrent une faible influence de l'installation nucléaire de Gentilly-2 sur ces quatre radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve. Le césium-137 quant à lui avait une activité un peu plus élevée à la station B qu'aux deux autres stations.

Le cobalt-60 n'a été détecté que dans les sédiments des stations B et C, toujours en plus fortes concentrations à la station B, située à l'embouchure du canal de rejet, qu'à la station C, située à près de 2 km en aval de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Ce résultat suggère que ce radionucléide, qui peut être présent dans les effluents radioactifs liquides de l'installation de Gentilly-2, est rapidement dispersé dans le milieu naturel.

Finalement, l'activité des autres radionucléides analysés dans les sédiments des trois stations était inférieure au seuil de détection des appareils de laboratoire utilisés.

À des fins de comparaison, des valeurs d'activité de césium-137, d'uranium-235 et d'uranium-238 mesurées dans les sols de certaines régions du Canada (Sheppard et coll., 2011) sont présentées ici. 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 ce qui est de 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 mesurer l'impact de la dispersion des effluents liquides et gazeux sur la faune (aquatique) et la flore (aquatique et terrestre). Les résultats de cette surveillance sont présentés dans les sous-sections suivantes.

8.5.1 Plantes fourragères

Des échantillons de plantes fourragères ont été prélevés le 20 juin 2016 aux mêmes trois fermes que celles retenues pour le programme de la surveillance du sol arable (Fermes n^{os} 1, 2 et 3 ; carte A-4 de l'annexe A).

Des concentrations de tritium de 4 Bq kg⁻¹ et de 3 Bq kg⁻¹ de matières sèches ont été mesurées dans les échantillons provenant respectivement des Fermes n^{os} 1 et 3. La concentration en tritium était inférieure à la LD (3 Bq kg⁻¹) dans l'échantillon provenant de la Ferme n^o 2.

Du potassium-40, du béryllium-7 et du carbone-14 ont été mesurés dans le fourrage des trois fermes. Les valeurs maximales ont été de 876 Bq kg⁻¹ pour le potassium-40 (Ferme n^o 2), de 89 Bq kg⁻¹ pour le béryllium-7 (Ferme n^o 2) et de 242 Bq kg-C⁻¹ pour le carbone-14 (Ferme n^o 1). Quant au césium-137, les concentrations étaient toutes inférieures à la LD, laquelle se situait entre 0,52 et 0,65 Bq kg⁻¹. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus les années précédentes. Soulignons par ailleurs que les concentrations de carbone-14 mesurées dans les plantes fourragères des trois fermes sont semblables à la valeur du bruit de fond naturel de 220 Bq kg-C⁻¹ (Eisenbud et Gesell, 1997).

8.5.2 Plantes aquatiques

Afin de vérifier la présence de radionucléides, le PSRE prévoit l'échantillonnage de plantes aquatiques à deux endroits dans le fleuve Saint-Laurent. L'emplacement de ces deux zones de récolte est présenté à la carte A-7 de l'annexe A. La première zone d'échantillonnage (PA1) est située très près de l'entrée de la station de pompage de l'installation nucléaire de Gentilly-1. Cette station ne devrait pas être influencée par les effluents radioactifs liquides de Gentilly-2 puisqu'elle se trouve en amont du canal de rejet. La seconde zone d'échantillonnage (PA2) est située à 2 km en aval de l'installation nucléaire de Gentilly-2 (anse à Lemarier). Les résultats de l'échantillonnage réalisé le 26 septembre 2016 sont présentés au tableau 8-3.

Tableau 8-3 : Radioactivité mesurée dans les plantes aquatiques du fleuve Saint-Laurent récoltées près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016

Radionucléide	Unité	Activité (LD)	
		PA1	PA2
⁴⁰ K	Bq kg ⁻¹	937 (28,1)	1 130 (34,1)
⁶⁰ Co	Bq kg ⁻¹	< 0,59	0,6 (0,12)
⁹⁵ Nb	Bq kg ⁻¹	< 0,61	< 0,70
¹³⁷ Cs	Bq kg ⁻¹	2,11 (0,19)	0,88 (0,22)
¹³¹ I	Bq kg ⁻¹	3,11 (0,35)	3,22 (0,34)
¹⁴ C	Bq kg-C ⁻¹	241 (36)	412 (62)

À l'exception du carbone-14, les concentrations des radionucléides mesurées en 2016 dans les plantes aquatiques étaient semblables à celles mesurées les années précédentes.

En 2016, du potassium-40 et de l'iode-131 ont été mesurés à des concentrations semblables aux deux stations. Le cobalt-60 n'a été détecté qu'à la station PA2, à une concentration à peine un peu plus élevée que la LD. Du césium-137 a été mesuré à la station PA1, en amont des installations, à une concentration un peu plus élevée qu'à la station PA2, en aval. Finalement, la concentration du niobium-95 était inférieure à la LD aux deux stations. Le potassium-40 est naturellement présent dans le sol alors que la présence de l'iode-131 dans les plantes aquatiques serait liée à l'utilisation de ce radionucléide à des fins médicales (Béland, 1995; Barbeau, 2009).

En ce qui concerne le carbone-14, comme en 2015, la concentration mesurée en 2016 dans les plantes aquatiques de la station PA1 était comparable à celle naturellement présente dans les biotes, qui est de l'ordre de 220 Bq kg-C⁻¹ (Eisenbud et Gesell, 1997). En 2015, une concentration plus élevée de carbone-14 avait été mesurée dans les plantes aquatiques de la station PA2 (4 639 Bq kg-C⁻¹). Celle-ci avait été attribuée aux concentrations de carbone-14 présentes en 2014 et 2015 dans les effluents radioactifs liquides des installations de Gentilly-2. En 2016, la concentration en carbone-14 était toujours plus élevée dans les plantes de la station PA2 que dans celles de la station PA1. La différence entre les deux stations était cependant nettement moins importante que l'année précédente.

8.5.3 Mollusques

Le PSRE prévoit la récolte de mollusques une fois par année afin d'en analyser distinctement l'activité radiologique dans la chair et les coquilles. La zone de récolte est située en aval du canal de rejet, à environ 2 km 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 26 mai 2016 sont présentés au tableau 8-4.

Tableau 8-4 : Radioactivité mesurée dans la coquille et la chair de mollusques du fleuve Saint-Laurent récoltés près de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2016

Radionucléide	Unité	Activité (LD)	
		Coquille	Chair
⁴⁰ K	Bq kg ⁻¹	2,9 (0,4)	15 (1)
⁶⁰ Co	Bq kg ⁻¹	< 0,09	0,31 (0,04)
⁹⁵ Nb	Bq kg ⁻¹	< 0,11	< 0,17
¹³⁷ Cs	Bq kg ⁻¹	< 0,09	< 0,16
¹³¹ I	Bq kg ⁻¹	< 0,20	< 0,22
¹⁴ C	Bq kg-C ⁻¹	640 (96)	1 147 (172)

Comme pour les années précédentes, une activité de potassium-40 et de carbone-14 a été mesurée dans la coquille et dans la chair des mollusques alors qu'une activité de cobalt-60 n'a été mesurée que dans leur chair.

Les concentrations élevées de carbone-14 mesurées dans la coquille et la chair des mollusques témoignent des taux de rejets plus élevés depuis 2014. Le cobalt-60 est quant à lui directement lié aux rejets radioactifs liquides des installations de Gentilly-2 alors que le potassium-40 est plutôt d'origine naturelle. En ce qui concerne les autres radionucléides, leur niveau d'activité en 2016 est comparable à celui observé année après année.

8.5.4 Poissons

Le PSRE prévoit la réalisation de pêches au filet trois fois par année dans le canal de rejet de l'installation nucléaire de Gentilly-2, soit au printemps, à l'été et à l'automne. En 2016, les pêches ont été réalisées le 5 mai, le 11 août et le 19 octobre. Une analyse de radioactivité a été effectuée sur les poissons capturés. Lorsqu'au cours d'une même campagne d'échantillonnage plus d'un individu d'une même espèce était capturé, les analyses ont été réalisées sur un échantillon composite formé des tissus de tous les individus de l'espèce. Le tableau 8-5 présente les espèces pêchées dans le canal de rejet en 2016 ainsi que les concentrations de radionucléides détectés dans ces poissons.

La revue des valeurs colligées en 2016 amènera par ailleurs Hydro-Québec à porter une attention particulière quant aux possibles impacts de telles concentrations de carbone-14 sur la faune aquatique de même qu'à procéder à une nouvelle adaptation du PSRE au volet des pêches. Une détermination de l'impact découlant de la consommation des produits de pêche est également prévue.

Tableau 8-5 : Espèces de poissons pêchés dans le canal de rejet de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2016 et concentrations de radionucléides détectés

Mois	Nom commun	Nom scientifique	Nombre capturé	Activité (LD)			
				⁴⁰ K	³ H	¹³⁷ C	¹⁴ C
				(Bq kg ⁻¹)			(Bq kg-C ⁻¹)
Mai	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	3	145 (2)	147 (3)	2,4 (0,1)	252 (38)
	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	1	168 (19)	Note 1	< 3,6	1 729 (259)
Août	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	1	124 (5)	6,8 (1,7)	< 0,43	817 (123)
	Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	2	142 (5)	26,9 (2,3)	0,25 (0,07)	3 369 (505)
	Doré noir	<i>Sander canadensis</i>	1	154 (5)	18 (3)	0,79 (0,17)	5 658 (849)
	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	1	166 (6)	159 (5)	< 0,54	24 310 (3 646)
	Alose savoureuse	<i>Alosa sapidissima</i>	4	143 (8)	24,1 (2,2)	< 1,2	634 (95)
Octobre	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	2	135 (4)	17 (3)	0,29 (0,07)	2 440 (366)
	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	4	169 (10)	19 (3)	< 1,7	1 586 (238)
MOYENNE				150	52,2	1,24	4 533
Note 1 : Quantité de tissus insuffisante pour réaliser l'analyse.							

Au total, six espèces de poissons ont été capturées dans le canal de rejet en 2016. L'activité moyenne (écart-type) du potassium-40 était de 150 Bq kg⁻¹ (16 Bq kg⁻¹) et celle du tritium, de 52 Bq kg⁻¹ (63 Bq kg⁻¹). En ce qui concerne le carbone-14, la moyenne et l'écart-type étaient respectivement de 5 545 Bq kg-C⁻¹ et 8 452 Bq kg-C⁻¹ lorsque toutes les valeurs étaient considérées. Comme en 2015, une valeur élevée de carbone-14 a été mesurée dans la chair d'un grand brochet. Le fait que cette espèce soit piscivore peut expliquer en partie ce résultat. Une connaissance plus approfondie des habitudes de fréquentation et des taux d'évacuation des eaux du canal de rejet pourraient également mettre en contexte l'ensemble de ces valeurs.

Le césium-137 n'a été détecté que dans l'échantillon composite des barbus de rivière capturés en mai, dans celui des chevaliers blancs capturés en août, dans celui des grands brochets capturés en octobre et dans le doré noir capturé en août. Les concentrations détectées de césium-137 variaient de 0,25 Bq kg⁻¹ à 2,4 Bq kg⁻¹. Lorsque non détectées, les LD variaient de 0,43 à 3,6 Bq kg⁻¹.

Les concentrations de potassium-40 et de césium-137 mesurées chez les poissons capturés au canal de rejet affichent une faible variabilité intra et interannuelle. Par exemple, de 2013 à 2016, les moyennes annuelles du potassium-40 ont varié de 121 Bq kg⁻¹ à 150 Bq kg⁻¹ et les écarts-types sont faibles (de 16 Bq kg⁻¹ à 24 Bq kg⁻¹). Quant au césium-137, sa concentration est généralement inférieure à la LD.

À l'opposé, les concentrations du tritium et du carbone-14 sont très variables. D'une part, les écarts-types des moyennes annuelles souvent au moins aussi élevés que les moyennes elles-mêmes reflètent une grande variabilité intra-annuelle. D'autre part, de 2013 à 2016, les moyennes annuelles du tritium ont varié de 52 Bq kg⁻¹ à

2 106 Bq kg⁻¹, et celles du carbone-14, de 433 à 4 533 Bq kg⁻¹, indiquant une forte variabilité interannuelle.

8.6 Produits comestibles

Le PSRE prévoit l'analyse de différents produits de consommation humaine. Ces produits comestibles locaux sont sélectionnés selon leur disponibilité auprès des habitants des municipalités limitrophes aux installations de Gentilly-2. À l'instar de l'année précédente, ils comprennent des légumes (Bécancour, secteur de Bécancour), des fruits (Bécancour, secteur de Sainte-Geترude, au sud-ouest des installations de Gentilly-2), de l'eau d'érable et du sirop d'érable (Bécancour, secteur de Bécancour). Jusqu'en octobre 2015, le lait de vache provenait des Fermes n^{os} 1, 2 et 3 (carte A-4 de l'annexe A). La Ferme n^o 1 a toutefois cessé sa production laitière en novembre 2015. Depuis, le lait de vache provient des Fermes n^{os} 2 et 3.

En ce qui concerne le tritium, des échantillons composés sont préparés et analysés mensuellement pour chacune des fermes. Dans le cas des émetteurs gamma, l'analyse se fait sur un échantillon composé en provenance des deux fermes, préparé mensuellement.

Les analyses radiologiques des fruits (pommes) et légumes (carottes, choux et tomates) sont réalisées sur des échantillons composés d'un nombre de spécimens permettant d'atteindre le poids minimal requis à leur réalisation, soit environ une vingtaine de kilogrammes. Quant à l'eau d'érable et le sirop d'érable, les analyses sont réalisées sur un seul échantillon.

En 2016, cinq des 24 échantillons composés de lait analysés avaient une concentration en tritium supérieure à la LD, soit un échantillon provenant de la Ferme n^o 2, lequel avait une concentration en tritium de 9 Bq L⁻¹, et quatre échantillons provenant de la Ferme n^o 3, dont les concentrations en tritium ont varié de 8 à 25 Bq L⁻¹. En ce qui a trait aux émetteurs gamma, aucune mesure n'a été supérieure aux LD pour l'iode-131 ou le césium-137. Le potassium-40, quant à lui, a été mesuré dans tous les échantillons de lait, à des concentrations variant de 1 760 à 1 958 Bq L⁻¹.

En 2016, les tomates et les pommes ont été analysées le 30 août, et les choux et les carottes, le 12 septembre. Aucune concentration de tritium, de césium-137 et de cobalt-60 n'a été détectée dans ces fruits et légumes. Les concentrations dans les échantillons étaient toutes inférieures aux LD qui étaient de 5 Bq kg⁻¹ pour le tritium, de 0,37 Bq kg⁻¹ pour le césium-137 et de 0,51 Bq kg⁻¹ pour le cobalt-60. Des concentrations de carbone-14 ont toutefois été mesurées dans tous les fruits et légumes, les valeurs variant de 148 Bq kg-C⁻¹ (choux) à 217 Bq kg-C⁻¹ (tomates).

Certains autres radionucléides, non associés aux rejets de l'installation nucléaire de Gentilly-2, ont aussi été détectés, soit du béryllium-7 dans les carottes (2,7 Bq kg⁻¹), les tomates (5,4 Bq kg⁻¹) et les pommes (4,6 Bq kg⁻¹), ainsi que du potassium-40 dans

tous les fruits et légumes, à des concentrations variant de 279 Bq kg⁻¹ (pommes) à 1 590 Bq kg⁻¹ (tomates).

Les échantillons d'eau d'érable et de sirop d'érable ont été récoltés le 14 mars 2016. Le tritium a été analysé dans le premier et le césium-137 ainsi que le potassium-40 dans le deuxième. Dans l'eau d'érable, aucune concentration de tritium n'a été détectée, pour une LD inférieure à 4 Bq L⁻¹. Dans le sirop d'érable, la teneur en césium-137 était de 4,4 Bq kg⁻¹ et celle en potassium-40, de 115 Bq kg⁻¹.

Dans l'ensemble, les concentrations mesurées en 2016 dans les produits comestibles sont semblables à celles mesurées les années précédentes.

8.7 Données météorologiques

La figure 8-40 résume l'ensemble des relevés d'origine et de vitesse des vents au site des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016, relevés faits par l'entremise de la tour météorologique instrumentée, située à la limite sud de la zone d'exclusion (carte A-1 de l'annexe A). La figure 8-41 reprend, de façon identique, toutes les données colligées au cours des cinq dernières années. Tous les instruments de mesure desquels sont tirées les données représentées aux figures 8-40 et 8-41 se trouvent à une hauteur de 37 m, hauteur équivalente à celle de la cheminée principale de l'installation nucléaire, le principal point d'émissions radioactives atmosphériques.

La rose de l'origine des vents de l'année 2016 (figure 8-40) et celle recensant toutes les données de la période 2012-2016 (figure 8-41) présentent à nouveau des patrons de vent quasi identiques. Les différences les plus marquées sont celles des vents de vitesse élevée (supérieure à 15 km h⁻¹) pour les cadrans d'origines nord et sud-ouest. Dans le premier cas, l'occurrence fut de 1 % plus élevée en ce qui concerne l'année 2016 alors que pour le second cas, elle fut de 2 % moindre.

En ce qui a trait aux 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 des installations de Gentilly-2, elles ont été plus soutenues en 2016. Toutes vitesses confondues, les vents balayant les installations de Gentilly-2 et provenant du nord et du nord-nord-ouest ont été près de 27 % plus présents, en comparaison de l'année précédente.

L'analyse des deux roses d'origine des vents, annuelle pour 2016 et récapitulative de la période 2012-2016, confirme à nouveau le statut de vents dominants à ceux soufflant dans l'axe sud-ouest et nord-est. Les vents en provenance de ces deux origines suivent à toute fin pratique un couloir calqué sur l'axe d'écoulement d'air de la vallée du Saint-Laurent, à la hauteur de la région de Bécancour et des environs.

Figure 8-40 : Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour l'année 2016

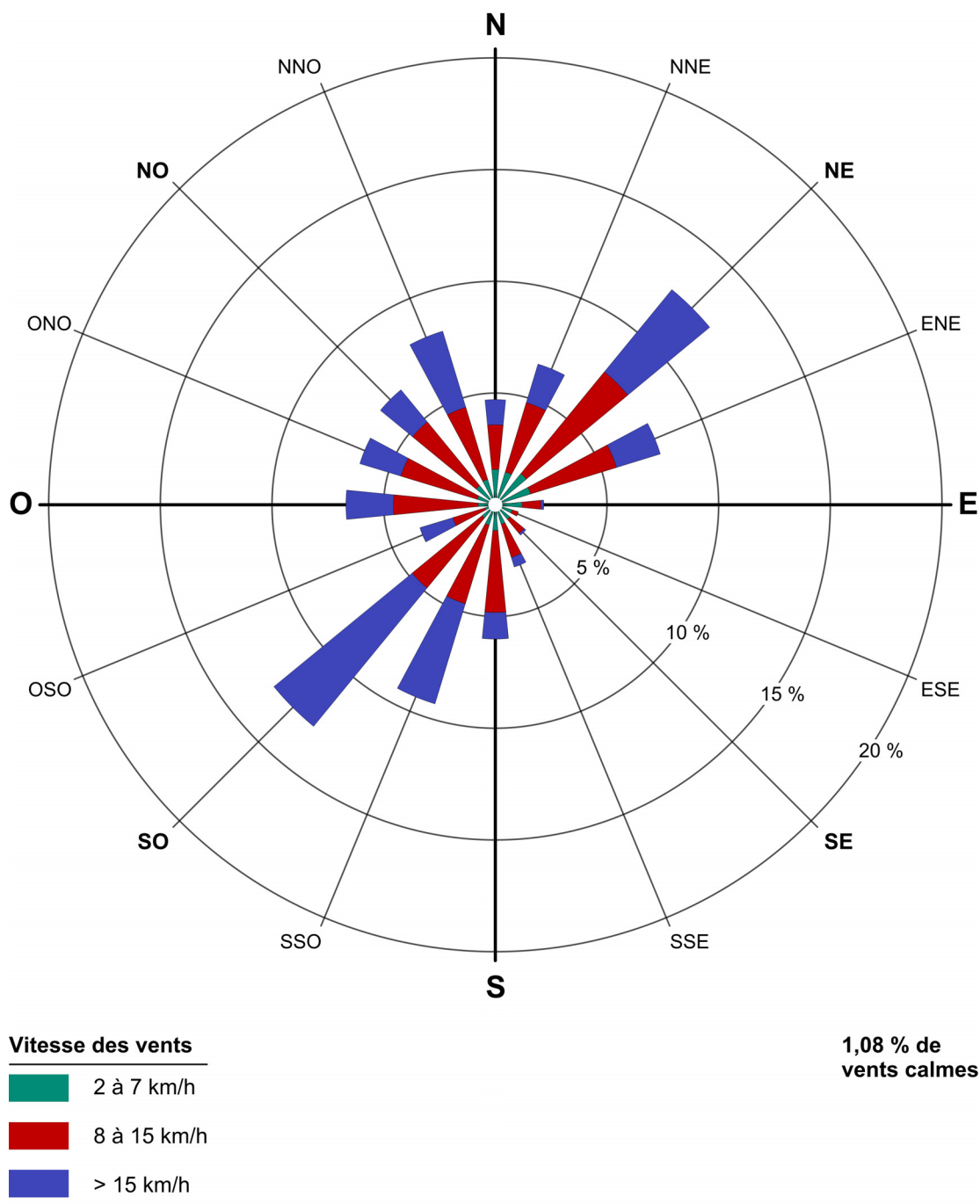
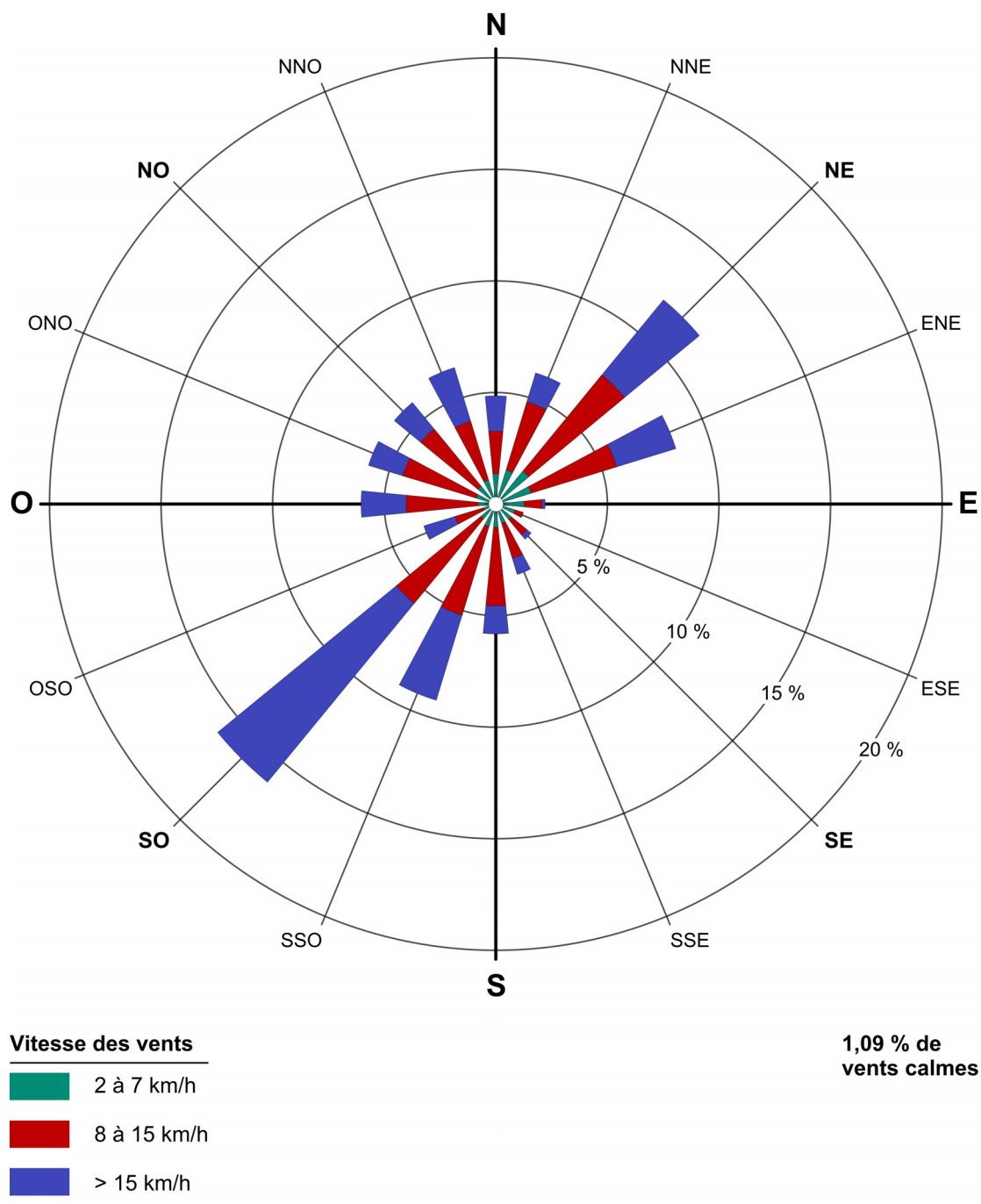


Figure 8-41 : Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016



8.8 Facteurs de dispersion atmosphérique

Dans le but de valider les scénarios de dispersion atmosphérique en regard de l'impact que pourraient avoir les rejets radioactifs des installations de Gentilly-2, Hydro-Québec maintient toujours une évaluation annuelle des coefficients réels de dispersion pour un regroupement de SCR situées aux environs du site. La concentration (C) d'un radionucléide ainsi diffusé dans l'air ambiant, à une certaine distance d'un point d'émissions, tel que la cheminée principale, est calculée par une relation sous la forme :

$$C = K_a \cdot Q$$

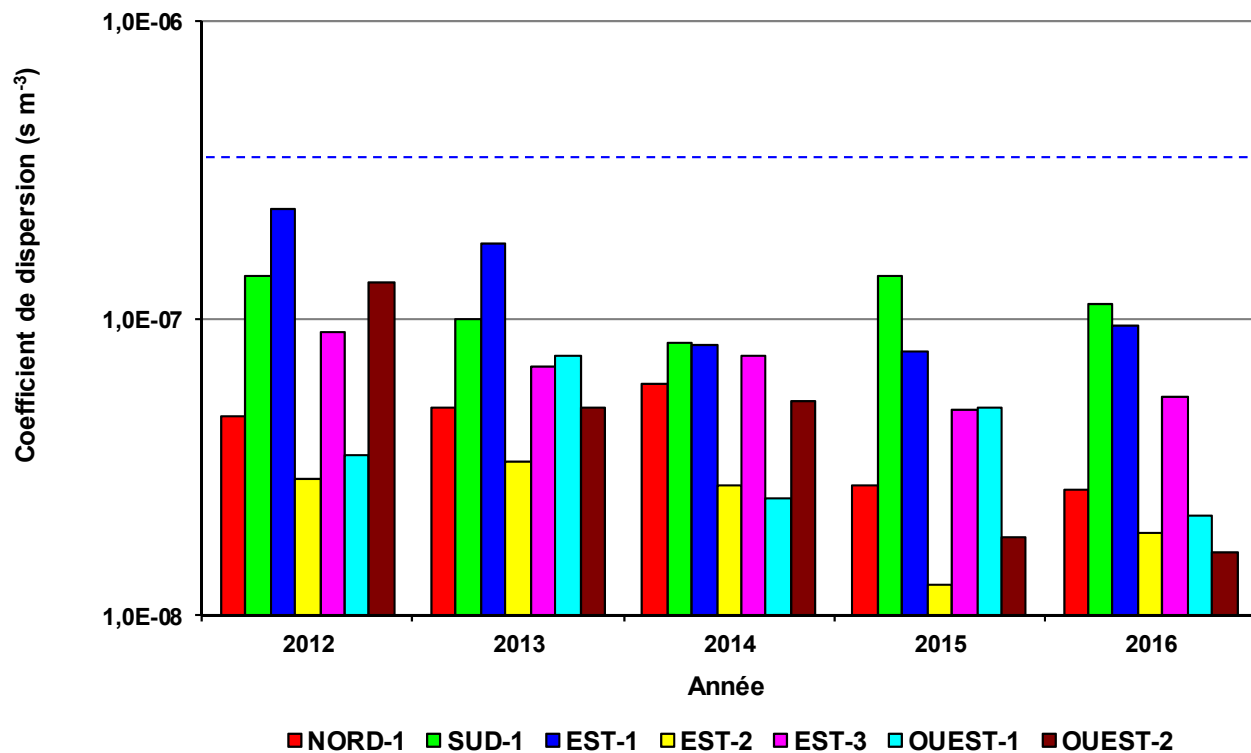
où Q représente le taux de relâche (Bq s^{-1}) et K_a le coefficient de dispersion (s m^{-3}).

La figure 8-42 présente, pour les années 2012 à 2016, 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 mesuré à partir de la cheminée principale (carte A-4 de l'annexe A). Les coefficients de dispersion intègrent ainsi le taux de relâche à la cheminée principale de même que toutes les valeurs de concentration de tritium atmosphérique relevées à chacune des stations.

En 2016, la valeur évaluée du coefficient de dispersion la plus élevée, pour toutes les SCR de ce regroupement, est de $1,13 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$, associée au point SUD-1. Ce même point est aussi celui dont sont issues plusieurs valeurs d'analyses environnementales qui sont ensuite intégrées aux différentes voies d'exposition pour l'un des principaux groupes pour lesquels une estimation de dose annuelle de rayonnements, conséquente de l'opération des systèmes de Gentilly-2, est faite par Hydro-Québec. Les individus de ce groupe spécifique résident réellement à la Ferme n° 1, au même emplacement que le point SUD-1 (carte A-4 de l'annexe A).

Bien qu'en 2016 le facteur de dispersion obtenu à ce point ait été de $1,13 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$, c'est plutôt une valeur de $3,72 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$ qui fut intégrée à la plus récente modélisation soutenant les calculs des LOD de Gentilly-2 (Hydro-Québec, 2011). Cette valeur plus élevée du coefficient de dispersion est utilisée par conservatisme, puisqu'elle n'a jamais été réellement mesurée comme en témoigne la figure 8-42. Elle implique donc une dispersion des rejets moindre que celle qui s'avère réellement en un point. Afin de bien distinguer ces deux dernières valeurs, une bande pointillée bleue a été ajoutée à la figure 8-42. Elle indique distinctement le coefficient de dispersion intégré aux calculs des LOD, en comparaison des facteurs de dispersion historiquement mesurés.

Figure 8-42 : Facteurs moyens de dispersion du tritium atmosphérique des relâches des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016



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

Tel qu'introduit précédemment, la dose de rayonnements induite aux membres les plus représentatifs de la population (anciennement le groupe critique) résulte des émissions radioactives issues des activités d'opération de systèmes et de déclassement aux installations de Gentilly-2. En 2016, les doses ont été estimées d'après le modèle mathématique IMPACT 5.5.1 (*Integrated Model for the Probabilistic Assessment of Contaminant Transport*), progiciel ayant été mis à jour en janvier 2017. Cette mise à jour intègre notamment des coefficients de conversion de doses stipulés à la version 2014 de la norme ACNOR N288.1 de même que des ajustements dans les bases de données associées au progiciel incluant, entre autres, la possibilité de dicter les teneurs de carbone-14 réellement mesurées dans la faune et la flore aquatiques pour la modélisation de l'exposition aux membres représentatifs. Cette modélisation inclut la dispersion environnementale de l'ensemble des émissions radioactives, intégrant donc les voies d'exposition humaine, certaines valeurs imposées provenant des mesures environnementales du PSRE, les habitudes propres de consommation, les vecteurs de dispersion, les données météorologiques réellement mesurées aux installations de Gentilly-2, les modèles d'écoulement hydraulique ainsi que tous les coefficients de conversion de dose figurant à la norme ACNOR N288.1-14 (*Guidelines for calculating derived release limits for radioactive material in airborne and liquid effluents for normal operation of nuclear facilities*) (ACNOR, 2014). Cette méthodologie est approuvée par la CCSN et est appliquée par tous les exploitants des centrales nucléaires canadiennes.

9.1 Groupe récepteur

Tout comme la méthode d'estimation de dose préconisée par Hydro-Québec jusqu'en 2011, méthode dite « rétrospective », la méthode basée sur l'utilisation du modèle IMPACT 5.5.1 (version janvier 2017) détermine 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 des installations de Gentilly-2. Plusieurs groupes récepteurs ont été évalués dont ceux des habitants d'une ferme à proximité de Gentilly-2 (point SUD-1), les habitants d'une ferme sise au nord du fleuve Saint-Laurent (point NORD-1), les habitants d'une ferme localisée à l'est des installations (point EST-2), les travailleurs du parc industriel et portuaire de Bécancour (point SCR-4), les travailleurs de la centrale de Bécancour (carte A-7) mais également un groupe nommé chasseurs-pêcheurs, qui lui réside dans le secteur Bécancour. Ce groupe consomme notamment une plus grande quantité de viandes sauvages et de poissons récoltés à proximité des installations de Gentilly-2.

9.2 Doses par voies d'exposition

Une des différences notables liées à l'utilisation de la méthode d'estimation de la dose de rayonnements à la population mettant à profit la modélisation par le progiciel IMPACT 5.5.1 est que ce modèle intègre toutes les fractions de dose, mêmes minimales, liées à l'exposition à tous les radionucléides susceptibles d'être émis dans l'environnement aux installations de Gentilly-2.

En 2016, la valeur maximale de la dose annuelle associée aux membres représentatifs de la population, découlant des activités toujours en cours aux installations de Gentilly-2, est estimée à 1 μSv . Hydro-Québec confirme qu'elle a été rendue par la paramétrisation du modèle IMPACT 5.5.1, pour une personne d'âge adulte du groupe récepteur composé des habitants de la ferme localisée au sud du site de Gentilly-2.

Par les années passées, la paramétrisation de l'outil de modélisation considérait les rejets de radionucléides et leurs mesures environnementales dans l'air, l'eau, les sols de même que dans certains produits de consommation. La mise à jour du progiciel réalisée en janvier 2017 permet maintenant de considérer les mesures réelles de radionucléides de la faune aquatique. Cette amélioration au modèle pourrait faire en sorte qu'un changement du groupe récepteur le plus exposé survienne pour Gentilly-2.

Par ailleurs, considérant que les données de concentrations de radioactivité dans la chair des poissons sont relativement peu nombreuses et que le seul site de prélèvement des poissons (canal de rejet) pourrait possiblement biaiser les résultats publiés dans le cadre du PSRE puisqu'il ne reflète pas les réelles habitudes de pêche sportive ou commerciale, Hydro-Québec maintient pour le moment les habitants de la ferme située au sud des installations de Gentilly-2 comme étant le groupe le plus représentatif.

Cette situation ramène à la continuité des nombreuses années antérieures. Hydro-Québec pourrait cependant réévaluer cette position, *a posteriori*, suite à l'analyse de toutes les données supplémentaires qui seront réalisées au cours de l'année 2017. L'adaptation prochaine du PSRE, en réponse à toutes ces nouvelles constatations, pourrait ainsi mener Hydro-Québec à identifier un autre groupe récepteur plus exposé. Outre des données plus nombreuses pour la chair du poisson, la qualité de l'eau et des sédiments ferait également l'objet d'échantillonnages supplémentaires pour mieux préciser la situation.

Pour tous les autres groupes récepteurs pour lesquels une estimation de dose de rayonnements a été réalisée pour l'année 2016, en fonction des vecteurs spécifiques d'exposition, la fourchette de valeurs de dose annuelle serait comprise dans les intervalles arrondis à l'entier supérieur de 1 à 6 μSv .

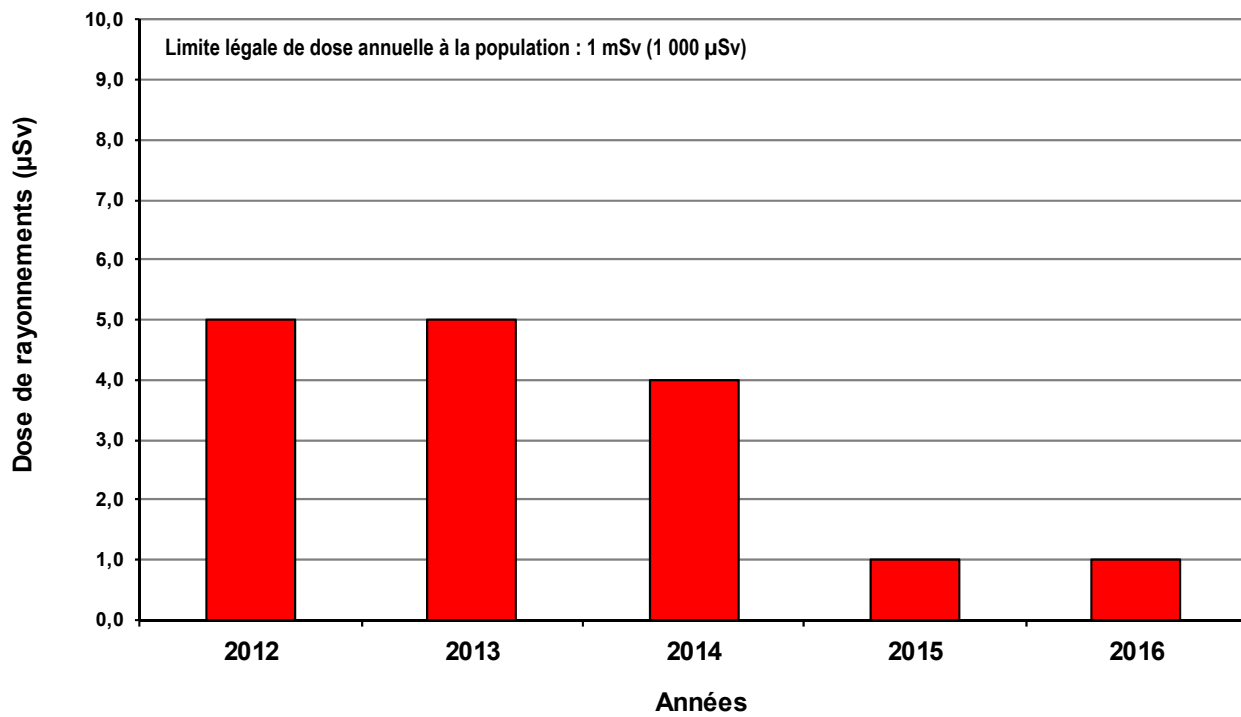
Tableau 9-1 : Dose annuelle de rayonnements aux membres représentatifs de la Ferme n° 1 (modèle IMPACT 5.5.1)

Individu	Voie d'exposition	Dose modélisée ($\mu\text{Sv a}^{-1}$)			Dose totale ^a ($\mu\text{Sv a}^{-1}$)
		HTO	¹⁴ C	Bêta total	
Adulte	Immersion – air	0,00E+00	1,10E-07	3,70E-09	
	Inhalation	6,60E-02	1,40E-04	1,40E-07	
	Dépôt – sol	0,00E+00	0,00E+00	4,90E-05	
	Ingestion - animaux terrestres	1,50E-02	8,20E-02	5,20E-08	
	Ingestion - plantes terrestres	6,50E-02	2,90E-02	1,70E-07	
	Ingestion - animaux aquatiques	5,50E-05	1,10E-02	5,90E-04	
	Total	1,50E-01	1,20E-01	6,40E-04	0,27
Enfant 10 ans	Immersion – air	0,00E+00	1,10E-07	3,70E-09	
	Inhalation	7,70E-02	1,90E-04	1,90E-07	
	Dépôt – sol	0,00E+00	0,00E+00	4,90E-05	
	Ingestion - animaux terrestres	8,90E-03	4,90E-02	8,60E-08	
	Ingestion - plantes terrestres	4,80E-02	2,40E-02	3,00E-07	
	Ingestion - animaux aquatiques	4,60E-05	1,00E-02	3,00E-04	
	Total	1,30E-01	8,40E-02	3,50E-04	0,22
Enfant 1 an	Immersion – air	0,00E+00	1,10E-07	4,80E-09	
	Inhalation	5,70E-02	1,40E-04	1,50E-07	
	Dépôt – sol	0,00E+00	0,00E+00	6,40E-05	
	Ingestion - animaux terrestres	8,60E-03	3,50E-02	8,10E-08	
	Ingestion - plantes terrestres	4,10E-02	1,80E-02	3,00E-07	
	Ingestion - animaux aquatiques	3,40E-05	7,00E-03	1,20E-04	
	Total	1,10E-01	6,00E-02	1,90E-04	0,17
a : En raison du niveau de précision associé à l'estimation de la dose, la valeur publiée aux autres sections du présent document a été arrondie à l'entier supérieur. Seules les valeurs de cette colonne montrent le degré de précision rendu aux calculs IMPACT 5.5.1.					

9.3 Historique de dose

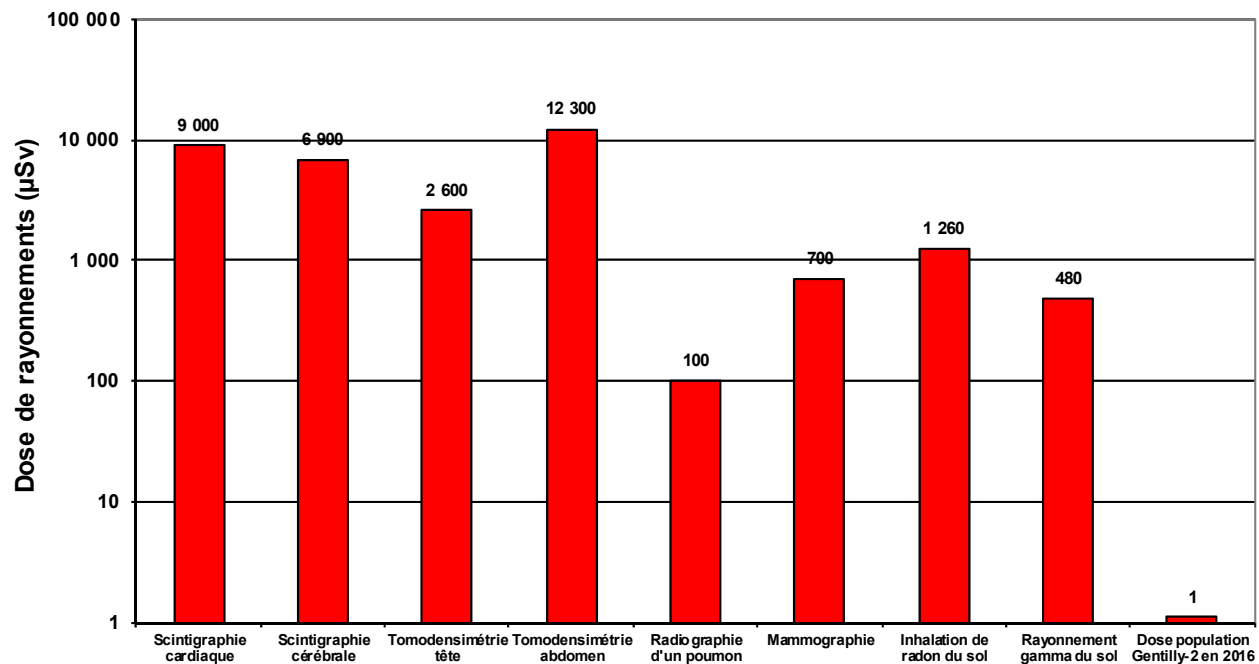
La figure 9-1 présente l'historique des doses annuelles de rayonnements estimées pour la période 2012 à 2016.

Figure 9-1 : Doses annuelles de rayonnements estimées pour un membre représentatif de la population liées à l'exploitation des installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2016



La dose annuelle de rayonnements à la population pour l'année 2016 correspond à moins d'un pourcent de la limite de dose efficace pour le public établie par la CCSN à 1 mSv (1 000 µSv). 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 à des sources naturelles, soit environ 1 800 µSv (CCSN, 2014b). La figure 9-2 met en perspective la dose annuelle liée aux activités en cours aux installations de Gentilly-2 en 2016 par rapport à d'autres doses typiquement reçues lors d'examen ou de traitements médicaux, ou encore aux doses découlant d'une exposition à la radioactivité naturellement présente (Plante, 2010).

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



10 Programme d'intercomparaison du laboratoire et omissions aux programmes de l'année 2016

10.1 Intercomparaison du laboratoire

Un exercice d'intercomparaison comprenant diverses matrices environnementales a de nouveau été complété par le laboratoire de radioécologie d'Hydro-Québec, au cours de l'année 2016.

Les principes qui ont servi à rationaliser et uniformiser le traitement et l'expression des résultats de toutes les mesures radiologiques qui sont générés aux laboratoires de radioprotection et de radioécologie sont décrits dans la norme ACNOR N288.4-10 (ACNOR, 2010). Les conventions appliquées sont résumées à l'annexe C.

Cet exercice 2016 a été coordonné par le groupe *Environmental Resource Associates* (ERA) et est identifié MRAD-25 (ERA, 2016). 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 les résultats de cette intercomparaison. Lors de cet exercice, trois des 40 résultats soumis à l'ERA par le laboratoire n'étaient pas compris dans les intervalles attendus, soit ceux du césium-137, du cobalt-60 et du zinc-65, tous mesurés dans un échantillon aqueux.

Pour ces trois résultats, les valeurs soumises et les limites acceptables étaient :

- césium-137 : 1 262 pCi L⁻¹ (838 – 1 180 pCi L⁻¹);
- cobalt-60 : 2 314 pCi L⁻¹ (1 700 – 2 290 pCi L⁻¹);
- zinc-65 : 954 pCi L⁻¹ (604 – 913 pCi L⁻¹).

10.2 Omissions aux programmes de surveillance environnementale

Au cours d'une année complète de réalisation, il arrive que des échantillons des programmes de surveillance de l'environnement n'aient pu être récoltés, ou que des analyses n'aient pu être complétées et ce, pour diverses raisons. Hydro-Québec collige ses omissions dans un système d'informations interne. Les points qui suivent font une revue des omissions de l'année 2016.

Le bris d'une composante de la pompe a rendu impossible l'utilisation de l'échantillonneur automatisé des eaux de surface de l'IGDRS pendant les mois de mars et d'avril 2016. Comme Hydro-Québec assure une vérification périodique du

fonctionnement de cet équipement, une mesure alternative a pu être mise en place durant cette période. Les valeurs mensuelles de cette période sont issues de l'analyse de deux échantillons instantanés, récoltés les 29 mars et 19 avril 2016.

En raison d'un dysfonctionnement du montage du système d'échantillonnage des aérosols aux SCR-11 et SCR-12, certaines données mensuelles d'activité radiologique de la période de mars à mai 2016 (SCR-11) et d'avril à juillet 2016 (SCR-12) auraient été sous-estimées par rapport à l'activité réelle. Les correctifs ont été apportés depuis. Aussi, les valeurs des stations à proximité renforcent l'idée que l'activité des aérosols radioactifs est dans le même ordre qu'à la station de référence, donc faible.

Une erreur d'adhésion à la procédure de laboratoire a fait en sorte qu'il n'y ait pas eu de fractionnement préalable des échantillons prélevés aux précipitations du mois de juillet 2016. Chacun des échantillons ayant été évaporé pour fins d'analyse de l'activité bêta-total, les quantifications de tritium n'ont donc pu être complétées pour les précipitations de ce mois, aux différentes stations de contrôle radiologique. Les valeurs moyennes trimestrielles de l'activité de tritium du troisième trimestre de l'année 2016 n'intègrent donc que deux mois de données. Il est à noter que pendant toute cette période, les rejets gazeux de tritium les plus élevés n'ont été que de 0,17 % de la LOD hebdomadaire spécifique.

11 Conclusion

L'actuel rapport *Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2* (G2-RT-2017-00518-002) présente les données issues des deux programmes de surveillance environnementale appliqués en 2016 au site des installations de Gentilly-2. Ces résultats regroupent l'ensemble des valeurs d'analyses radiologiques et physico-chimiques liées aux rejets des installations de Gentilly-2 et à leur dispersion dans l'environnement. Le rapport présente aussi des constats relatifs aux autres engagements réglementaires applicables aux installations de Gentilly-2.

Tout au cours de l'année 2016, aucune valeur de limite opérationnelle dérivée ni aucun seuil d'intervention figurant au manuel de conditions de permis de la CCSN n'ont été atteints. Les causes des quelques dépassements de normes ou de cibles ont pu être expliquées, et les tendances les plus préoccupantes ont pu être analysées et comprises. Une surveillance environnementale rigoureuse de toutes les installations de Gentilly-2 sera maintenue, conformément aux attentes des principaux organismes de réglementation et ce, afin qu'Hydro-Québec continue d'assumer la sécurité de ses travailleurs, de la population et de l'environnement.

Pour quelques différents paramètres et matrices environnementales, certains résultats d'analyses physico-chimiques issus de l'application du programme de surveillance de l'environnement de l'année 2016 montrent des dépassements de normes ou de cibles. Les prélèvements d'eaux souterraines présentes au site des installations de Gentilly-2 ont notamment suscité quelques dépassements de critères stipulés à la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Cette situation est récurrente et a aussi fait l'objet de discussions au cours des années antérieures. La nature spécifique du socle rocheux et des dépôts meubles entraîne la prise en charge de minéraux, ensuite mesurés à des concentrations plus élevées que celles correspondant aux critères applicables. En 2016, un seul dépassement, en oxygène dissous, a été constaté à l'installation de traitement des eaux usées sanitaires. Suite au démarrage d'un aérateur supplémentaire, la situation est vite revenue à la normale. Par ailleurs, aucun dépassement n'a été perçu aux trois principaux réseaux de drainage des eaux de surface figurant au volet physico-chimique du programme.

En ce qui a trait aux effluents radioactifs de l'installation nucléaire, seules deux situations ont fait l'objet d'une préoccupation particulière. Alors que l'ensemble des rejets radioactifs gazeux ne montrait que peu de variations et que leur quantification était celle attendue en fonction d'un état de stockage sûr de l'installation nucléaire, les rejets radioactifs liquides ont quant à eux montré des variations plus significatives.

La première variation significative s'est amorcée en mars 2016, alors qu'un essai de démarrage programmé d'une pompe reliée au système de manutention et de stockage des résines usées a été suspendu, suite à une analyse causale des fortes concentrations

de carbone-14. Dès l'arrêt de cet essai, les concentrations de carbone-14 mesurées aux effluents liquides ont chuté drastiquement. À l'automne 2016, une valeur mensuelle s'est révélée plus élevée, mais cette situation était anticipée puisqu'un dernier transfert de charbon activé aux mêmes réservoirs de stockage des résines usées des systèmes primaires fut réalisé. La seconde variation importante a été celle liée aux travaux de décontamination de matériel absorbant qui avait été généré durant les années de pleine exploitation de la centrale nucléaire de Gentilly-2. Ces opérations, qui se sont déroulées pendant un peu plus de deux mois au printemps 2016, ont provoqué une hausse des concentrations de tritium au cours de la même période, la valeur du mois de juin ayant été la plus élevée.

En 2016, toutes les valeurs de rejets radioactifs gazeux et liquides ont été en deçà d'une limite équivalente à 1 % des LOD respectives, hebdomadaires ou mensuelles.

Aussi, l'estimation de la dose annuelle de rayonnements à la population, induite par les activités toujours en cours aux installations de Gentilly-2, a de nouveau été faite par la modulation des paramètres d'entrée du progiciel IMPACT 5.5.1 (janvier 2017). Ce dernier intègre notamment toutes les modalités de la révision 2014 de la norme CSA N288.1 de même que l'ensemble des voies d'exposition spécifiques au site des installations de Gentilly-2. En 2016, la dose annuelle de rayonnements reçue par les membres représentatifs de la population du site de Gentilly-2 a été estimée à 1 μ Sv. Des validations supplémentaires seront par ailleurs complétées en 2017 considérant la mise à jour récente de l'outil de modélisation de même que les concentrations liées à la dispersion environnementale du carbone-14, notamment.

Cette dose estimée correspond à moins d'un pourcent de la dose maximale admissible pour un membre de la population, fixée par la CCSN à 1mSv (1 000 μ Sv). Elle est négligeable comparativement à la dose moyenne provenant d'expositions à des sources naturelles au Canada, dose évaluée à 1 800 μ Sv (CCSN, 2015b) ou à d'autres sources d'expositions, notamment celles liées aux examens ou traitements médicaux.

De nouveau, au cours de l'année 2016, l'analyse des quelques centaines de valeurs issues de l'ensemble des prélèvements prévus aux deux programmes de surveillance de l'environnement aux installations de Gentilly-2 révèle que l'impact des activités d'opération de systèmes et de déclassement sur l'environnement et sur la population avoisinante est négligeable, voire imperceptible, hors de la zone d'exclusion.

Ces conclusions pourront être corroborées, de manière indépendante, par la CCSN qui, par l'entremise de son *Programme indépendant de surveillance environnementale* (PISE), a procédé à l'analyse d'une foule d'échantillons de matrices environnementales au pourtour du site des installations de Gentilly-2, entre les 3 et 7 octobre 2016 inclusivement. Au moment de rédiger l'actuel rapport, les résultats de ces analyses indépendantes n'étaient toujours pas connus. Dès qu'ils le seront, la CCSN les publiera tous sur son site internet.

Rappelons par ailleurs que pour un exercice identique, mené en 2015, la CCSN avait affirmé à un document des membres de la Commission du 4 mars 2016 : « ...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'incidences probables 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 ».

Ces constats de la CCSN avaient découlé de l'application du PISE en 2015 et avaient exigé le prélèvement et l'analyse radiologique de matrices environnementales, par des spécialistes qualifiés au laboratoire de pointe de la CCSN. La CCSN avait également conclu que la radioactivité mesurée dans tous les échantillons était bien inférieure aux niveaux de référence de la CCSN et ce, en ayant intégré des hypothèses prudentes à la détermination de ces niveaux.

12 Références

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION (ACNOR). 2008. *Guidelines for Calculating Derived Release Limits for Radioactive Material in Airborne and Liquid Effluents for Normal Operation of Nuclear Facilities*, N288.1-08, 318 p.

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION (ACNOR). 2010. *Environmental Monitoring Programs at Class Nuclear Facilities and Uranium Mines and Mills*, N288.4-10, 132 p.

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION (ACNOR). 2014. *Guidelines for Calculating Derived Release Limits for Radioactive Material in Airborne and Liquid Effluents for Normal Operation of Nuclear Facilities*, N288.1-14, 368 p.

BARBEAU, C. 2009. *Impact des activités de Gentilly-2 sur l'environnement*, volume 1, texte et bibliographie, 112 p.

BÉLAND, F. 1995. *Iode-131 dans le fleuve St-Laurent : variations spatio-temporelles et contributions des centrales nucléaires*. janvier 1995, 90 p.

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN). 2015a. *Catégories et sources de rayonnement*. En ligne : <http://www.cnsccsn.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/types-and-sources-of-radiation.cfm>. Consulté en mars 2017.

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE. 2015b. *Doses de rayonnement*. Tiré de GRATSKY ET COLLABORATEURS. 2004, UNSCEAR 2008 et Commission géologique du Canada. En ligne : <http://www.cnsccsn.gc.ca/fra/resources/radiation/introduction-to-radiation/radiation-doses.cfm>. Consulté le 25 avril 2014.

EISENBUD ET GESELL. 1997. *Environmental Radioactivity from Natural, Industrial, and Military Sources*. 4^e édition, 656 p.

ENVIRONMENTAL RESOURCE ASSOCIATES (ERA). 2016. *MRAD-23 2009 TNI Final Complete Report*. Report Issued Date 2016-11-22.

HYDRO-QUÉBEC. 2011. *Limites opérationnelles dérivées conformes à la norme CSA N288.1-08*. Rapport technique interne G2-RTI-2010-16000-057 R0.

HYDRO-QUÉBEC. Janvier 2015. *Plan de surveillance radiologique de l'environnement. Centrale nucléaire de Gentilly-2 en état de stockage sûr*. 26 p.

HYDRO-QUÉBEC. Septembre 2015. *Programme de surveillance de l'environnement de Gentilly-2. État de stockage sûr (en piscine)*. G2-RT-2014-00518-01. Révision 1. 44 p.

HYDRO-QUÉBEC. Février 2016. *Plan de surveillance radiologique de l'environnement. Centrale nucléaire de Gentilly-2 en état de stockage sûr*. 26 p.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017a. *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés*. En ligne : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-intervention/index.htm>. Consulté le 6 février 2017.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017b. *Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige et mise en œuvre du Règlement sur les lieux d'élimination de neige*. En ligne : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/neiges_usees/gestion_partie1chap4.htm. Consulté le 17 mars 2017.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017c. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. En ligne : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique>. Consulté en mars 2017.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2011. *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.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). 1985. *Carbon-14 in the Environment*. NCRP Report N° 81.

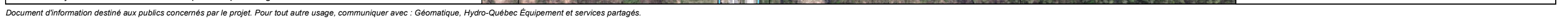
PLANTE, M. 2010. « Prescrire un examen de radiologie diagnostique, un geste banal ? » *Le médecin du Québec*, volume 45, numéro 4, avril 2010.

SHEPPARD, S. C., M. I. SHEPPARD et B. SANIPELLI. 2011. *Review of Environmental Radioactivity in Canada*. NWMO TR-2011. ECOMatters Inc. 103 p.

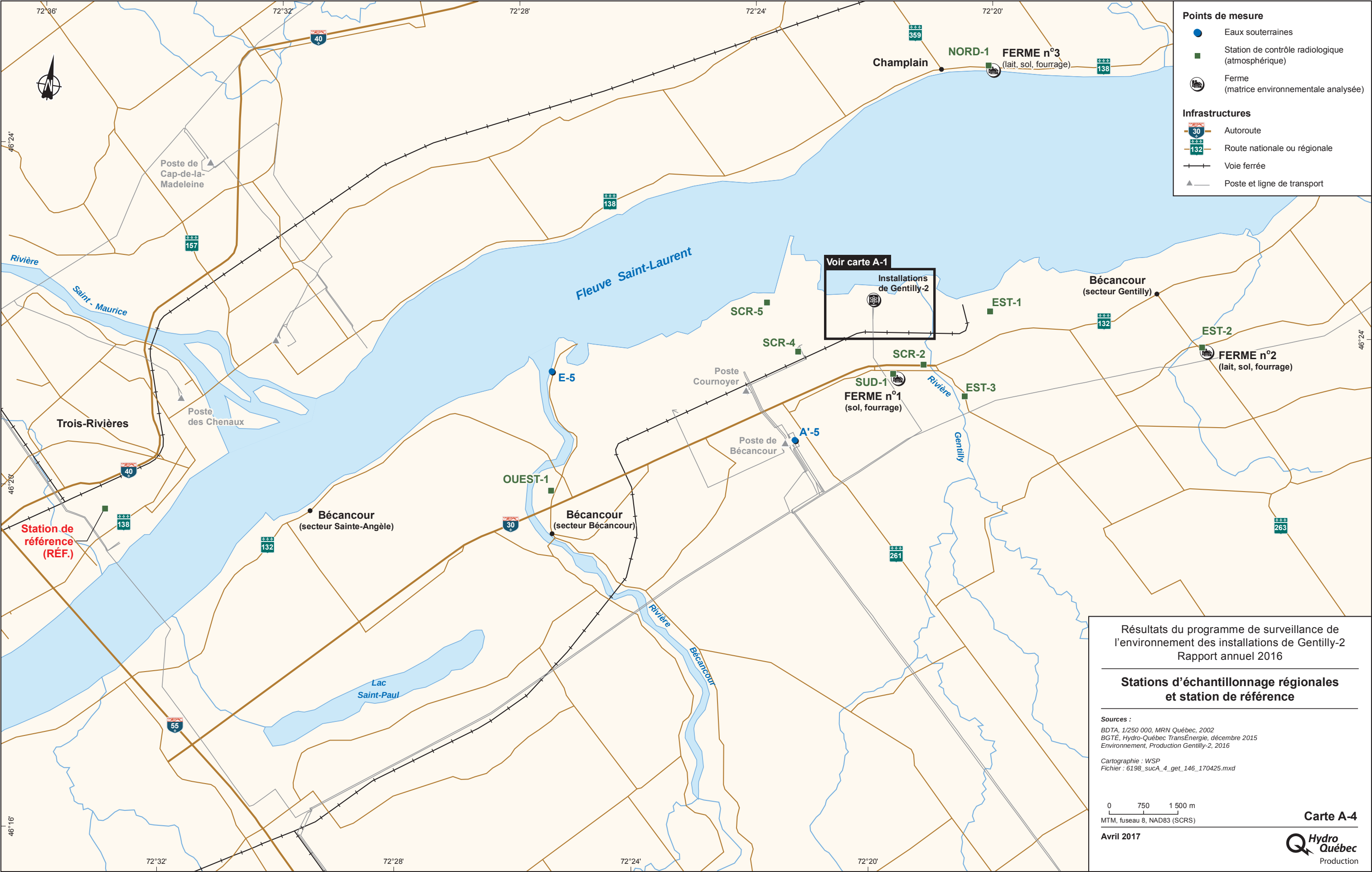
A Cartes et schéma

- Points de mesures et d'échantillonnage dans un rayon de 1 km
- Schéma du drainage pluvial et de surface au site des installations de Gentilly-2
- Points d'échantillonnage du suivi des eaux souterraines, de l'IGDRS, de l'ASDR et du lieu d'élimination de neige
- Stations d'échantillonnage régionales et station de référence
- Points de mesure et d'échantillonnage autour de l'ASDR
- Points de mesure et d'échantillonnage à l'IGDRS et à l'ASSCI
- Points d'échantillonnage aquatique
- Schéma type d'un aménagement piézométrique

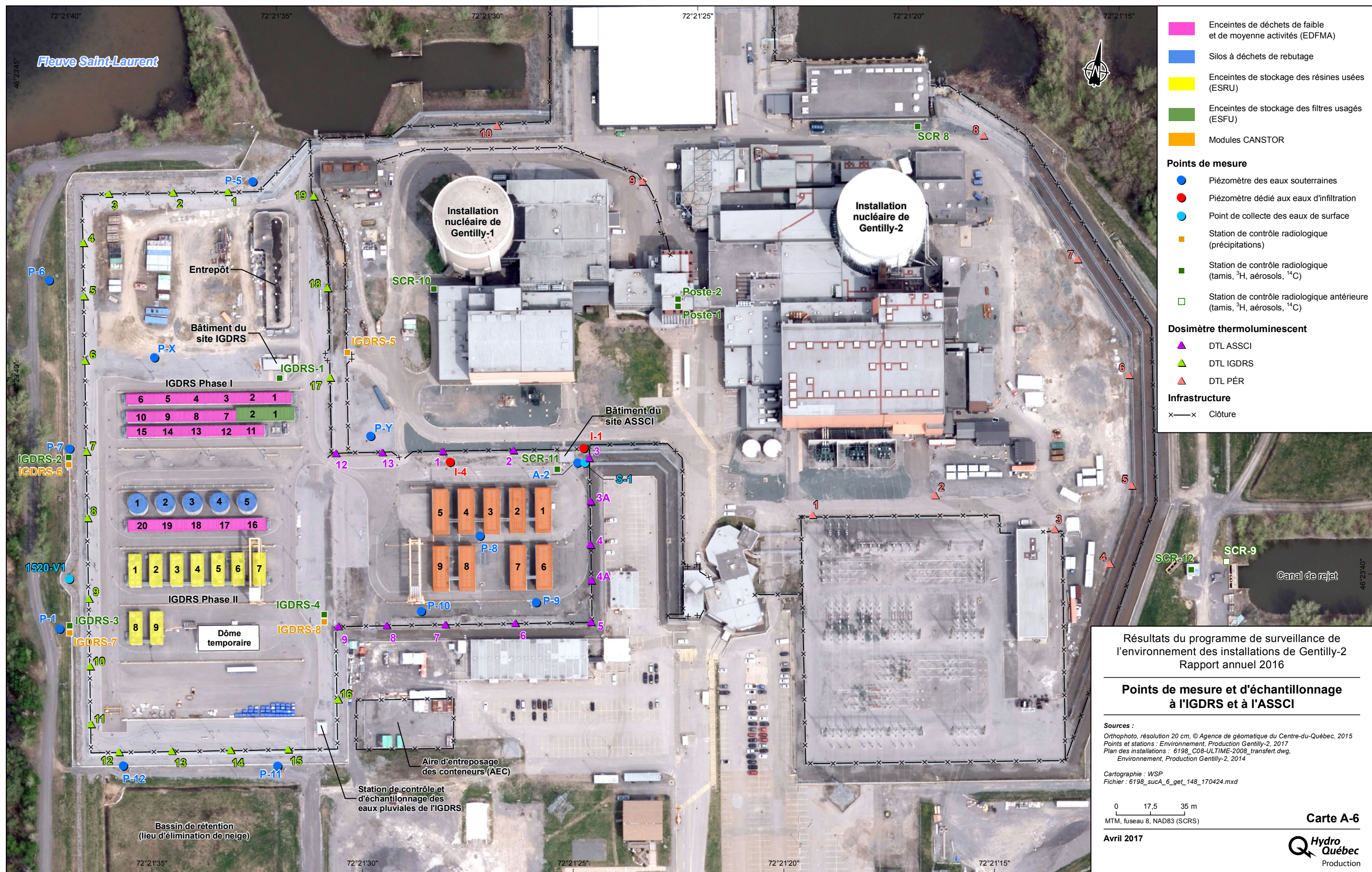












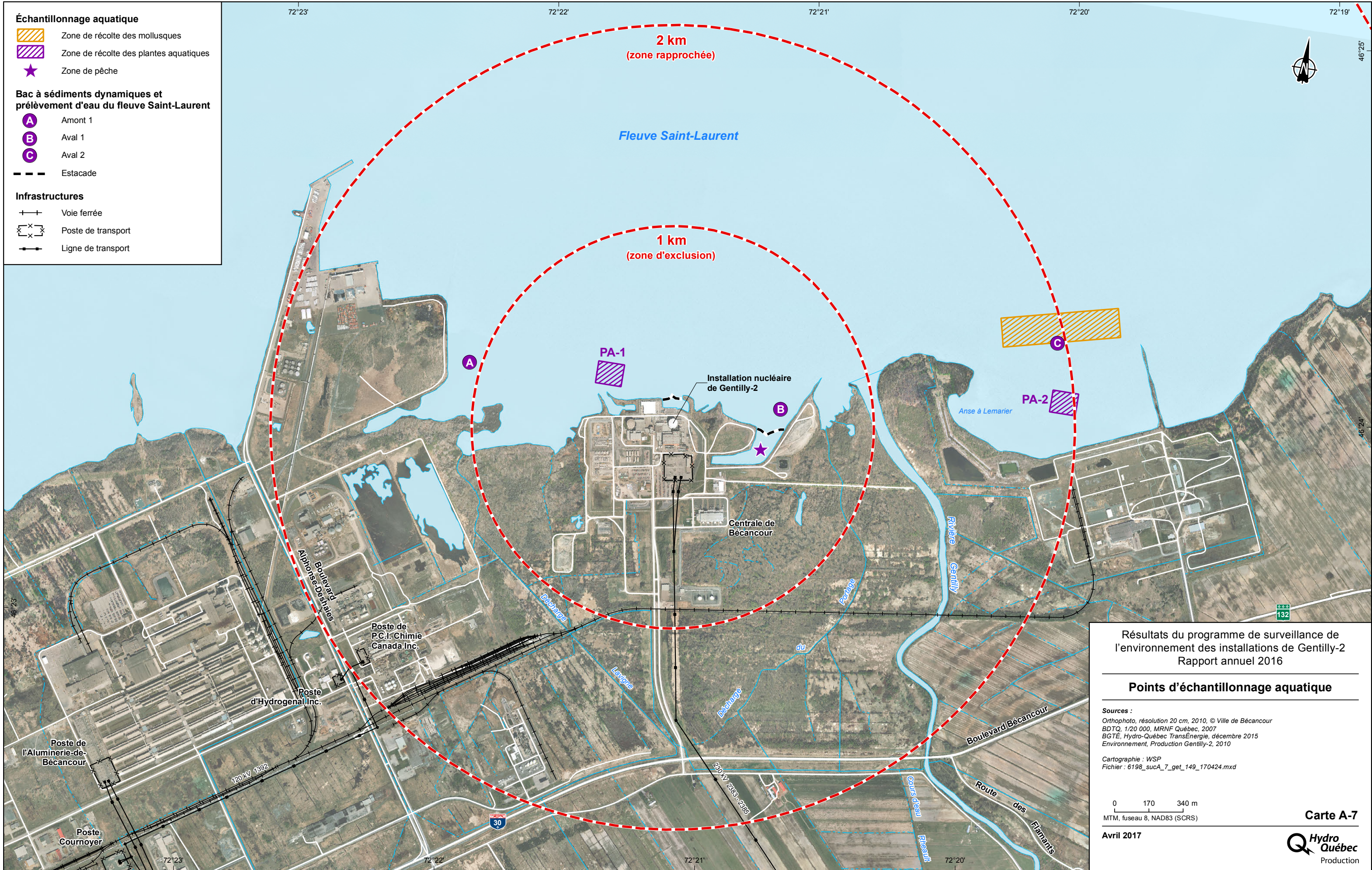
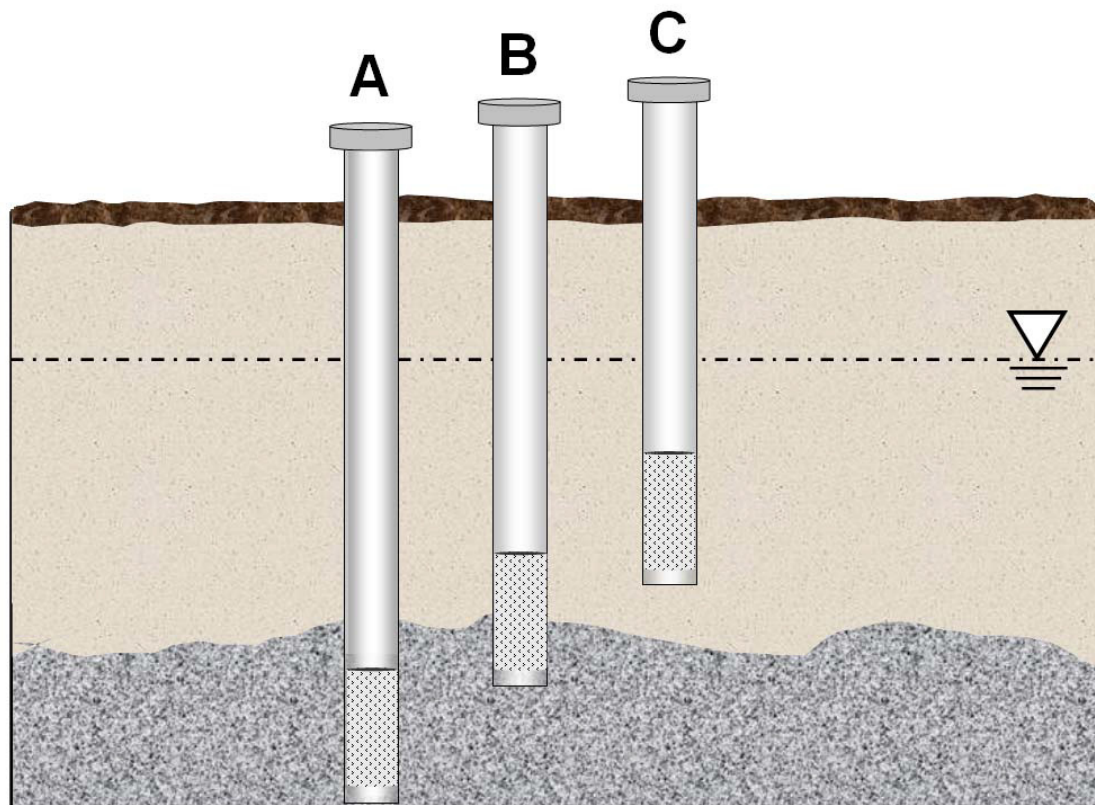


Figure A-1 : Schéma type d'un aménagement piézométrique



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

- B-1 Programme de surveillance de l'environnement (PSE) de Gentilly-2 pour l'année 2016
- B-2 Plan de surveillance radiologique de l'environnement (PSRE) de Gentilly-2 pour l'année 2016
- B-3 Modalités d'échantillonnage et d'analyses

Tableau B-1A : Programme de surveillance de l'environnement de l'année 2016 - Points de rejet

Point de rejet	Source	Paramètre	Mesure / Fréquence
EFFLUENT FINAL Rejet continu en bordure du fleuve Saint-Laurent via un canal de rejet	Lieu de prélèvement : Effluent EBR	Débit (Q) ¹	Estimée 1 jour / trimestre (jusqu'à l'atteinte de l'ÉSS) Composé sur 24 h (fréquence 10 min) (1 / 3 mois)
		pH	
		MES	
		Métaux extractibles totaux (Al, Cr, Cu, Pb, Zn)	
		Toxicité aiguë ²	Instantané (1 / année)
		Toxicité chronique ²	
EFFLUENT PROCÉDÉ Rejet intermittent dans l'effluent EBR via un canal de rejet	Rejet des effluents de récupération des eaux radioactives (79210) incluant le CRMC (78181) Lieu de prélèvement : Contenu d'un réservoir 7921 après agitation.	C ₁₀ -C ₅₀	Instantané après agitation (1 / mois)
		Métaux extractibles totaux (Al, Cr, Cu, Pb, Zn)	Instantané (1 / mois)
		Hydrazine	Instantanée (1 / semaine)
		pH	Instantanée 1 fois dans le réservoir (7921)
		Toxicité aiguë	Instantanée (1 / année)
AFFLUENT FINAL TRAITEMENT DES EAUX SANITAIRES Étang aéré (71730)	Eaux domestiques Lieu de prélèvement : Étang aéré	Débit (Q) ¹	Journalière
		Coliformes fécaux	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 ³	
		Coliformes fécaux ⁴	
		H & G totales	
		Oxygène dissous (O ₂) ⁵	
		Lentilles	Annuelle
		Boue	

¹ Le débit peut être rapporté en utilisant un débitmètre ou estimé à partir de la quantité d'eau pompée de laquelle est soustraite l'eau retournée en aval sans traitement.

² La présence, à l'effluent final, de toxicité aiguë (> 1 UTa) et/ou de toxicité chronique (>1 UTC) requiert une augmentation de la fréquence de suivi afin de confirmer le dépassement. Le dépassement doit conduire à une procédure de recherche des sources de toxicité à l'intérieur de l'usine.

³ Les analyses seront effectuées pour les mois de mai à octobre inclusivement.

⁴ Pour la valorisation agricole, les critères de référence et les normes réglementaires sont énoncés dans le guide sur la valorisation des matières résiduelles fertilisantes.

⁵ Le suivi de l'oxygène dissous sera réalisé à tous les mois en période estivale lorsque deux (2) aérateurs au lieu de quatre (4) seront en fonction. Si le niveau d'oxygène dissous devenait inférieur à 2 ppm, les aérateurs devront être remis en fonction.

Tableau B-1A : Programme de surveillance de l'environnement de l'année 2016 – Points de rejet (suite)

Point de rejet	Source	Paramètre	Mesure / Fréquence
SÉPARATEUR EAU-HUILE Sous-station électrique (MCH-1)	La responsabilité du suivi et de l'entretien du séparateur eau-huile relève de la division Hydro-Québec TransÉnergie qui transmettra directement au MDDELCC les mesures de hauteur d'huile.		
EFFLUENT FINAL PLUVIAL MCH-1 (15200) Canal de rejet (débit moyen : 74 m³/j)	- Séparateur 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	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'aménée (débit moyen : 644 m³/j)	
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	C ₁₀ -C ₅₀	
		MES	
		Cr	
		Pb	
		Fe	
		Chlorures	
EFFLUENT FINAL PLUVIAL (IGDRS)	Échantillonnage automatisé	pH	Mensuel
		Conductivité	
		COT-CIT	
VANNE DE RÉGULATION 1520-V1	Si la vanne devait être utilisée, un échantillonnage pour mesurer la conductivité devra être réalisé et un registre devra être tenu.		

Tableau B-1B : Programme de surveillance de l'environnement de l'année 2016 – Eaux usées

Rejet	Description de l'équipement de mesure	Vérification	
		Type	Fréquence
Effluent final EBR	Mesure du débit	Le débit est estimé à partir du nombre de pompes en service. Un relevé est effectué quotidiennement.	1 / jour
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	n/a	n/a
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 : Programme de surveillance de l'environnement de l'année 2016 – Eaux souterraines

Lieu de prélèvement	Description	Paramètre ¹	Fréquence
P5	Piézomètre au nord de l'IGDRS près du fleuve	Conductivité ² C ₁₀ -C ₅₀ Métaux : Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Fe Anions : chlorure, sulfate pH Niveau d'eau (piézométrie)	2 / année (instantanée) (printemps et automne)
P7	Piézomètre localisé 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 MDDELCC.

Tableau B-1D : Programme de surveillance de l'environnement de l'année 2016 – lieu d'élimination de neige ¹

Lieu de prélèvement	Description	Paramètre	Fréquence
Eau souterraine			
P-1C ²	Piézomètre situé à l'ouest de l'IGDRS le long du fossé	Métaux : Cd, Pb, Zn, Cr, Cu, Fe Chlorure Cyanure	1 / semaine durant la période de fonte de la neige (environ 3 semaines) 1 fois (mois de juillet et mois d'octobre)
P-35C	Piézomètres situés au sud du bassin de rétention		
P-37C			
P-39C			
Eau de surface			
Chambre de contrôle de la vanne guillotine (1520-V1)	Puisard en amont de la vanne guillotine	MES Chlorure Huile	1 / semaine durant la période de fonte de la neige (environ 3 semaines) 1 fois (après période de pluie) (mois de juillet et mois d'octobre)

¹ Après la fonte de la neige, les débris qui joncheront la surface du bassin de rétention seront ramassés et les fossés seront inspectés et nettoyés. Les sédiments qui seront enlevés seront analysés et gérés comme des sols contaminés, le cas échéant.

² Avec l'accord du MDDELCC, le suivi du piézomètre P-1C pourrait être abandonné après quelques années si la qualité de l'eau montre peu de variation.

Tableau B-2 : Plan de surveillance radiologique de l'environnement de l'année 2016

Item	Volet	Total	Matrice	Fréquence	Paramètre mesuré et nombre total d'échantillons prévus pour l'année					
					Cristaux CaF ₂	H-3	C-14	β total	Spectro γ	α total
1	Limites administratives : zone d'exclusion, ASDR, IGDRS, ASSCI	136	Précipitations	Mensuelle	-	-	-	36	-	36
			Neige	Annuelle	-	-	-	2	-	2
			Ambiance gamma	Trimestrielle	60	-	-	-	-	-
2	Ambiance gamma : zone éloignée, zone d'exclusion, ASDR, IGDRS, ASSCI	224	Ambiance gamma	Trimestrielle	208	-	-	-	-	-
				Semestrielle	8	-	-	-	-	-
3	Atmosphérique : zone éloignée, zone d'exclusion, ASDR, IGDRS, ASSCI	588	Tamis moléculaires	Mensuelle	-	288	-	-	-	-
			Solution KOH	Mensuelle	-	-	144	-	-	-
			Filtres d'aérosols	Mensuelle	-	-	-	156	-	-
4	Biotique et édaphique : fleuve Saint-Laurent, canal de rejet, fermes laitières	42	Poissons	Mensuelle	-	3	3	-	3	-
			Plantes aquatiques	Annuelle	-	2	2	-	2	-
			Plantes fourragères	Annuelle	-	3	3	-	3	-
			Sédiment dynamique	Quadrimestrielle	-	-	-	-	9	-
			Mollusques	Annuelle	-	-	1	-	1	-
			Sols arables	Annuelle	-	-	-	-	3	-
			Sols / dépôts	Annuelle	-	-	-	-	4	-
5	Produit de consommation : zone éloignée, municipalité, fermes laitières, producteurs locaux	30	Eau potable	Trimestrielle	-	16	-	-	-	-
			Eau d'érable	Annuelle	-	1	-	-	-	-
			Sirop d'érable	Annuelle	-	-	-	-	1	-
			Fruits et légumes	Annuelle	-	4	4	-	4	-

Tableau B-2 : Plan de surveillance radiologique de l'environnement de l'année 2016 (suite)

Item	Volet	Total	Matrice	Fréquence	Paramètre mesuré et nombre total d'échantillons prévus pour l'année					
					Cristaux CaF ₂	H-3	C-14	β total	Spectro γ	α total
6	Lait de vache : zone éloignée, fermes laitières	48	Lait frais	Mensuelle	-	36	-	-	12	-
7	Eaux souterraines : zone éloignée, ASDR, IGDRS, ASSCI	324	Horizon A	Semestrielle	-	36	-	8	a	-
			Horizon B	Trimestrielle	-	44	-	8	a	-
			Horizon C	Mensuelle	-	192	-	36	a	-
8	Eau de surface : zone d'exclusion	84	Eau surface	Mensuelle	-	48	-	36	a	-
9	Nappe captive	84	Horizon A	Annuelle	-	8	-	-	-	-
				Au trois ans	-	20	-	-	-	-
			Horizon B	Annuelle	-	8	-	-	-	-
				Au trois ans	-	20	-	-	-	-
			Horizon C	Annuelle	-	8	-	-	-	-
				Au trois ans	-	20	-	-	-	-
10	Autres eaux : zone d'exclusion, fleuve Saint-Laurent, drainage pluvial, étang aéré	63	Fleuve Saint-Laurent (points A, B et C)	Trimestrielle		9	9	9		
			Drainage pluvial (MCH-1 à 3)	Trimestrielle		9	9	9		
			Étang aéré	Trimestrielle		3	3		3	

Tableau B-2 : Plan de surveillance radiologique de l'environnement de l'année 2016 (suite)

Item	Volet	Total	Matrice	Fréquence	Paramètre mesuré et nombre total d'échantillons prévus pour l'année					
					Cristaux CaF ₂	H-3	C-14	β total	Spectro γ	α total
11	Seuils du PERP	22	Horizon A	Semestrielle	-	22	-	-	-	-
12	Lieu d'élimination de neige : zone d'exclusion (5 semaines)	50	Horizon C	Hebdomadaire	-	12	-	-	12	-
				Mensuelle	-	8	-	-	8	-
			Eau de surface	Hebdomadaire	-	3	-	-	3	-
				Mensuelle	-	2	-	-	2	-
13	PSE entendu avec le MDDELCC : zone d'exclusion	42	Horizon A	Semestrielle	-	14	-	-	-	-
			Horizon B		-	14	-	-	-	-
			Horizon C		-	14	-	-	-	-
14	Précipitations : zone éloignée, IGDRS	168	Précipitations	Mensuelle	-	120	-	48	^a	-
15	Intercomparaison	Le programme d'intercomparaison de laboratoire, volet analyses radiologiques, est exclusivement maintenu et géré par l'unité Laboratoires de Gentilly-2. Il est par ailleurs intégré dans le programme d'assurance-qualité. Le document PROC-03 <i>Gestion des analyses chimiques et radiologiques</i> peut être consulté à cet effet. Il présente les contrôles, attentes et actions découlant des résultats atteints.								
^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 thermoluminescents (DTL)	Cristaux de fluorure de calcium dopés au dysporium ($\text{CaF}_2[\text{Dy}]$). Cette technique permet d'obtenir un débit de dose moyen puisque les DTL sont laissés pour une longue période aux points d'échantillonnage.
Débitmètre d'ambiance gamma	Appareil servant à mesurer un débit de rayonnement en un point donné. Résultat immédiat obtenu par une lecture directe de l'appareil.
<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 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-total • 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 GeHP (station de référence seulement).
<i>Eau potable</i>	
Tritium	L'eau potable est prélevée directement des robinets des résidences privées. L'eau recueillie est analysée par scintillation liquide.
<i>Eau de surface, d'infiltration et de la nappe phréatique</i>	
Trois paramètres sont analysés dans les précipitations : • Tritium • Bêta-total • 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-total 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>	
Deux fois par année (généralement au printemps et à l'automne), des échantillons de sols sont prélevés dans les fermes qui font la culture de plantes fourragères. Deux paramètres sont analysés : • Tritium non 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 sont pêchés dans le canal de rejet de l'installation nucléaire de Gentilly-2, tandis que les mollusques sont recueillis en amont et en aval du 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 CO ₂ formé lors de cette combustion est recueilli dans un cocktail scintillant. L'échantillon est ensuite analysé par scintillation liquide.
<i>Plantes fourragères</i>	
Les fermes échantillonnées sont celles qui participent au programme de surveillance laitière. Deux paramètres sont analysés : • Tritium non 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 CO ₂ 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 : surveillance de la chaîne alimentaire

Caractéristiques de la méthode	Échantillonnage et analyse
<i>Légumes</i>	
Trois paramètres sont analysés : • Tritium non lié (³H dans l'eau des légumes) • Gamma • Carbone-14 organique	Les légumes ont été achetés chez des producteurs locaux. L'eau des légumes est extraite par lyophilisation, puis analysée par scintillation liquide. Les légumes sont séchés et broyés, puis une spectrométrie gamma sur GeHP est réalisée. Une combustion de l'échantillon préalablement séché est réalisée dans une bombe à oxygène. Le CO ₂ formé lors de cette combustion est recueilli dans un cocktail scintillant. L'échantillon est ensuite analysé par scintillation liquide.
<i>Produits de l'érable</i>	
Les produits sont achetés à un producteur local.	Une spectrométrie gamma sur GeHP et une analyse par scintillation liquide sont réalisées.
<i>Lait</i>	
Deux paramètres sont analysés : • Tritium • Gamma	Les échantillons sont recueillis de façon hebdomadaire chez les producteurs. Le lait est analysé directement par scintillation liquide. Le lait est mis dans un marinelli et une spectrométrie sur GeHP est réalisée.

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

Méthodes d'échantillonnage et d'analyse	Limites 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-total</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
Légumes et sirop d'érable	0,3 Bq kg ⁻¹
Lait	0,1 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 ACNOR (ACNOR, 2010). 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 (Hydro-Québec, 1997).
- 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 2016 (filtres d'air, échantillons de sol, de végétaux et aqueux)

Tableau D-1A : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2016 : intercomparaison ERA, filtres d'air (MRAD-25)

Analyses	Activité par filtre (pCi filtre ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
α total	75	71,2	23,9 – 111	1,05
β total	80	60,3	38,1 – 87,9	1,33
²⁴¹ Am	46	42,3	21,6 – 57,2	1,09
⁶⁰ Co	973	900	696 – 1 120	1,08
¹³⁴ Cs	492	614	391 – 762	0,80
¹³⁷ Cs	1 265	1 170	879 – 1 540	1,08
⁵⁴ Mn	< 50	< 50,0	0,00 – 50,0	s. o.
²³⁸ U	35	28,9	18,7 – 40,0	1,21
⁶⁵ Zn	1 449	1 150	824 – 1 590	1,26
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1B : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2016 : intercomparaison ERA, échantillons de sol (MRAD-25)

Analyses	Activité (pCi kg ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
²²⁸ Ac	1 046	1 170	750 – 1 620	0,89
²⁴¹ Am	786	878	514 – 1 140	0,90
²¹² Bi	1 265	1 280	341 – 1 880	0,99
²¹⁴ Bi	868	1 230	741 – 1 770	0,71
¹³⁴ Cs	4 378	5 470	3 580 – 6 570	0,80
¹³⁷ Cs	6 162	6 700	5 130 – 8 620	0,92
⁴⁰ K	10 297	10 600	7 740 – 14 200	0,97
²¹² Pb	1 122	1 200	786 – 1 670	0,94
²¹⁴ Pb	881	1 280	747 – 1 910	0,69
⁶⁰ Co	7 649	8 020	5 420 – 11 000	0,95
⁵⁴ Mn	< 27	< 1 000	0,00 – 1 000	s. o.
²³⁸ U	1 743	1 750	1 080 – 2 220	1,00
⁶⁵ Zn	3 054	2 920	2 330 – 3 880	1,05
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1C : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2016 : intercomparaison ERA, échantillons de végétaux (MRAD-25)

Analyses	Activité (pCi kg ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
²⁴¹ Am	1 746	1 530	935 – 2 030	1,14
⁶⁰ Co	1 678	1 560	1 080 – 2 180	1,08
¹³⁴ Cs	1 659	1 690	1 090 – 2 200	0,98
¹³⁷ Cs	1 095	1 030	747 – 1 430	1,06
⁵⁴ Mn	< 46	< 300	0,00 - 300	s. o.
²³⁸ U	3 459	3 090	2 060 – 3 930	1,12
⁴⁰ K	30 270	30 900	22 300 – 43 400	0,98
⁶⁵ Zn	2 024	1 690	1 220 – 2 370	1,20
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1D : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2016 : intercomparaison ERA, échantillons aqueux (MRAD-25)

Analyses	Activité (pCi L ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
α total	77	165	58,6 – 256	0,47
β total	107	130	74,4 – 193	0,82
²⁴¹ Am	72	56,2	37,9 – 75,4	1,28
⁶⁰ Co	2 314	1 960	1 700 – 2 290	1,18
¹³⁴ Cs	1 416	1 260	925 – 1 450	0,91
¹³⁷ Cs	1 262	987	838 – 1 180	1,28
⁵⁴ Mn	< 100	< 100	0,00 - 100	s. o.
²³⁸ U	< 94	104	78,9 – 135	s. o.
⁶⁵ Zn	954	724	604 – 913	1,32
³ H	9 469	10 100	6 770 – 14 400	0,94
s. o. : Sans objet.				
En gras : Valeur non comprise à l'intérieur des limites acceptées				