

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

Rapport annuel 2015

Rapport technique G2-RT-2016-00518-004

Version finale

Avril 2016

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

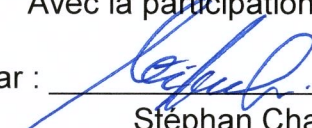
Document ☒ Public
 ☐ Non public
 ☐ Confidentiel

Rapport annuel 2015

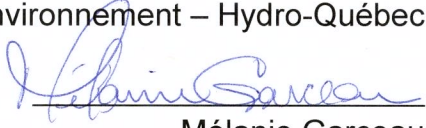
Rapport technique G2-RT-2016-00518-004

Version finale

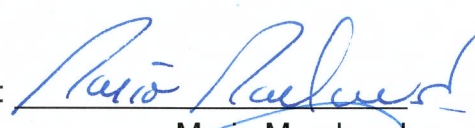
Avec la participation de WSP

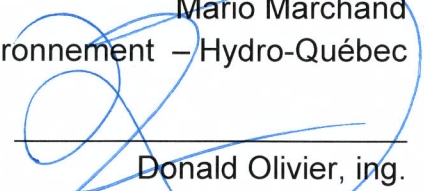
Par : 
Stéphan Chapdelaine

Chargé d'équipe – Environnement – Hydro-Québec


Mélanie Garceau

Environnement – Hydro-Québec

Approuvé par : 
Mario Marchand
Chef Environnement – Hydro-Québec


Donald Olivier, ing.
Directeur Installations de Gentilly-2 – Hydro-Québec

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

Hydro-Québec Production
Avril 2016

Sommaire

Tous les volets d'exploitation 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 de l'environnement.

Deux programmes de surveillance de l'environnement sont menés 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 et comprennent notamment l'échantillonnage et l'analyse de plusieurs matrices environnementales. 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. L'atteinte de l'état de stockage sûr (ÉSS) aux installations de Gentilly-2, en fin de l'année 2014, a mené à l'adaptation de ces deux programmes, faisant en sorte que des résultats de l'année 2015 ne s'inscrivent pas nécessairement dans une continuité lorsqu'un historique de résultats est présenté.

Au cours de l'année 2015, la concentration de tritium aux émissions gazeuses de l'installation nucléaire a connu une hausse soudaine en avril. Bien qu'elle ait été anticipée en raison des manœuvres de reconfiguration de la ventilation du bâtiment du réacteur, cette situation a tout de même impliqué une série de valeurs à la hausse aux autres pans du suivi en dispersion environnementale. Aussi, la hausse d'activité de carbone-14 aux effluents liquides, qui avait été constatée en 2014, s'est poursuivie. Certaines manœuvres liées au transfert des résines usées vers l'installation de gestion des déchets radioactifs solides (IGDRS) sont identifiées comme étant la cause. Cette hausse d'activité de carbone-14 s'est également répercutée aux suivis de dispersion.

La consommation d'eau de refroidissement a significativement diminué en 2015, de près de 75 %. Le même constat est fait pour le nombre de déversements accidentels de contaminants, signes du ralentissement des activités puisque plusieurs mises en retrait de systèmes ont été complétées. En 2015, la dose annuelle de rayonnements induite aux membres représentatifs de la population domiciliés à proximité des installations de Gentilly-2 a été estimée à 1 μ Sv. Cette estimation correspond à un dixième de pourcent de la limite de dose efficace légale pour la population, limite fixée à 1 mSv (1 000 μ Sv) par la CCSN.

Tout au long de l'année 2015, seule une mesure d'activité radiologique aux rejets gazeux a dépassé la valeur équivalente à 1 % des limites opérationnelles dérivées (LOD) sur une base hebdomadaire, soit 1,28 % pour le tritium. Pour les rejets liquides, toutes les activités radiologiques recensées ont quant à elles été en deçà de la même valeur équivalente à 1 % des LOD, sur une base mensuelle. L'activité maximale fut de 0,23 % pour le carbone-14. À la lueur des encadrements réglementaires cités au permis et au manuel des conditions, l'ensemble des résultats et constats issus de la surveillance environnementale démontrent que les impacts sur l'environnement découlant des activités d'exploitation des installations de Gentilly-2 sont négligeables, et 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
Mario Marchand	Chef Environnement & sécurité
Marco Vézina	Chef Services administratifs et financiers
Véronique Trépanier	Conseillère Relations avec le milieu
Marie-Élaine Deveau	Attachée de presse
Archives Gentilly-2	Centre de documentation (version originale)

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

Daniel Thériault	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, 11e 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 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 - bloc F

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 :

Isabelle Goupil-Sormary 550, rue Bonaventure, Trois-Rivières, G9A 2B5
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 102, rue Sibosis, Odanak, J0G 1H0

Conseil des Abénakis de Wôlinak :

Denis Landry, chef 10120, rue Kolipaio, Wôlinak, G0X 1B0

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

Roger Nadeau C.P. 368, Trois-Rivières, G9A 5H3
Patrick Simard 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. 3000, B06, Tiverton (Ontario), N0G 2T0

Ontario Power Generation :

Pickering Information Center Pickering Generation Station, Pickering (Ontario), L1V 2R5
Darlington Information Center C.P. 4000, Bowmanville (Ontario), L1C 3Z8

New Brunswick Electric Power Commission :

Joe McCulley C.P. 2050, Fredericton (Nouveau-Brunswick), E3B 5G4

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Résultats du suivi des effluents – volet radiologique.....	3
2.1	Effluents gazeux	3
2.2	Effluents liquides	7
2.2.1	Réservoirs de récupération des eaux radioactives	11
2.2.2	Drainage pluvial	12
3	Bilan des émissions atmosphériques et résultats du suivi des effluents liquides – volet physico-chimique.....	13
3.1	Émissions atmosphériques.....	13
3.1.1	Gaz à effet de serre émis par la combustion des moteurs.....	13
3.1.2	Gaz réfrigérants	14
3.2	Effluents liquides	14
3.2.1	Eau de circulation et autres effluents	15
3.2.2	Eau brute de refroidissement.....	16
3.2.2.1	Effluent final de l'EBR.....	16
3.2.2.2	Réservoir de stockage des eaux radioactives.....	16
3.2.3	Eaux usées sanitaires.....	17
3.2.4	Eau de surface – drainage pluvial.....	18
3.2.5	Suivi de la variation de température des effluents.....	18
4	Autres suivis d'engagements	19
4.1	Séparateur eau-huile	19
4.2	Suivi du lieu d'élimination de neige.....	19
4.2.1	Eaux souterraines	20
4.2.2	Eaux de surface	21
4.3	Suivi des eaux souterraines autour des aires de stockage des déchets radioactifs.....	21
4.4	Matières dangereuses utilisées au travail.....	23
4.5	Eau chimiquement conditionnée.....	24
5	Consommation d'eau	25
6	Matières dangereuses et autres matières résiduelles.....	27
6.1	Matières dangereuses résiduelles.....	27
6.2	Biomasse et autres matières résiduelles.....	28

7	Déversements accidentels de contaminants dans l'environnement.....	31
8	Surveillance radiologique du milieu environnant	33
8.1	Radionucléides retrouvés dans l'environnement.....	33
8.2	Surveillance atmosphérique	34
8.2.1	Ambiance gamma	34
8.2.2	Tritium	42
8.2.3	Carbone-14	50
8.2.4	Aérosols	54
8.3	Surveillance de la qualité de l'eau.....	57
8.3.1	Précipitations	57
8.3.2	Eaux de surface.....	61
8.3.3	Eaux d'infiltration.....	64
8.3.4	Eaux souterraines.....	67
8.3.5	Eaux de fonte des neiges.....	70
8.3.6	Eau potable	71
8.4	Surveillance de la qualité des sols et des sédiments.....	72
8.4.1	Sols arables	72
8.4.2	Sédiments dynamiques	72
8.5	Surveillance de la faune et de la flore	73
8.5.1	Plantes fourragères.....	74
8.5.2	Plantes aquatiques.....	74
8.5.3	Mollusques.....	75
8.5.4	Poissons	76
8.6	Produits comestibles.....	77
8.7	Données météorologiques	78
8.8	Facteurs de dispersion atmosphérique.....	82
9	Estimation de la dose de rayonnements aux membres représentatifs de la population.....	85
9.1	Groupe récepteur	85
9.2	Doses par voies d'exposition.....	86
9.3	Historique de dose	87
10	Programme d'intercomparaison du laboratoire de Radioprotection de Trois-Rivières.....	91
11	Conclusion.....	93
12	Références	95

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 aériens à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2015	4
Tableau 2-2 :	Activité des principaux radionucléides ou classes de rejets issue des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le premier semestre de l'année 2015	5
Tableau 2-3 :	Activité des principaux radionucléides ou classes de rejets issue des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le second semestre de l'année 2015	6
Tableau 2-4 :	Principales limites de rejets radioactifs liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2015	8
Tableau 2-5 :	Activité des principaux radionucléides ou classes de rejets issue des effluents liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2015	10
Tableau 2-6 :	Activité des principaux radionucléides dans les systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	12
Tableau 3-1 :	Quantité de produits pétroliers consommés aux installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2015	13
Tableau 3-2 :	Émissions totales de produits de combustion aux installations de Gentilly-2 pour la période 2012-2015	14
Tableau 3-3 :	Résultats d'analyses physico-chimiques de l'EBR des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	16
Tableau 3-4 :	Résultats d'analyses physico-chimiques des réservoirs de stockage des eaux radioactives de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2015	17
Tableau 3-5 :	Résultats d'analyses de l'effluent du système de traitement des eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	17
Tableau 3-6 :	Résultats d'analyses des systèmes de drainage pluvial des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	18
Tableau 4-1 :	Épaisseurs d'huile mesurées dans le système de récupération des huiles des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	19
Tableau 4-2 :	Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques pour les eaux souterraines (horizon C) au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	20

Tableau 4-3 :	Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques pour les eaux de surface au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	21
Tableau 4-4 :	Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines prélevées au pourtour de l'installation de déchets radioactifs de Gentilly-2 pour l'année 2015	22
Tableau 4-5 :	Mesures des niveaux piézométriques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	23
Tableau 4-6 :	Consommation de produits chimiques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	24
Tableau 6-1 :	Quantité de matières dangereuses résiduelles générées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	27
Tableau 6-2 :	Quantité de matières résiduelles recyclées ou disposées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	28
Tableau 7-1 :	Quantité de produits liquides et gazeux déversés accidentellement dans l'environnement aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	31
Tableau 8-1 :	Radioactivité maximale mesurée dans les sols arables aux trois fermes collaborant au PSRE pour l'année 2015	72
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 2015	73
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 2015	75
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 2015	76
Tableau 8-5 :	Espèces de poissons pêchés dans le canal de rejet de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2015 et valeur des radionucléides généralement détectés	77
Tableau 9-1 :	Dose annuelle de rayonnements aux membres représentatifs de la Ferme n° 1 (modèle IMPACT 5.5.1)	87

Figures

Figure 2-1 :	Rejets radiologiques gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base hebdomadaire pour l'année 2015	4
Figure 2-2 :	Rejets radioactifs aériens annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1996-2015	7
Figure 2-3 :	Rejets radioactifs liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base mensuelle pour l'année 2015	9

Figure 2-4 :	Rejets radioactifs liquides annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1996-2015.....	11
Figure 5-1 :	Consommation d'eau de procédé aux installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015.....	25
Figure 5-2 :	Consommation d'eau potable aux installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015.....	26
Figure 6-1 :	Biomasse captée à la station de pompage des installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015.....	29
Figure 8-1 :	Ambiance gamma trimestrielle aux stations de contrôle SCR-1, 3, 6, 7, 8, 10, 11 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2015.....	35
Figure 8-2 :	Dose annuelle gamma aux stations de contrôle SCR-1, 3, 6, 7, 8, 10 et 11 (zone rapprochée) et à la station de référence pour la période 2010 - 2015.....	35
Figure 8-3 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015.....	37
Figure 8-4 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015.....	37
Figure 8-5 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015.....	38
Figure 8-6 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015.....	39
Figure 8-7 :	Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASSCI des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015.....	40
Figure 8-8 :	Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASSCI des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015.....	41
Figure 8-9 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-11 (zone d'exclusion) pour l'année 2015.....	43
Figure 8-10 :	Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-11 (zone d'exclusion) pour la période 2010-2015.....	44
Figure 8-11 :	Activité mensuelle 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 l'année 2015.....	45
Figure 8-12 :	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 2010-2015.....	46
Figure 8-13 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015.....	47
Figure 8-14 :	Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015.....	48
Figure 8-15 :	Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015.....	49
Figure 8-16 :	Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015.....	50

Figure 8-17 :	Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SCR-1, SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2015	51
Figure 8-18 :	Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SCR-1, SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8 (zone rapprochée) et à la station de référence pour la période 2010-2015	52
Figure 8-19 :	Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique à l'IGDRS, à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2015	53
Figure 8-20 :	Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations de l'IGDRS et de l'ASDR et à la station de référence pour la période 2010-2015	54
Figure 8-21 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés aux stations SUD-1, SCR-1, SCR-8, SCR-11 et à la station de référence pour l'année 2015	55
Figure 8-22 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'IGDRS et à la station de référence pour l'année 2015.....	56
Figure 8-23 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2015	56
Figure 8-24 :	Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations SCR-1 à SCR-5, SCR-8, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2015.....	57
Figure 8-25 :	Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les précipitations aux stations SCR-1 à SCR-5, SCR-8, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2015.....	59
Figure 8-26 :	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 2015.....	60
Figure 8-27 :	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 2015.....	61
Figure 8-28 :	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 2015	62
Figure 8-29 :	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 2010-2015	63
Figure 8-30 :	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 2015	64
Figure 8-31 :	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 2015	65
Figure 8-32 :	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 2010-2015	66
Figure 8-33 :	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 2015.....	67

Figure 8-34 :	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 2015	68
Figure 8-35 :	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 2010-2015	69
Figure 8-36 :	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 2015	70
Figure 8-37 :	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 2015	71
Figure 8-38 :	Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015	80
Figure 8-39 :	Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015	81
Figure 8-40 :	Facteurs moyens de dispersion du tritium atmosphérique des relâches des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015	83
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 2010-2015	88
Figure 9-2 :	Comparaison de différentes doses de rayonnements typiques pouvant affecter la population canadienne	89

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
CEAEQ	Centre d’ E xpertise en A nalyse E nvironnementale du Q uébec
CFC	C hloro F luoro C arbures
CCSN	Commission Canadienne de S ûreté N ucléaire
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	E au B rute d’ A limentation
EBR	E au B rute de R efroidissement
EDC	E au D e 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	E au de S ervice R ecirculée
ESRU	E nceinte de S tockage des R ésines U sées
ÉSS	É tat de S tockage S ûr
HCFC	H ydro C hloro F luoro C arbures
HP C ₁₀ -C ₅₀	H ydrocarbures P étroliers C ₁₀ -C ₅₀
IGDRS	I nstallation de G estion des D échets R adioactifs S olides
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

PSE	P rogramme de Surveillance de l' E nvironnement
PSRE	P lan de Surveillance R adiologique de l' E nvironnement
SCR	Station de C ontrôle R adiologique
UTa	U nité de T oxicité a iguë
UTc	U nité de T oxicité c hronique

1 Introduction

Le rapport intitulé *Résultats du programme de surveillance de l'environnement des installations de Gentilly-2* (G2-RT-2016-00518-004) présente les données issues des programmes de surveillance environnementale appliqués en 2015 au site des installations de Gentilly-2. Ces résultats regroupent notamment l'ensemble des valeurs d'analyses radiologiques et physico-chimiques. Il 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 2012.

Conformément à la plus récente révision de son *Permis d'exploitation d'un réacteur nucléaire de puissance* (PERP 10.03/2016), Hydro-Québec publie ce 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 nouveau document d'application de la réglementation figure dorénavant au 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*. Le document d'application de réglementation (REGDOC 3.1.1) stipule les informations devant paraître à un rapport annuel, lesquelles sont abordées dans le présent rapport.

Suivant l'atteinte de l'état de stockage sûr (ÉSS) de l'installation nucléaire décrétée au cours du mois de décembre 2014, le *Plan de surveillance radiologique de l'environnement* (PSRE) de 2009 a été adapté en janvier 2015 (Hydro-Québec, janvier 2015) et ce en marge de la mise en retrait définitive de plusieurs systèmes nucléaires ainsi que de la modification du terme source. La majorité des changements a ainsi pu être appliquée dès le premier trimestre de 2015.

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'exploitation 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.

Suite à l'atteinte de l'ÉSS, le *Programme de surveillance de l'environnement* (PSE) a également été adapté 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 (3211-13-03 7610-17-01-00434-76 401306551).

Les principaux objectifs visés par ce programme sont :

- d'effectuer le contrôle de la qualité physico-chimique des effluents liquides de l'installation nucléaire ;
- 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 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-chimiques 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 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), et le programme d'intercomparaison du laboratoire de Radioprotection d'Hydro-Québec à Trois-Rivières (chapitre 10).

2 Résultats du suivi des effluents – volet radiologique

Cette section présente les résultats de la surveillance radiologique des effluents gazeux et liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2015.

2.1 Effluents gazeux

Même si l'état de stockage sûr (ÉSS) de l'installation nucléaire de Gentilly-2 a été atteint en décembre 2014, plusieurs systèmes et composantes assurent toujours une ventilation aux bâtiments réacteur et 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 à la fin de l'année 2012, une part de radioactivité sera encore présente dans les rejets gazeux à moyen terme, soit 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 Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN). À partir de la limite légale de dose de rayonnement 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 de rayonnement maximale prescrite pour le public, définie par la CCSN. 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).

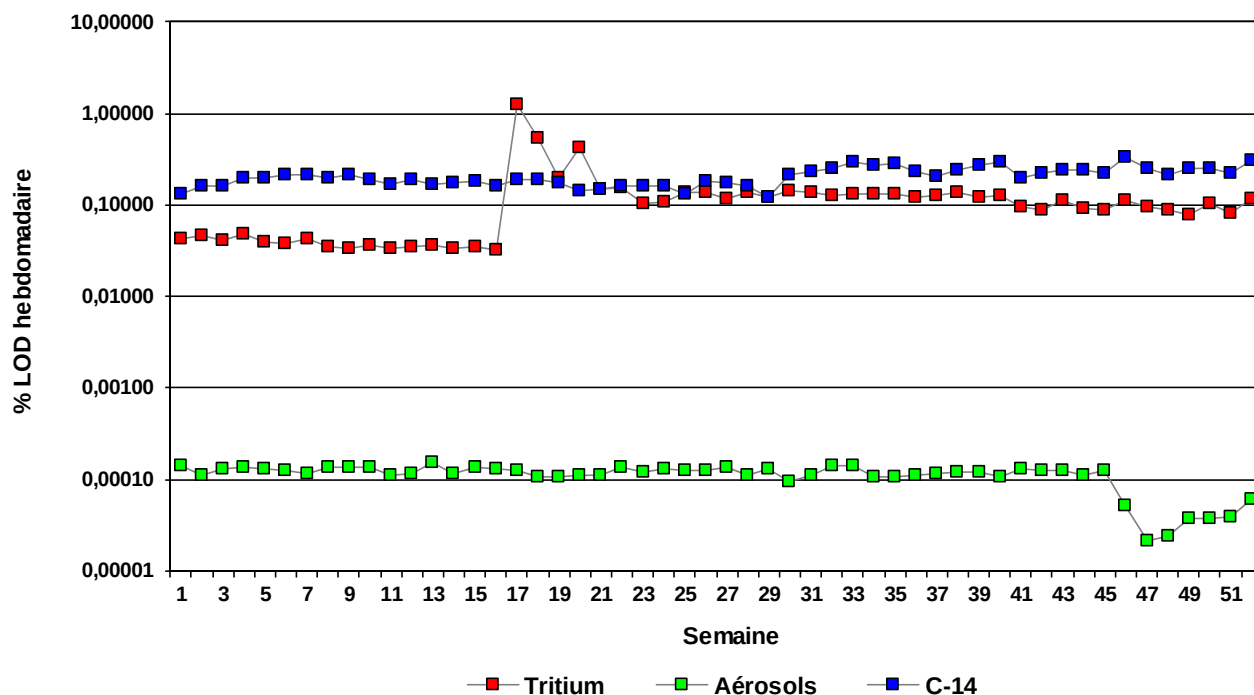
Lors de l'exploitation d'un réacteur CANDU, les radionucléides les plus susceptibles d'être présents dans les émissions à la cheminée principale sont détaillés au tableau 2-1. Les LOD correspondantes, propres à l'installation nucléaire de Gentilly-2, y figurent également. L'interruption prolongée d'un flux neutronique au cœur du réacteur, situation qui perdure depuis plus de trois ans, amène une réduction significative des émissions de certains radionucléides. À ce titre, la CCSN autorisait d'ailleurs Hydro-Québec, en mai 2015, à cesser la surveillance en ligne des gaz rares et des radioiodes.

Tableau 2-1 : Principales limites de rejets radioactifs aériens à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2015

Classification	Limite de rejet aérien (Bq semaine ⁻¹)
Gaz rares	$1,48 \times 10^{15}$ γBq MeV
Aérosols (⁶⁰ Co)	$2,33 \times 10^{10}$
¹³¹ I	$6,25 \times 10^9$
³ H	$1,65 \times 10^{15}$
¹⁴ C	$3,82 \times 10^{12}$

La figure 2-1 présente les principaux radionucléides surveillés aux rejets gazeux pour l'année 2015. Tel que l'exige le document d'application de la réglementation concerné, ces rejets sont exprimés en pourcentage des LOD (% LOD) sur une base hebdomadaire.

Figure 2-1 : Rejets radiologiques gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base hebdomadaire pour l'année 2015



De façon générale, l'activité radiologique liée aux principaux radionucléides encore présents aux effluents gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 fut stable au cours de l'année 2015. La variation à la hausse perçue à la 17^e semaine de l'année, pour le tritium, est conséquente des manœuvres de reconfiguration de ventilation du bâtiment réacteur. Ces manœuvres étaient prévues suite à l'atteinte de stockage sûr.

Exception faite de cette seule excursion de l'activité de tritium, toutes les autres valeurs ont été en deçà d'un ratio équivalent à 1 % LOD. Le drainage des systèmes caloporteur et modérateur étant complété depuis déjà plusieurs mois, d'autres variations significatives dans un court laps de temps ne sont désormais plus attendues.

Les tableaux 2-2 et 2-3 présentent, par semestre, les valeurs hebdomadaires d'activité pour les radionucléides ou classes de rejets d'intérêt aux rejets gazeux en 2015.

Tableau 2-2 : Activité des principaux radionucléides ou classes de rejets issue des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le premier semestre de l'année 2015

Semaine	Tritium (Bq)	Gaz rares (Bq)	Iode-131 (Bq)	Aérosols (Bq)	Carbone-14 (Bq)
Semaine 1	7,13E+11	n.d.	n.d.	3,29E+04	5,08E+09
Semaine 2	7,73E+11	n.d.	n.d.	2,55E+04	6,23E+09
Semaine 3	6,90E+11	n.d.	n.d.	3,04E+04	6,24E+09
Semaine 4	7,85E+11	n.d.	n.d.	3,13E+04	7,50E+09
Semaine 5	6,53E+11	n.d.	n.d.	3,00E+04	7,57E+09
Semaine 6	6,24E+11	n.d.	n.d.	2,90E+04	8,05E+09
Semaine 7	7,13E+11	n.d.	n.d.	2,65E+04	8,21E+09
Semaine 8	5,71E+11	n.d.	n.d.	3,17E+04	7,65E+09
Semaine 9	5,50E+11	n.d.	n.d.	3,10E+04	8,06E+09
Semaine 10	6,05E+11	n.d.	n.d.	3,21E+04	7,08E+09
Semaine 11	5,59E+11	n.d.	n.d.	2,60E+04	6,36E+09
Semaine 12	5,76E+11	n.d.	n.d.	2,71E+04	7,32E+09
Semaine 13	5,99E+11	n.d.	n.d.	3,57E+04	6,40E+09
Semaine 14	5,49E+11	n.d.	n.d.	2,70E+04	6,73E+09
Semaine 15	5,81E+11	n.d.	n.d.	3,16E+04	6,95E+09
Semaine 16	5,34E+11	n.d.	n.d.	3,05E+04	6,13E+09
Semaine 17	2,11E+13	n.d.	n.d.	2,97E+04	7,23E+09
Semaine 18	8,95E+12	n.d.	n.d.	2,47E+04	7,09E+09
Semaine 19	3,26E+12	n.d.	n.d.	2,44E+04	6,60E+09
Semaine 20	6,98E+12	n.d.	n.d.	2,62E+04	5,46E+09
Semaine 21	2,44E+12	n.d.	n.d.	2,62E+04	5,59E+09
Semaine 22	2,60E+12	--	--	3,14E+04	6,18E+09
Semaine 23	1,68E+12	--	--	2,83E+04	6,03E+09
Semaine 24	1,75E+12	--	--	2,98E+04	6,26E+09
Semaine 25	2,31E+12	--	--	2,92E+04	5,07E+09
Semaine 26	2,22E+12	--	--	2,89E+04	7,07E+09
n. d. Non détecté					

Tableau 2-3 : Activité des principaux radionucléides ou classes de rejets issue des rejets gazeux de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour le second semestre de l'année 2015

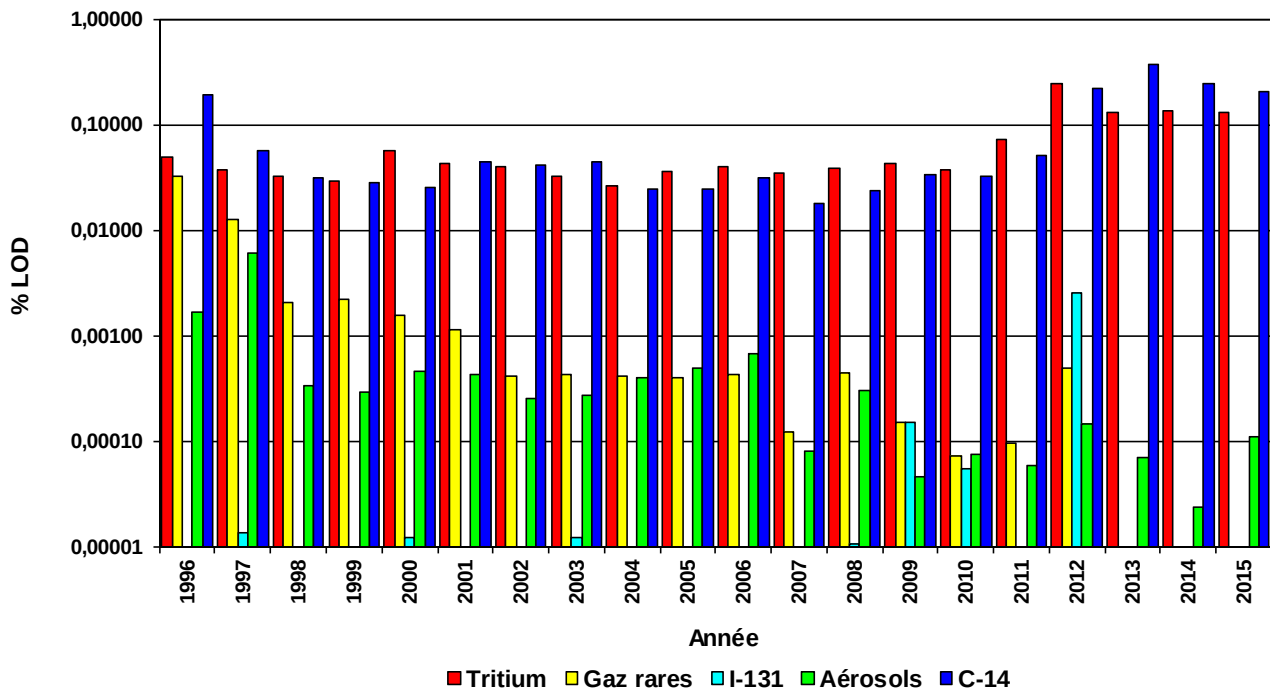
Semaine	Tritium (Bq)	Gaz rares (Bq)	Iode-131 (Bq)	Aérosols (Bq)	Carbone-14 (Bq)
Semaine 27	1,94E+12	--	--	3,14E+04	6,76E+09
Semaine 28	2,23E+12	--	--	2,59E+04	6,07E+09
Semaine 29	2,02E+12	--	--	3,00E+04	4,60E+09
Semaine 30	2,34E+12	--	--	2,15E+04	8,00E+09
Semaine 31	2,23E+12	--	--	2,57E+04	8,87E+09
Semaine 32	2,11E+12	--	--	3,34E+04	9,39E+09
Semaine 33	2,16E+12	--	--	3,22E+04	1,11E+10
Semaine 34	2,17E+12	--	--	2,50E+04	1,03E+10
Semaine 35	2,21E+12	--	--	2,49E+04	1,08E+10
Semaine 36	1,98E+12	--	--	2,60E+04	8,81E+09
Semaine 37	2,12E+12	--	--	2,68E+04	7,87E+09
Semaine 38	2,27E+12	--	--	2,78E+04	9,33E+09
Semaine 39	2,01E+12	--	--	2,77E+04	1,03E+10
Semaine 40	2,13E+12	--	--	2,51E+04	1,11E+10
Semaine 41	1,58E+12	--	--	3,06E+04	7,38E+09
Semaine 42	1,46E+12	--	--	2,91E+04	8,64E+09
Semaine 43	1,84E+12	--	--	2,91E+04	9,18E+09
Semaine 44	1,52E+12	--	--	2,55E+04	9,03E+09
Semaine 45	1,48E+12	--	--	2,95E+04	8,39E+09
Semaine 46	1,88E+12	--	--	1,20E+04	1,27E+10
Semaine 47	1,60E+12	--	--	4,88E+03	9,69E+09
Semaine 48	1,44E+12	--	--	5,63E+03	8,23E+09
Semaine 49	1,31E+12	--	--	8,82E+03	9,42E+09
Semaine 50	1,70E+12	--	--	8,56E+03	9,44E+09
Semaine 51	1,36E+12	--	--	8,93E+03	8,53E+09
Semaine 52	1,91E+12			1,40E+04	1,17E+10

La figure 2-2 présente l'évolution à long terme de l'activité radiologique annuelle issue des rejets atmosphériques à l'installation nucléaire de Gentilly-2. Considérant la poursuite des activités de mises en retrait de systèmes, tout au long de 2015, 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 2015. Par rapport à l'année 2014, le carbone-14 affiche encore une baisse, d'un peu plus de 15 %, alors que la diminution du tritium est quant à elle d'un peu plus de 5 % pour la même période. L'activité radiologique annuelle liée aux aérosols a été en hausse, mais elle se trouve toujours à moins d'un millième de pourcent de la LOD correspondante, sur une base annuelle.

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. C'est ce qui explique, entre autres, les fortes hausses perçues à partir de l'année 2012, en comparaison des années précédentes. À émissions égales, le ratio atteint d'une LOD spécifique s'avère maintenant plus élevé. Ce changement peut laisser présumer une hausse des rejets au cours des années 2012 à 2015, lorsque l'analyse porte sur les rejets d'une longue période.

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

Figure 2-2 : Rejets radioactifs aériens annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1996-2015



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

2.2 Effluents liquides

En 2015, les principaux effluents liquides des installations de Gentilly-2 étaient 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 des étangs aérés d'épuration des eaux usées sanitaires ainsi que de l'eau des réseaux de drainage pluvial du site (carte A-2 de l'annexe A).

Tout comme la radioactivité liée aux émissions atmosphériques, celle issue des rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 sera encore détectée à moyen terme, bien que la production d'électricité ait définitivement cessé. Certaines variations d'activité dans les rejets liquides survenues au cours de l'année 2015 peuvent être attribuées à des manœuvres ou des activités de mise en dormance de l'installation.

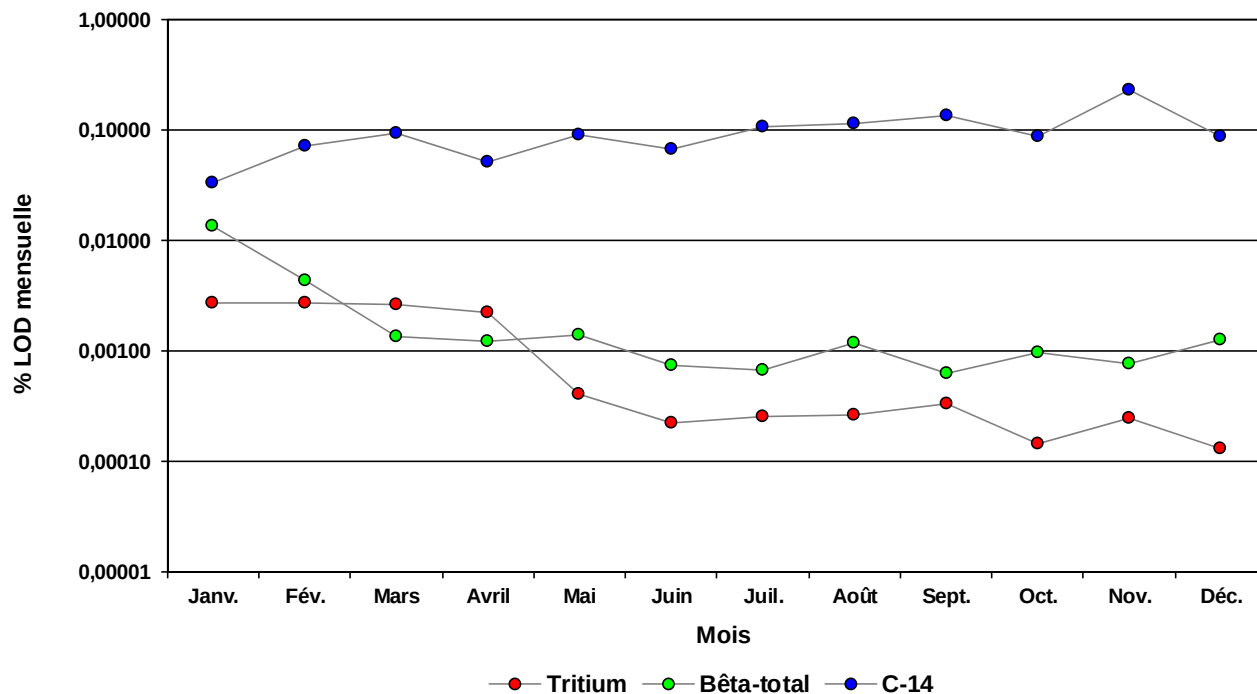
Les radionucléides les plus susceptibles d'être retrouvés dans les effluents liquides de l'installation nucléaire sont présentés au tableau 2-4, de même que les valeurs des LOD qui leur sont associées. Elles sont calculées de façon similaire aux LOD gazeuses et sont également conformes à la norme ACNOR N288.1-08. En 2015, les valeurs de LOD liquides, dites à débit réduit, ont été en vigueur pendant toute l'année. Cette situation est conséquente de l'arrêt définitif des pompes EDC depuis le mois d'octobre 2014.

Tableau 2-4 : Principales limites de rejets radioactifs liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2015

Classification	Limite de rejet liquide à débit réduit (Bq mois ⁻¹)
β total (¹³⁷ Cs)	1,86 x 10 ¹²
³ H	1,20 x 10 ¹⁸
¹⁴ C	2,55 x 10 ¹³
⁶⁰ Co	3,41 x 10 ¹⁴
⁹⁵ Zr	8,41 x 10 ¹⁵
⁹⁵ Nb	4,87 x 10 ¹⁴
¹²⁴ Sb	2,26 x 10 ¹⁵
¹²⁵ Sb	4,98 x 10 ¹⁵
¹³⁴ Cs	1,27 x 10 ¹²
¹³⁷ Cs	1,86 x 10 ¹²

Les valeurs mensuelles de la figure 2-3 sont celles des principaux radionucléides présents dans les rejets liquides de l'installation nucléaire pour l'année 2015, exprimées en pourcentage de LOD mensuelle pour chacun des radionucléides.

Figure 2-3 : Rejets radioactifs liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD sur une base mensuelle pour l'année 2015



En 2015, la radioactivité mesurée mensuellement aux rejets liquides est demeurée en deçà d'un dixième de pourcent de chacune des LOD respectives, exception faite de quatre valeurs de carbone-14 au second semestre de 2015. Cette tendance à la hausse de l'activité de carbone-14 sera suivie avec une attention particulière au cours de la prochaine année puisqu'il était attendu que sa présence soit moindre que celle mesurée tout au long de l'année. Pour leur part, les activités bêta-total et de tritium sont en baisse constante. Dans le cas du tritium, la diminution importante perçue en mai 2015 est directement liée à l'arrêt des sècheurs d'air du bâtiment du réacteur, dont les condensats étaient ensuite conduits aux rejets radioactifs liquides.

Entre les 20 et 26 octobre 2015, quatre échantillons de réservoirs d'effluents liquides n'ont pu être comptabilisés. Ces quatre réservoirs ont cependant tous fait l'objet d'une autorisation de rejet en bonne et due forme.

Le tableau 2-5 présente les valeurs mensuelles d'activité pour chacun des radionucléides ou classes de rejets d'intérêt aux effluents liquides en 2015.

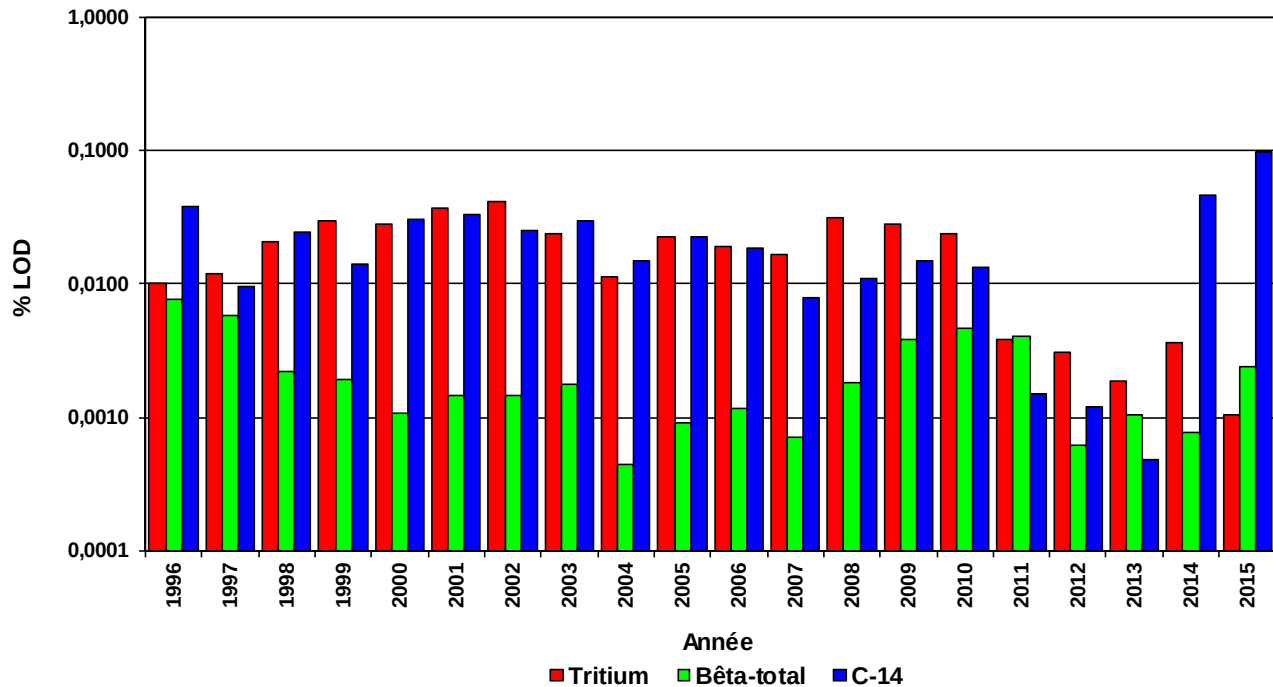
Tableau 2-5 : Activité des principaux radionucléides ou classes de rejets issue des effluents liquides à l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2015

Mois	Tritium (Bq)	Bêta-total (Bq)	Carbone-14 (Bq)
Janvier	3,35E+13	2,58E+08	8,54E+09
Février	3,30E+13	8,04E+07	1,82E+10
Mars	3,25E+13	2,54E+07	2,38E+10
Avril	2,71E+13	2,26E+07	1,31E+10
Mai	4,97E+12	2,58E+07	2,33E+10
Juin	2,74E+12	1,41E+07	1,73E+10
Juillet	3,06E+12	1,24E+07	2,74E+10
Août	3,18E+12	2,19E+07	2,91E+10
Septembre	4,02E+12	1,17E+07	3,51E+10
Octobre	1,77E+12	1,83E+07	2,22E+10
Novembre	3,05E+12	1,44E+07	5,92E+10
Décembre	1,61E+12	2,34E+07	2,26E+10

La figure 2-4 présente les valeurs annuelles de radioactivité aux rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 de 1996 à 2015. 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 de la nouvelle 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 1996-2015, une précision doit également être apportée pour l'interprétation de la figure 2-4. Pour cette figure, la baisse apparente du niveau de radioactivité des rejets liquides des années 2011, 2012 et 2013 est en partie attribuable à l'adoption de valeurs de LOD différentes, plus élevées que celles appliquées aux années précédentes. À l'inverse, les hausses apparentes constatées aux années 2014 et 2015 sont en partie attribuables à l'adoption de valeurs de LOD liquides plus faibles que celles appliquées antérieurement.

Figure 2-4 : Rejets radioactifs liquides annuels de l'installation nucléaire de Gentilly-2 exprimés en % LOD pour la période 1996-2015



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

Nonobstant le paragraphe précédent concernant les modifications de LOD pour les effluents liquides, l'année 2015 fut marquée par une baisse de l'activité annuelle de tritium, de l'ordre de près de 60 % comparativement à l'année 2014. Les activités bêta-total et de carbone-14 sont par ailleurs toutes deux en hausse, en comparaison de l'année précédente. Cependant, l'activité bêta-total de l'année 2015 demeure inférieure à une valeur équivalente à un centième de pourcent de sa LOD spécifique alors que celle de carbone-14 demeure quant à elle inférieure à un dixième de pourcent de sa LOD spécifique.

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 récupéré dans cinq réservoirs de récupération des eaux radioactives. Le contenu de ces réservoirs est préalablement analysé (paramètres radiologiques et physico-chimiques), neutralisé si nécessaire, puis acheminé à la conduite d'évacuation de l'EBR. En 2015, un total de 250 réservoirs a été vidangé à l'installation nucléaire de Gentilly-2. C'est une diminution de nombre de réservoirs vidangés de l'ordre de 40 % par rapport à 2014.

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), lorsque certaines concentrations sont supérieures aux critères établis, sont aussi acheminées à l'unité de traitement des eaux industrielles par le biais d'un réservoir mobile. Ces volumes d'eau récupérés sont tous 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 2015. Ces installations sont desservies par trois puisards pluviaux principaux drainant chacun une superficie importante 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 2015

Puisard	Date	Tritium (Bq L ⁻¹)	Bêta-total (Bq L ⁻¹)	Carbone-14 (Bq L ⁻¹)
MCH-1	2015-04-15	383 ± 6	0,09 ± 0,02	< 0,2
	2015-07-30	248 ± 5	0,07 ± 0,01	< 0,2
	2015-10-28	261 ± 6	0,07 ± 0,01	0,27 ± 0,03
MCH-2	2015-04-16	581 ± 7	0,23 ± 0,03	< 0,2
	2015-07-30	516 ± 7	0,16 ± 0,02	< 0,2
	2015-10-28	654 ± 8	0,08 ± 0,01	< 0,2
MCH-3	2015-04-15	432 ± 7	0,06 ± 0,01	< 0,2
	2015-07-30	242 ± 5	0,09 ± 0,02	< 0,2
	2015-10-28	230 ± 6	0,09 ± 0,01	0,25 ± 0,03

La revue des trois séries de résultats de l'année 2015 révèle des concentrations de tritium stables. Considérant l'emplacement des superficies qu'ils drainent et de la proximité de la cheminée principale de l'installation nucléaire, les valeurs mesurées dans chacun des puisards sont celles attendues. Bien que les deux premières analyses bêta-total du puisard MCH-2 soient plus élevées que la moyenne, elles sont bien en deçà du critère (1 Bq L⁻¹) commandant des analyses supplémentaires des eaux de surface ainsi qu'une spectrométrie gamma. Finalement, les deux seules valeurs mesurées en carbone-14 sont toutes deux très près de la limite de détection (LD) des appareils de laboratoire. Aucune situation préoccupante n'est décelée à ces analyses.

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 des installations de Gentilly-2 et rapporte les résultats du suivi des effluents liquides pour le volet physico-chimique.

3.1 Émissions atmosphériques

Pour les installations de Gentilly-2 et leurs différents systèmes et équipements, les principales sources d'émissions atmosphériques de contaminants physico-chimiques sont 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 2012 à 2015. 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 sont obtenues 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 2012-2015

Type de produit pétrolier	Quantité consommée par année (litres)			
	2012	2013	2014	2015
Gaz de pétrole liquéfié (propane) (utilisé par les chariots élévateurs d'Hydro-Québec)	2 320	572	2 243	1 690
Essence (utilisée par les véhicules légers d'Hydro-Québec)	24 452	12 596	21 855	21 521
Diésel clair (utilisé par les véhicules lourds d'Hydro-Québec)	24 843	16 307	6 349	4 728
Diésel coloré (utilisé par les moteurs stationnaires d'Hydro-Québec)	292 526	122 694	34 118	2 114
Mazout (utilisé par une chaudière temporaire)	129 757	995 634	352 552	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 des produits combustibles 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 d'exploitation délivré par la CCSN.

Le tableau 3-2 présente les émissions de sous-produits de combustion spécifiquement calculées selon le type de moteur et de combustible. Les variations d'émissions par rapport à l'année 2014 ont été incluses dans le tableau. Le ralentissement des activités et le démantèlement de six réservoirs de stockage de produits pétroliers 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 2012-2015

Contaminant	Émission atmosphérique (tonne)				Variation 2015/2014
	2012	2013	2014	2015	
NO _x	36,52	86,67	30,58	2,47	92 %
CO	11,81	20,64	9,46	3,27	65 %
SO _x	0,13	0,21	0,08	0,02	74 %
Particules totales	1,50	5,53	1,95	0,08	96 %
CO ₂	1 276,34	3 110,44	1 120,80	71,66	94 %
COV	1,85	6,36	2,37	0,26	89 %
CH ₄	0,021	0,04	0,02	0,006	63 %
N ₂ O	0,031	0,04	0,03	0,015	46 %
éq. CO ₂	1 286,39	3 124,94	1 129,52	76,35	93 %

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 2015, aucun CFC n'a été perdu à l'atmosphère, mais la perte totale de 29,5 kg de HCFC a été recensée, lors de deux événements distincts.

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 d'exploitation sont établies. Les différents paramètres et critères de surveillance physico-chimique sont documentés dans le PSE des installations de Gentilly-2 (Hydro-Québec, septembre 2015) qui a 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 certificat d'autorisation (CA) pour le projet de modification des installations de stockage des déchets radioactifs des installations de Gentilly-2. Ce certificat d'autorisation a été modifié en novembre 2015 suite aux modifications apportées au PSE. La mise en application de l'adaptation du PSE s'est faite à partir du quatrième trimestre de l'année 2015.

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

Depuis le mois d'octobre 2014, une dérivation permanente du rejet des réservoirs de stockage des eaux radioactives a été installée à l'évacuation de la conduite EBR plutôt qu'à celle de l'EDC. La surveillance physico-chimique est réalisée depuis cette date par l'échantillonnage dans la conduite EBR.

3.2.1 Eau de circulation et autres effluents

Dans le contexte de la mise en dormance de Gentilly-2 et suite au réaménagement des systèmes d'eau des installations, l'effluent de l'eau brute d'alimentation est dorénavant le seul se déversant dans la conduite d'évacuation de l'EDC.

Fosses de déminéralisation et de prétraitement

Depuis l'atteinte de l'état de stockage sûr (ÉSS), l'eau déminéralisée sert seulement aux appoints d'eau des piscines de combustible irradié ainsi qu'aux opérations de la buanderie et des laboratoires. Depuis le 22 août 2014, la production d'eau déminéralisée se fait exclusivement à une nouvelle usine sise hors du périmètre sécurisé des installations de Gentilly-2. Depuis cette date, l'ancienne usine de traitement d'eau ne produit plus d'eau et sa mise en retrait définitive est commencée. Les boues des fosses de déminéralisation et de prétraitement seront pompées et gérées ultérieurement.

3.2.2 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 146 000 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 stockage 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.

3.2.2.1 Effluent final de l'EBR

Les résultats des principaux paramètres physico-chimiques de l'EBR sont présentés au tableau 3-3.

Tableau 3-3 : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'EBR des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Paramètre	Norme	Résultat		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,5 à 9,5	7,35	7,8	6,21
Toxicité aiguë (UTa)	≤ 1	< 1	< 1	< 1
Toxicité chronique (UTc)	≤ 2,3	< 1	< 1	< 1

Les résultats de toxicité aiguë et chronique, réalisés par un laboratoire externe accrédité, indiquent que les critères du PSE sont satisfaits.

3.2.2.2 Réservoir de stockage des eaux radioactives

Le système de gestion des déchets liquides radioactifs reçoit toutes les eaux contaminées radiologiquement des systèmes potentiellement radioactifs de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Ces eaux sont accumulées dans cinq réservoirs d'une capacité effective de 60 000 L chacun. 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 conformément au manuel d'exploitation. Des analyses supplémentaires sont par la suite effectuées et la procédure se répète jusqu'à ce que les effluents respectent pleinement les critères avant qu'un rejet soit autorisé. Le tableau 3-4 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées aux réservoirs de stockage des eaux radioactives avant neutralisation.

Tableau 3-4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des réservoirs de stockage des eaux radioactives de l'installation nucléaire de Gentilly-2 pour l'année 2015

Paramètre	Norme	Résultat		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
HP C ₁₀ -C ₅₀ ^a (mg L ⁻¹)	≤ 5	0,8	1,7	0,2
Hydrazine (mg L ⁻¹)	≤ 0,04 (cible)	0,001	0,010	< 0,001
pH	5,5 à 9,5	8,2	11,1	4,0
^a Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ .				

3.2.3 Eaux usées sanitaires

Les eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2, dont le débit moyen a été de 66 m³ jour⁻¹ en 2015, sont collectées par une station de pompage et traitées dans un étang aéré. 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 via un émissaire dans le canal de rejet. Les résultats du suivi environnemental sont illustrés au tableau 3-5.

Tableau 3-5 : Résultats d'analyses de l'effluent du système de traitement des eaux usées sanitaires des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Paramètre	Norme	Résultat		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	≤ 30	3	6	< 2
Coliformes fécaux (c.f. 10 ml ⁻¹)	≤ 20 000	118	360	<10
HP C ₁₀ -C ₅₀ ^a (mg L ⁻¹)	Absence de film visible à la surface	0,22	1,35	< 0,10
Oxygène dissous (mg L ⁻¹)	≥ 2 (cible)	8,5	13,7	3,6
^a Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ .				

Tous les résultats d'analyses des paramètres mesurés ont respecté les normes lors des inspections mensuelles. En 2015, les lentilles aquatiques à la surface de l'eau ont été récupérées entre le 19 et le 23 octobre et ce, 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 août 2015.

3.2.4 Eau de surface – drainage pluvial

Le système de drainage des eaux pluviales est composé de trois branches qui collectent les eaux de surface et des toits à l'intérieur de la digue de protection contre les inondations, dans trois postes de pompage (MCH-1, 2 et 3) (carte A-2 de l'annexe A). Chacun des postes possède deux pompes qui démarrent sur haut niveau et qui évacuent l'eau au fleuve Saint-Laurent. En 2015, 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 2015

Réseau	Moyenne (mg L ⁻¹)					
	Chlorures	Chrome	Plomb	Fer	HP C ₁₀ -C ₅₀ ^a	MES
MCH-1	344	0,002	0,003	1,16	< 0,1	41,3
MCH-2	715	0,003	0,001	0,49	0,2	14,5
MCH-3	514	0,001	0,001	0,83	0,3	10,2

^a Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀.

Parmi les paramètres analysés, seuls les hydrocarbures pétroliers sont normés, leur concentration devant être inférieure à 2 mg L⁻¹. Les résultats indiquent que cette norme a été respectée en 2015.

3.2.5 Suivi de la variation de température des effluents

Le suivi de la variation de température des effluents a été réalisé jusqu'à la fin de l'année 2014. Les données rapportées dans les rapports annuels 2013 et 2014 montraient l'absence d'un réchauffement depuis l'arrêt de production de l'installation nucléaire à la fin de l'année 2012.

À ce sujet, la CCSN a affirmé au document des membres de la commission du 4 mars 2016 : «... le personnel de la CCSN accepte qu'Hydro-Québec abandonne le suivi des températures dans les canaux d'amenée et de rejet. » (CCSN, 2016). Cette décision découle de l'évaluation des effets de l'effluent thermique sur les poissons suite à l'arrêt de production de l'installation nucléaire en décembre 2012.

4 Autres suivis d'engagements

Dans le cadre du PSE (Hydro-Québec, septembre 2015) ou d'autres circonstances exceptionnelles, d'autres engagements doivent faire l'objet de suivis. Cette section en présente les résultats.

4.1 Séparateur eau-huile

Le système de récupération d'huile est situé sous les trois transformateurs, près du poste de transformation. Il est composé d'un bassin de récupération et d'un séparateur d'huile. Des huiles minérales isolantes sont utilisées dans les trois transformateurs. Une fois l'eau passée à travers le séparateur d'huile, elle est acheminée vers le puisard pluvial MCH-1, qui lui se déverse dans le canal de rejet (carte A-2 de l'annexe A).

Le système de récupération d'huile est conçu de façon à pouvoir pomper l'eau huileuse dans des barils qui sont ensuite gérés conformément aux encadrements internes de gestion des matières dangereuses résiduelles et en respect de la réglementation applicable.

Le PSE prévoyait, en 2015, une inspection annuelle du réservoir de récupération et du séparateur d'huile pour vérifier l'épaisseur de la couche d'huile. Les mesures effectuées en 2015 sont présentées au tableau 4-1.

Tableau 4-1 : Épaisseurs d'huile mesurées dans le système de récupération des huiles des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Système 7175	Niveau d'huile mesuré (cm)
Bassin de récupération (TK-40)	1,3
Séparateur d'huile (SP-50)	0

4.2 Suivi du lieu d'élimination de neige

Hydro-Québec a reçu en 2008 un certificat d'autorisation (CA) pour exploiter un lieu d'élimination de neige au site des installations de Gentilly-2. La neige usée est 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 des neiges, de même qu'en juillet et octobre de chaque année.

En 2015, quatre séries de prélèvements ont été effectuées pendant la période de fonte des neiges, entre le 1^{er} et le 21 avril inclusivement. Les analyses de juillet et d'octobre ont aussi été réalisées conformément au programme. Les paramètres physico-chimiques à analyser selon le CA sont ceux prescrits par la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (MDDELCC, 2014). Les résultats du suivi des paramètres radiologiques mesurés dans les eaux souterraines et de surface sont présentés au chapitre 8 du présent rapport.

Il est à noter que le lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 a encore été très peu sollicité en période hivernale 2014-2015. Depuis l'interruption de plusieurs activités au site, la neige de certains endroits est poussée plutôt que récupérée.

4.2.1 Eaux souterraines

En période de fonte des neiges, 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). Le tableau 4-2 présente un sommaire des résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques pour les eaux souterraines en 2015.

Tableau 4-2 : Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques pour les eaux souterraines (horizon C) au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Paramètre	Critère	Résultat	
		Valeur moyenne	Valeur maximale
Chlorures (mg L ⁻¹)	≤ 860	10	29
Cyanure (mg L ⁻¹)	Aucun	0,006	0,01
Cadmium (mg L ⁻¹)	≤ 0,0021	< 0,0005	< 0,0005
Chrome (mg L ⁻¹)	Aucun	0,002	0,008
Cuivre (mg L ⁻¹)	≤ 0,0073	0,001	0,002
Fer (mg L ⁻¹)	Aucun	3,97	25,1
Plomb (mg L ⁻¹)	≤ 0,034	< 0,001	0,001
Zinc (mg L ⁻¹)	≤ 0,067	0,008	0,016

Les résultats obtenus en 2015 révèlent que la qualité physico-chimique des eaux souterraines au pourtour du lieu d'élimination de neige respecte 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). Le tableau 4-3 présente les résultats d'analyse pour l'année 2015.

Tableau 4-3 : Sommaire des résultats d'analyses physico-chimiques pour les eaux de surface au pourtour du lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Paramètre	Critère	Résultat	
		Valeur moyenne	Valeur maximale
HP C ₁₀ -C ₅₀ ^a (mg L ⁻¹)	≤ 3,5	0,18	0,6
MES (mg L ⁻¹)	≤ 30	1 054	5 190
Chlorures (mg L ⁻¹)	≤ 860	170	433
^a Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ .			

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisés sur les eaux de surface du lieu d'élimination de neige révèlent des concentrations en MES supérieures au critère de qualité de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (MDDELCC, 2014). Ces dépassements sont possiblement occasionnés par la faible hauteur de l'eau lors du prélèvement des échantillons, faisant en sorte que la bouteille d'échantillonnage utilisée touche le fond, occasionnant une remise en suspension des sédiments s'y trouvant.

À ce sujet, la direction régionale du centre de contrôle environnemental de la Mauricie et du Centre-du-Québec du MDDELCC a déjà relevé ces écarts au moyen de l'émission d'un avis de non-conformité. Pour remédier à la situation, un nouvel équipement d'échantillonnage dédié au lieu d'élimination de neige des installations de Gentilly-2 a été acquis en 2015 et sera utilisé à la prochaine campagne.

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 4-4. 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, à l'intérieur de la digue :

- 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 4-4 : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines prélevées au pourtour de l'installation de déchets radioactifs de Gentilly-2 pour l'année 2015

Paramètre	Critère	Moyenne		
		Horizon A	Horizon B	Horizon C
pH	5,5 à 9,5	8,63	8,56	8,14
Alcalinité (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	Aucun	446	479	238
Chlorures (mg L ⁻¹)	860	56	40	14,2
Conductivité (µS cm ⁻¹)	Aucun	6825	893	620
Nitrates (mg N L ⁻¹)	200	0,14	0,18	0,98
Nitrites (mg N L ⁻¹)	0,2	0,08	0,04	0,02
Phosphore (mg P L ⁻¹)	3,0	0,29	0,63	0,13
Sulfates (mg L ⁻¹)	Aucun	196	185	126,2
COT (mg L ⁻¹)	Aucun	5,66	6,0	3,46
Aluminium (mg L ⁻¹)	0,75	0,34	< 1	< 1
Baryum (mg L ⁻¹)	5,3	11,19	0,41	0,10
Bore (mg L ⁻¹)	Aucun	1,18	0,97	0,3
Calcium (mg L ⁻¹)	Aucun	40	65	122,5
Cadmium (mg L ⁻¹)	0,0021	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cobalt (mg L ⁻¹)	0,5	< 0,1	0,001	< 0,1
Chrome (mg L ⁻¹)	Aucun	0,006	0,005	0,003
Cuivre (mg L ⁻¹)	0,0073	0,1	0,005	0,002
Potassium (mg L ⁻¹)	Aucun	13,2	13,9	10,0
Magnésium (mg L ⁻¹)	Aucun	42,8	21,6	23,9
Manganèse (mg L ⁻¹)	Aucun	0,019	0,207	1,04
Sodium (mg L ⁻¹)	Aucun	545	277	42,0
Nickel (mg L ⁻¹)	0,260	0,005	0,001	0,001
Plomb (mg L ⁻¹)	0,034	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Titane (mg L ⁻¹)	Aucun	0,005	0,003	0,001
Zinc (mg L ⁻¹)	0,067	0,04	0,05	0,06
HP C ₁₀ -C ₅₀ ^a (mg L ⁻¹)	3,5	0,2	0,1	0,2

^a Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀.

L'échantillonnage se fait de façon semestrielle, soit au printemps et à l'automne. Les échantillons sont conservés conformément à la plus récente édition du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – cahier 3, échantillonnage des eaux souterraines* (MDDEP, 2011). Les critères proviennent de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (MDDELCC, 2014).

Les résultats des suivis antérieurs ont permis de documenter les habituelles teneurs élevées en chlorures, baryum et cuivre. Cette situation est notamment observée aux échantillons tirés du piézomètre P-22, où toutes les concentrations maximales en 2015 ont été mesurées. Les valeurs maximales unitaires sont respectivement pour les chlorures, le baryum et le cuivre, de 18 600 mg L⁻¹, de 53,2 mg L⁻¹ et de 0,119 mg L⁻¹ à l'horizon A.

Le PSE prévoit également la prise de mesures des niveaux piézométriques deux fois par année aux crépines des horizons A, B et C des sept mêmes ouvrages (tableau 4-5).

Tableau 4-5 : Mesures des niveaux piézométriques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Date de la prise de mesures	Moyenne (m)		
	Horizon A	Horizon B	Horizon C
2015-03-26	4,80	3,58	3,49
2015-09-30	4,52	3,46	3,33
Variation moyenne	0,29	0,12	0,16

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 piézométrique des trois horizons.

4.4 Matières dangereuses utilisées au travail

Le tableau 4-6 présente un sommaire de la consommation de produits chimiques dans le cadre des activités des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015.

Tableau 4-6 : Consommation de produits chimiques aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Substance	État	Concentration (%)	Unité	Consommation
<i>Acide et base</i>				
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	1 814
<i>Matière oxydante</i>				
Peroxyde	Liquide	35	kg	0
Chlore	Liquide	100	kg	0
<i>Matière réductrice</i>				
Hydrazine	Liquide	35	L	0
<i>Gaz</i>				
Azote	Gazeux	100	m ³	573
Hélium	Gazeux	100	m ³	0
Hydrogène	Gazeux	100	m ³	0
Bioxyde de carbone	Gazeux	100	kg	408
<i>Produit pétrolier</i>				
Huiles	Liquide	s. o.	L	182
<i>Autre</i>				
Résines ioniques	Solide	s. o.	m ³	0
s. o. : Sans objet.				

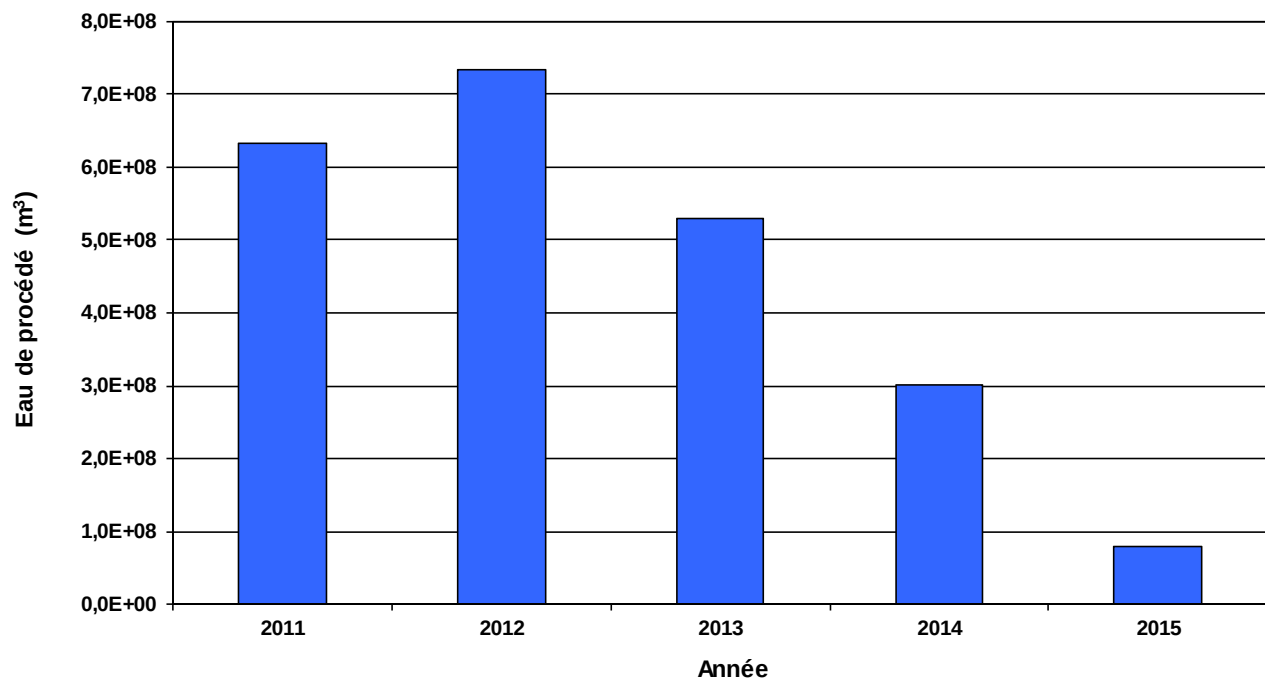
4.5 Eau chimiquement conditionnée

Dans la foulée de la mise en retrait définitive de plusieurs systèmes des installations de Gentilly-2, plusieurs rejets d'eau déminéralisée chimiquement conditionnée ont été réalisés en 2013 et 2014. Pour l'année 2015, seule une vidange partielle (environ 50 m³) du système d'eau de service recirculée (ESR) a été réalisée. Comme pour les rejets précédents, la vidange réalisée en 2015 a été préalablement autorisée par plusieurs organismes en environnement sous un processus d'autorisation mené par la CCSN. Les conditions imposées avaient trait à la qualité chimique et radiologique des eaux dans le système.

5 Consommation d'eau

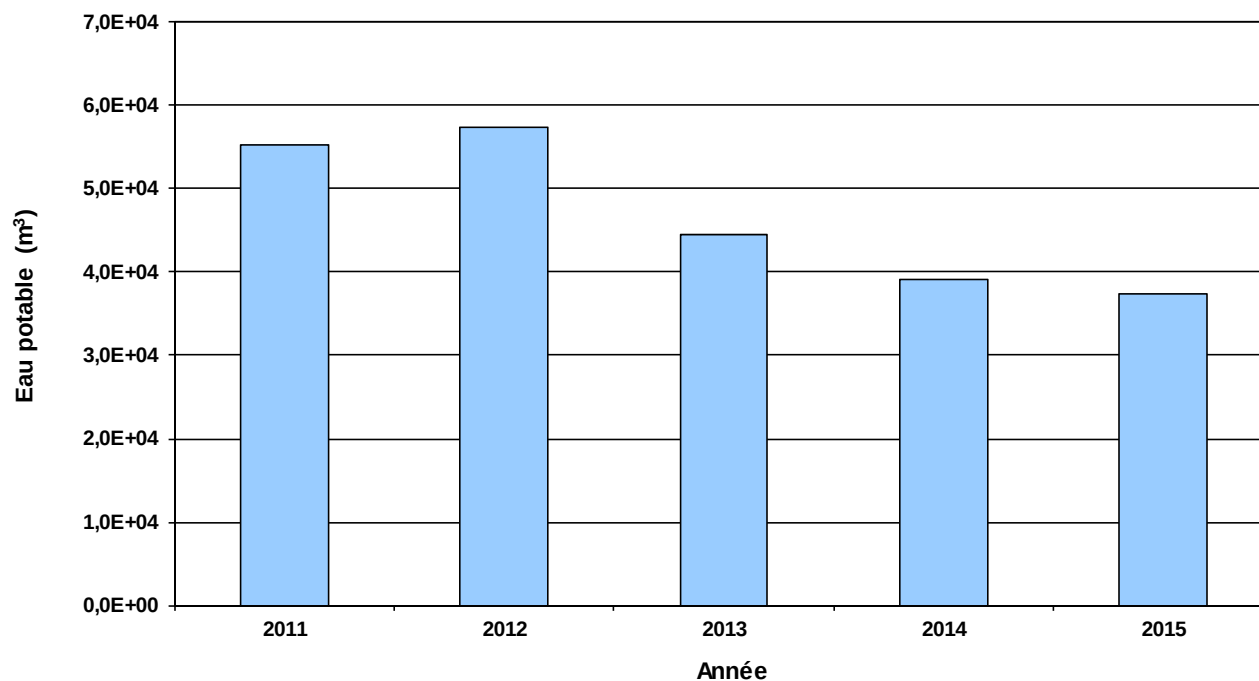
En 2015, la consommation d'eau de procédé (figure 5-1) a diminué de plus de 73 % comparativement à l'année précédente. Par ailleurs, lorsque comparée à la dernière année de production de l'installation nucléaire (2012), cette diminution est plutôt de l'ordre de près de 90 %. Toujours en 2015, l'essentiel de la consommation d'eau de procédé était lié au fonctionnement d'une pompe EBR, pour la dispersion d'effluents liquides ou pour le refroidissement du combustible irradié toujours entreposé en piscine, pour la période antérieure à la modification réalisée sur ce système.

Figure 5-1 : Consommation d'eau de procédé aux installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015



La consommation d'eau potable de l'année 2015 a elle aussi encore diminué en comparaison de l'année précédente, de près de 5 % (figure 5-2). Cette diminution graduelle témoigne notamment du niveau de fréquentation des installations de Gentilly-2, également en baisse au cours des trois dernières années, mais aussi de l'abandon de certains systèmes ou de certains services à l'exemple de la préparation de repas aux cuisines de la cafétéria.

Figure 5-2 : Consommation d'eau potable aux installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015



6 Matières dangereuses et autres matières résiduelles

6.1 Matières dangereuses résiduelles

En 2015, environ 23 000 kg et 15 300 L de matières dangereuses résiduelles (MDR) non contaminées radiologiquement ont été produites dans le cadre des activités de déclasserement des installations de Gentilly-2 (tableau 6-1). La majorité des MDR ont été transférées au Centre de récupération des matières dangereuses (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 2015

Matière dangereuse résiduelle	Quantité expédiée au CRMD de Saint-Hyacinthe
Accumulateurs (kg)	12 099
Barils vides contaminés (kg)	100
Base (kg)	73
Eau contaminée (kg)	204
Glycol (antigel) (kg)	40
Huiles usées (L)	1 384
Lampes à vapeur de mercure (kg)	41
Liquides dangereux corrosifs N.S.A. (kg)	32
Liquides dangereux toxiques N.S.A. (kg)	27
Matériaux absorbants ou poreux (kg)	98
Solides corrosifs N.S.A. (kg)	678
Solides toxiques N.S.A. (kg)	80
Solides dangereux contaminés par un liquide toxique N.S.A. (kg)	471
Solides dangereux contaminés par un liquide inflammable N.S.A. (kg)	38
Sols contaminés (kg)	8 087
Solvants usés non chlorés (kg)	195
Tubes fluorescents, lampes et ballasts (kg)	602

La mise en retrait d'un réservoir du traitement de l'eau, section déminéralisation, a généré environ 11 400 L d'hydroxyde de sodium qui ont été récupérés à l'aide d'un camion-citerne. Ce volume a été transféré à une entreprise spécialisée dans le domaine.

Le démantèlement de la trappe à graisse de la cafétéria a quant à lui généré environ 2 600 L de graisses et eaux de lavage. Ces résidus ont également été confiés à une entreprise autorisée.

6.2 Biomasse et autres matières résiduelles

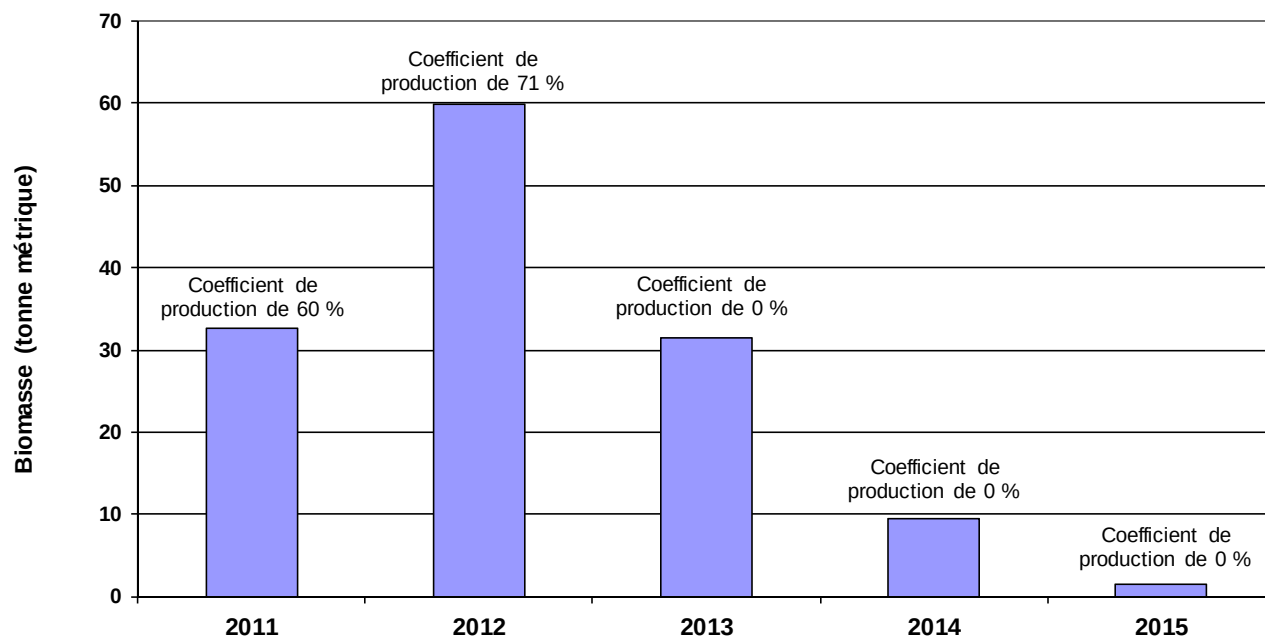
En 2015, 251 tonnes de matières résiduelles (MR) ont également été produites. De cette quantité, 181 tonnes ont été récupérées ou recyclées alors que 70 tonnes ont été éliminées, principalement des matériaux de construction (tableau 6-2).

Tableau 6-2 : Quantité de matières résiduelles recyclées ou disposées aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Matières résiduelles	Recyclage (tonne)	Disposition (tonne)
Papier, carton, plastique, verre et métal	10,7	s.o.
Métaux	169,7	s.o.
Cartouche d'encre	0,35	s.o.
Déchets domestiques	s.o.	23,3
Biomasse de la station de pompage	s.o.	1,8
Matériaux de construction	s.o.	45,5
s.o. : Sans objet.		

Pour l'année 2015, 1,8 tonnes de biomasse (bois, végétaux, algues, poissons, débris, etc.) ont été captées à la station de pompage. La biomasse captée annuellement depuis 2011 est illustrée à la figure 6-1. Considérant que l'installation nucléaire de Gentilly-2 est à l'arrêt et que les pompes EDC le sont également depuis octobre 2014, il est normal d'observer une diminution de la biomasse captée à la station de pompage. De la biomasse captée, la quantité de poissons est estimée à 2 % ce qui équivaut à une trentaine de kilogrammes de poisson pour l'année 2015. La biomasse ainsi récupérée est acheminée vers un site autorisé.

Figure 6-1 : Biomasse captée à la station de pompage des installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015



7 Déversements accidentels de contaminants dans l'environnement

En 2015, quatre déversements accidentels atteignant l'environnement sont survenus sur le site des installations de Gentilly-2, comparativement à onze en 2014. La diminution du nombre de déversements témoigne du ralentissement des activités et d'une préparation adéquate des activités de maintenance. 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 et gazeux déversés accidentellement dans l'environnement aux installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

Produit	Unité	Quantité	Cause
<i>Liquide</i>			
Eau de chauffage chimiquement conditionnée	L	20 000 – 200 000 *	Bris d'équipement
Huile	L	1	Fuite lente
<i>Gazeux</i>			
Réfrigérant (R22)	kg	29,5	Fuite lente
* Le volume réellement perdu est inconnu. Cette plage de valeurs provient d'une estimation intégrant la pression du système en cause, du diamètre d'ouverture de la vanne défaillante et du temps de fuite possible.			

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 2015, par l'application intégrale d'un plan de surveillance radiologique de l'environnement (PSRE; Hydro-Québec, janvier 2015). Par ailleurs, l'atteinte de l'état de stockage sûr (ÉSS) de l'installation nucléaire, survenue en décembre 2014, a permis certaines modifications du PSRE. L'application d'un plan adapté de surveillance a donc été amorcée dès le début de l'année 2015 et fut graduellement instaurée au cours des premiers mois de l'année. C'est d'ailleurs ce qui explique l'absence de valeurs à quelques figures du chapitre 8, pour certaines matrices au fil des mois, et l'apparition de nouvelles modalités au cours de l'année.

Les modalités de la surveillance radiologique de l'environnement des installations de Gentilly-2, stipulées dans le PSRE, sont résumées au tableau B-2 de l'annexe B.

Ce plan adapté encadre toujours des analyses radiologiques pour une pléiade de matrices environnementales, dont l'air, l'eau, les sols, les sédiments, les plantes, les poissons ainsi que des produits humainement comestibles. Le principal changement apporté au nouveau PSRE est celui de la détermination d'une nouvelle station de contrôle radiologique (SCR) de référence. Auparavant située aux limites de la ville de Drummondville, à près de 70 km de distance de l'installation nucléaire de Gentilly-2, la nouvelle station de référence est maintenant située au cœur de la ville de Trois-Rivières, à un peu plus de 16 km au nord-ouest. Elle était auparavant identifiée comme étant la station OUEST-2, à la version précédente du PSRE. L'installation nucléaire de Gentilly-2 ne comptant maintenant aucun système nucléaire en pression, il était pertinent de considérer une autre station de référence, sise hors d'un périmètre pouvant être affecté par les émissions provenant de l'installation nucléaire en ÉSS. Cette nouvelle station de référence est toujours 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. Les modalités d'échantillonnage et d'analyses sont décrites aux tableaux B-3A à B-3F de l'annexe B.

8.1 Radionucléides retrouvés dans l'environnement

À des niveaux variables d'activité, et sous différentes formes, la radioactivité est omniprésente dans l'environnement, qu'elle soit 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 (CCSN, 2014a).

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 retrouve encore dans notre milieu (CCSN, 2014a). 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. Localement, cet événement entraînait toujours en 2015 des taux considérable de radioactivité.

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 gamma mais aussi de 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 stations de contrôle radiologiques (SCR) ou encore fixés à des endroits stratégiques, par exemple aux clôtures de l'installation de déchets radioactifs.

La figure 8-1 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma des sept SCR retenues au nouveau PSRE, toutes situées en zone rapprochée, pour l'année 2015 (carte A-1 de l'annexe A). Les valeurs annuelles de dose gamma enregistrées aux mêmes installations au cours des cinq dernières années sont, quant à elles, présentées à la figure 8-2. Les valeurs associées à la station de référence sont présentées à chacune de ces deux figures (carte A-4 de l'annexe A).

Figure 8-1 : Ambiance gamma trimestrielle aux stations de contrôle SCR-1, 3, 6, 7, 8, 10, 11 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2015

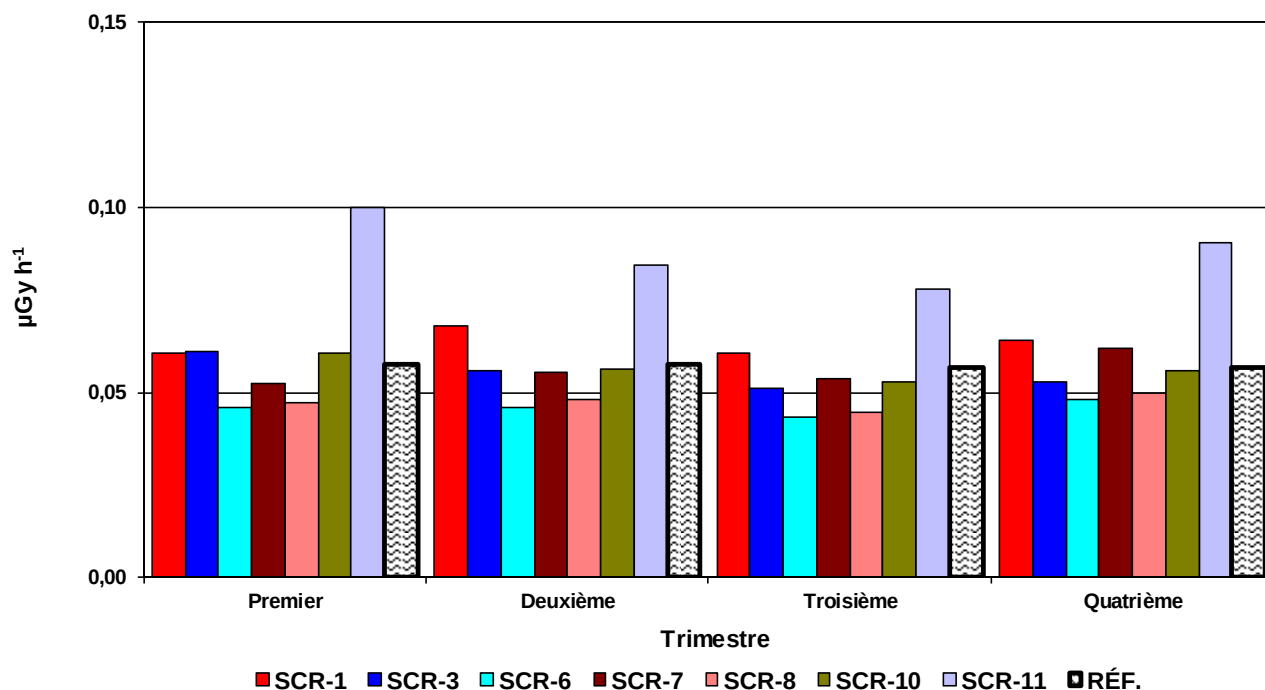
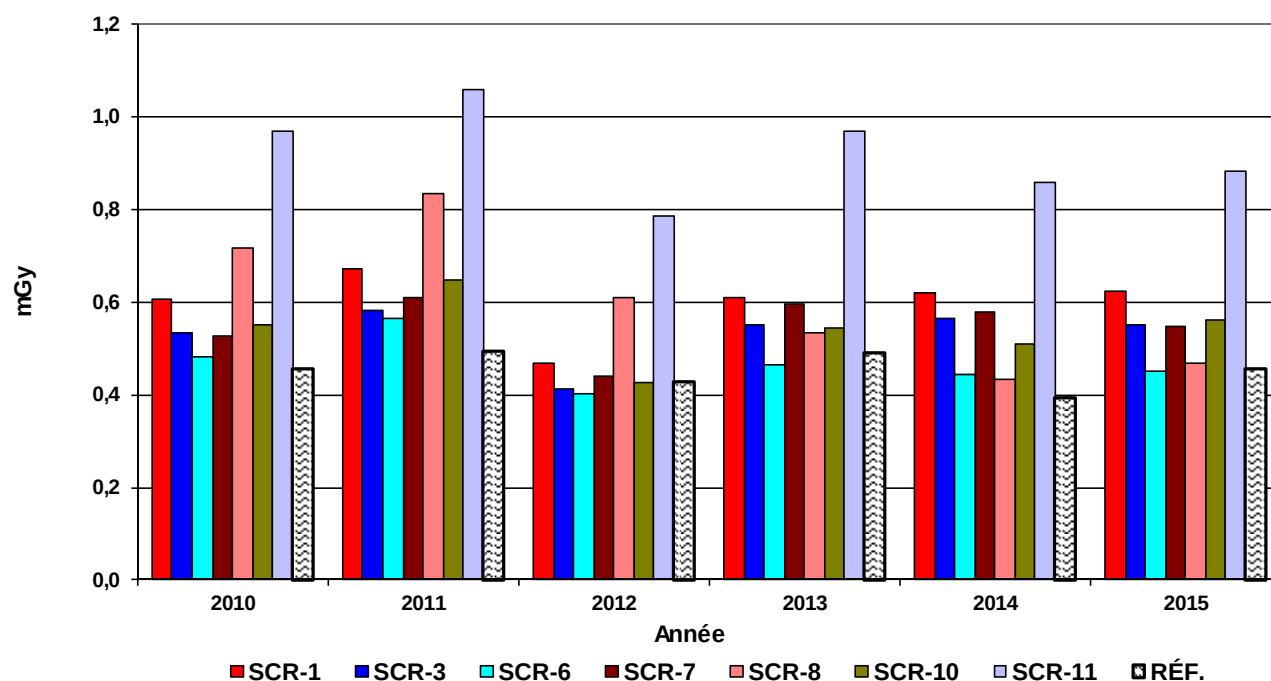


Figure 8-2 : Dose annuelle gamma aux stations de contrôle SCR-1, 3, 6, 7, 8, 10 et 11 (zone rapprochée) et à la station de référence pour la période 2010 - 2015



Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées en 2015 aux sept SCR ont varié de 0,043 à 0,100 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. La valeur maximale a été relevée à la station SCR-11, au premier trimestre de l'année. Cette station est située à proximité de l'ASSCI. Elle est susceptible d'être influencée par le stockage de combustible irradié. La station SCR-11 est d'ailleurs le point de mesure où le rayonnement gamma fut le plus élevé pour chacun des quatre trimestres de l'année 2015, impliquant du même coup la dose annuelle la plus élevée pour 2015 (figure 8-2), à 0,88 mGy. L'analyse des variations de la dose annuelle des années 2014 et 2015 montre une relative stabilité. La plus forte hausse est associée à la station SCR-10, ayant augmenté de 10,2 %. La station SCR-10 est aménagée à proximité du bâtiment réacteur de l'installation nucléaire de Gentilly-1.

Les figures 8-3 à 8-8 présentent les valeurs d'ambiance gamma mesurées, en 2015, exclusivement aux clôtures des installations de stockage de déchets radioactifs solides (ASDR, et IGDRS) et de combustible irradié (ASSCI), toutes situées sur le site des installations de Gentilly-2. Une bande pointillée bleue a été ajoutée à chacune de ces figures afin d'indiquer la moyenne des valeurs mesurées à la nouvelle station de référence retenue.

La figure 8-3 présente la série de mesures trimestrielles d'ambiance gamma aux huit points de mesure à l'ASDR (carte A-5 de l'annexe A) au cours de l'année 2015. Puisqu'aucun transfert de déchets radioactifs n'a été fait à l'ASDR en 2015, il était attendu que l'analyse des valeurs ne montre pas de variation significative. Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurées en 2015 à l'ASDR ont varié entre 0,045 et 0,071 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. Toutes les valeurs colligées 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) à la clôture de l'installation de l'ASDR.

La figure 8-4 présente une récapitulation des doses annuelles de rayonnement pour les six dernières années, à chacun des huit points de mesures de l'ASDR. Outre le point de mesure E, en faible hausse de 2,7 %, toutes les autres valeurs associées aux sept autres points ont été en diminution en 2015. Pour ces autres points, la diminution moyenne fût de 5,5 %.

Figure 8-3 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

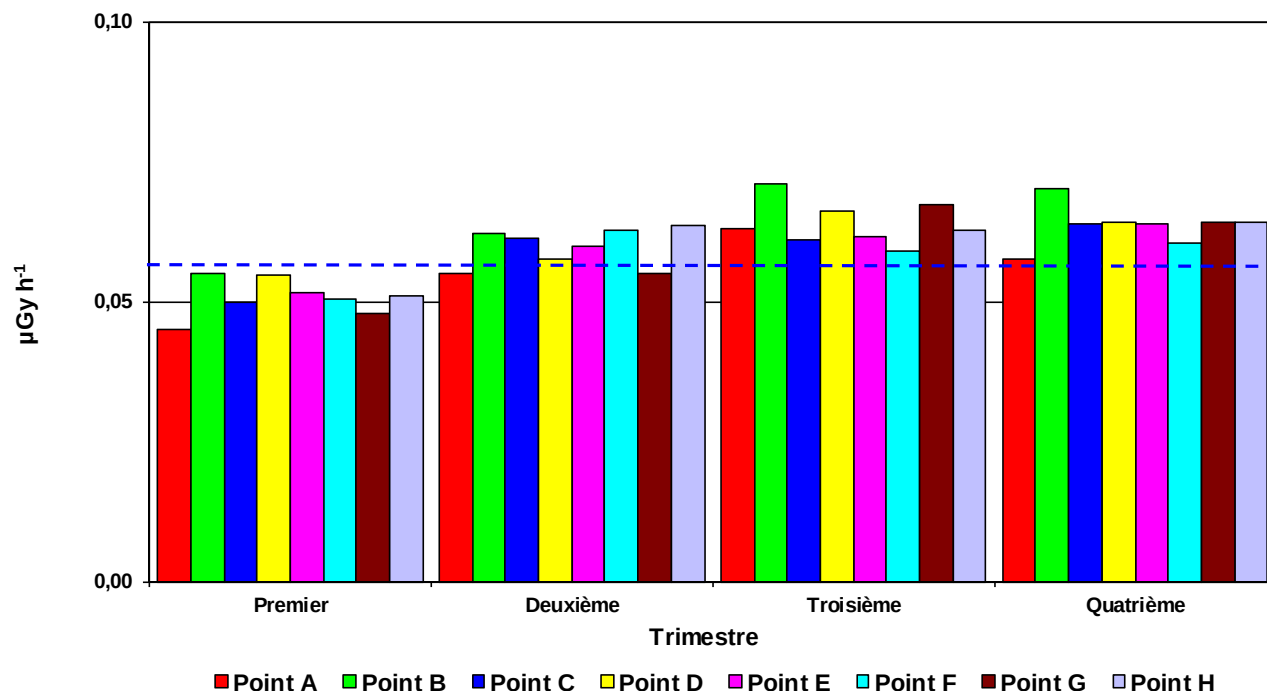
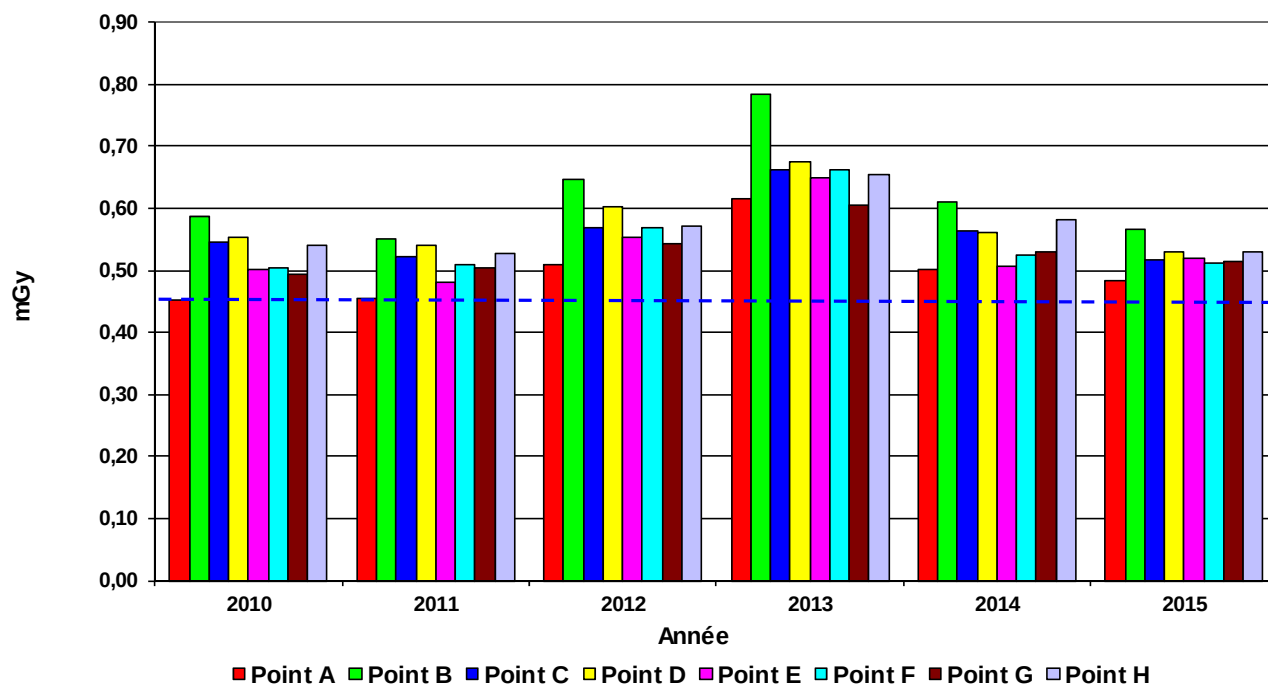
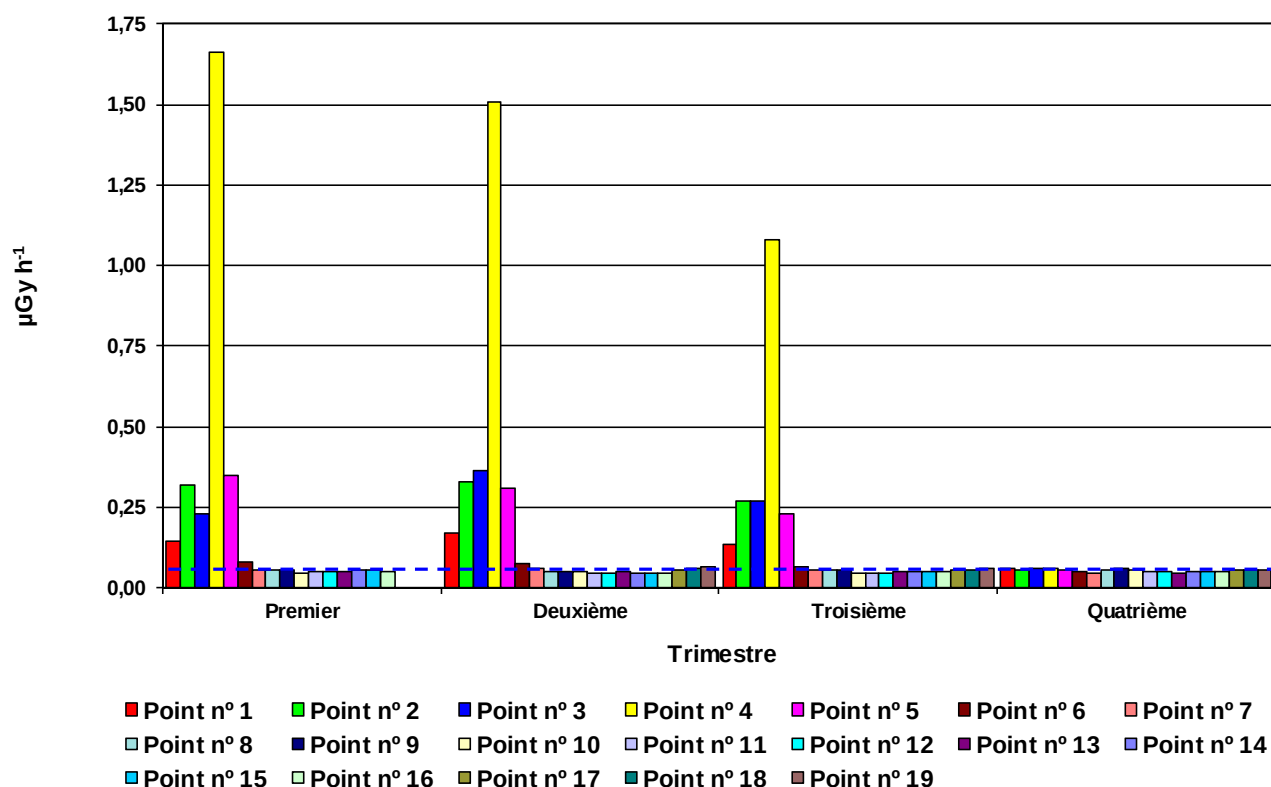


Figure 8-4 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015



La figure 8-5 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma mesurée aux 19 points fixes à la clôture de l'IGDRS pour l'année 2015 (carte A-6 de l'annexe A). Il est à noter qu'à la suite de l'adaptation en 2015 du PSRE, trois nouveaux points de mesure ont été ajoutés à la clôture nord-est de l'IGDRS, portant leur nombre total à 19. Ces trois nouveaux DTL ont été ajoutés au second trimestre de l'année 2015.

Figure 8-5 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015



Au cours des trois premiers trimestres de l'année 2015, l'ambiance gamma de chacun des cinq premiers points de mesure, tous situés aux environs du coin nord-ouest de l'IGDRS, a été influencée par l'entreposage temporaire de déchets radioactifs à proximité du périmètre clôturé de l'IGDRS. Cette situation avait été discutée au rapport annuel de surveillance de l'environnement de 2014. Le transfert de tous ces déchets dans les enceintes de déchets de faible et de moyenne activités (EDFMA) de l'IGDRS a par ailleurs été complété à l'automne 2015. La faible diminution de l'ambiance gamma du troisième trimestre s'explique par une période totale de 17 jours entre la fin des transferts de tous ces déchets et la collecte des DTL aux clôtures alors qu'au quatrième et dernier trimestre, toute la durée d'exposition des DTL excluait la présence de ces déchets à proximité des clôtures.

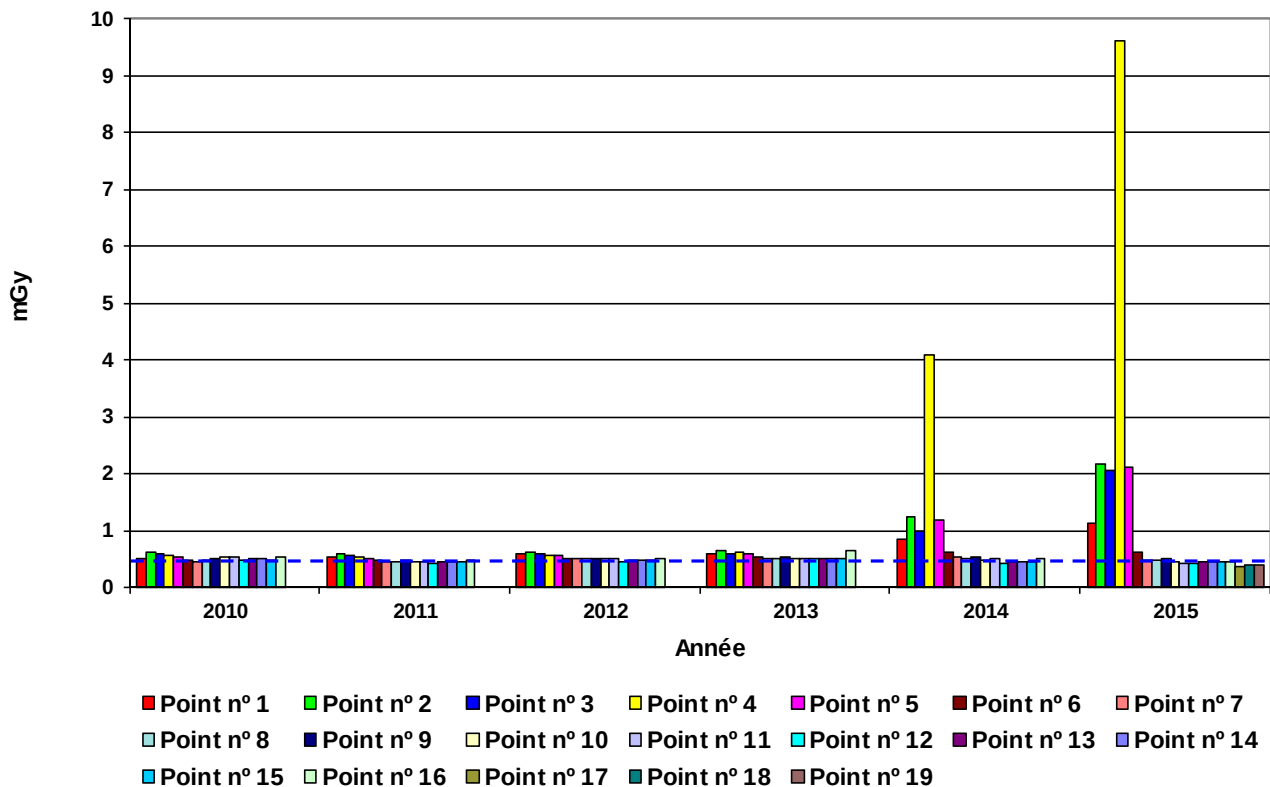
Au cours de l'année 2015, les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma des 19 points de l'IGDRS ont varié entre 0,044 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ et 1,665 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. À titre de comparaison,

un trait pointillé bleu a été ajouté à la figure 8-5, servant à indiquer la valeur annuelle moyenne à la nouvelle station de référence, qui était auparavant nommée OUEST-2.

Nonobstant les valeurs plus élevées des trois premiers trimestres de l'année 2015, la limite de conception fixée à $2,5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ (ou $2,5 \mu\text{Gy h}^{-1}$ en dose absorbée) à la clôture de l'IGDRS a été respectée. Quant aux débits de dose gamma relevés à proximité des déchets temporairement entreposés, ils ont fait l'objet d'un balisage radiologique adéquat pour toute la période précédant le transfert aux enceintes de stockage.

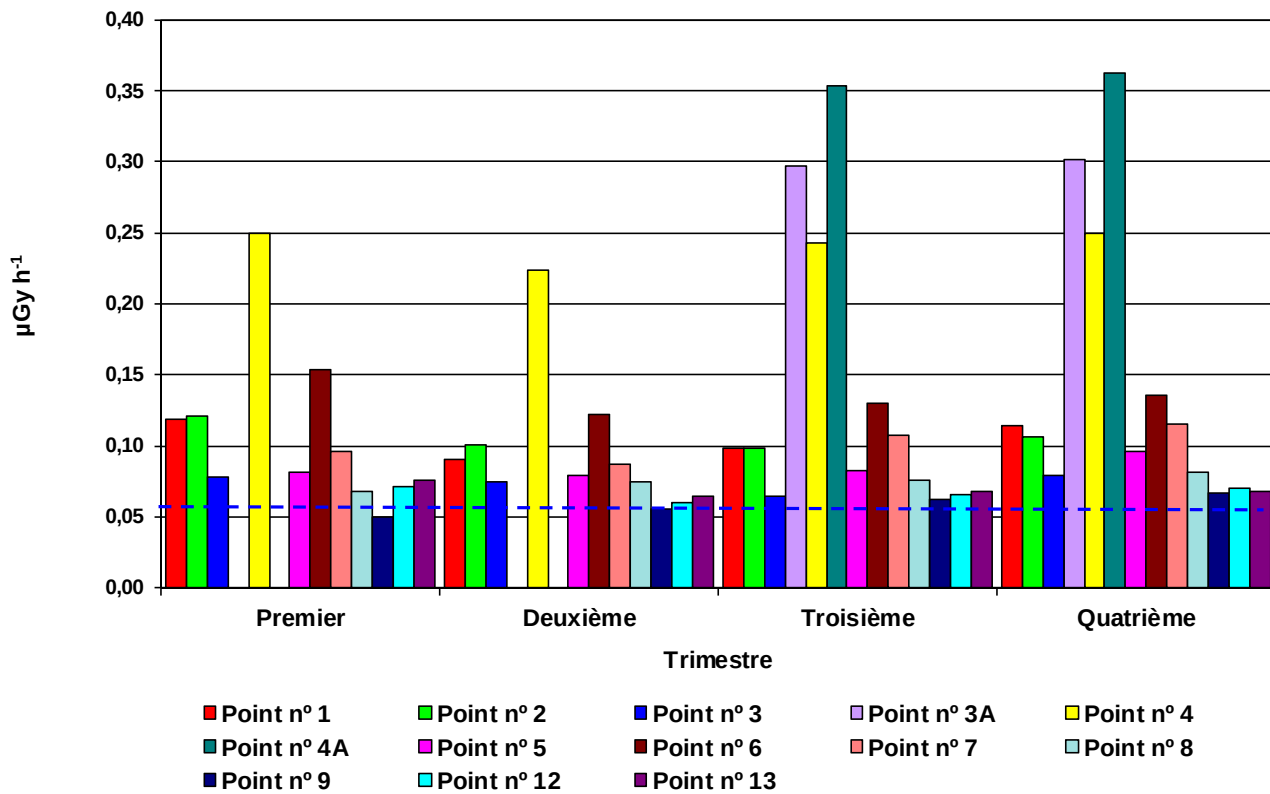
La figure 8-6 présente les doses annuelles gamma mesurées à la clôture de l'IGDRS au cours des six dernières années. Les valeurs de l'année 2015, associées aux DTL n^{os} 1 à 5, modifient encore de façon marquée les variations observées au cours des années précédentes. Outre ces cinq points de mesure, la dose annuelle maximale résultant de l'exposition en un point à la clôture de l'IGDRS est de 0,62 mGy, au DTL n^o 6. La ligne pointillée bleue indique la dose annuelle de la station de référence pour 2015.

Figure 8-6 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015



La figure 8-7 présente les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma aux 13 points de mesure qui étaient en place en 2015 à la clôture de l'ASSCI (carte A-6 de l'annexe A). Rappelons que les points de mesure n^{os} 10 et 11 n'apparaissent plus à la figure 8-8 depuis l'année 2011 puisqu'ils ont été relocalisés sur le nouveau périmètre clôturé englobant l'IGDRS, en date du troisième trimestre de 2010. Deux ajouts ont également été faits à ce volet à la suite de l'adaptation en 2015 du PSRE. Les points n^{os} 3A et 4A ont été ajoutés à la clôture est de l'installation, portant le nombre total à 13. Ces deux nouveaux DTL ont été ajoutés au troisième trimestre de l'année 2015.

Figure 8-7 : Ambiance gamma trimestrielle à la clôture de l'ASSCI des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015



Les valeurs trimestrielles d'ambiance gamma de l'ASSCI ont varié, en 2015, de 0,049 à 0,363 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. La valeur maximale a été relevée au nouveau point de mesure n^o 4A, au quatrième trimestre. Ces deux nouveaux points (3A et 4A) font face à un module CANSTOR rempli à pleine capacité de combustible nucléaire irradié. Le point 3A est vis-à-vis du module 1 alors que le point 4A est vis-à-vis du module 6.

Les variations enregistrées au gré des quatre trimestres sont faibles. Outre les deux nouveaux points de mesure ajoutés en 2015, le point n^o 4 est toujours celui pour lequel la valeur trimestrielle est la plus élevée. Il est toujours positionné à proximité de deux modules CANSTOR remplis à pleine capacité. Ce même point est également situé à proximité de grilles de ventilation des modules où des débits de dose plus élevés sont

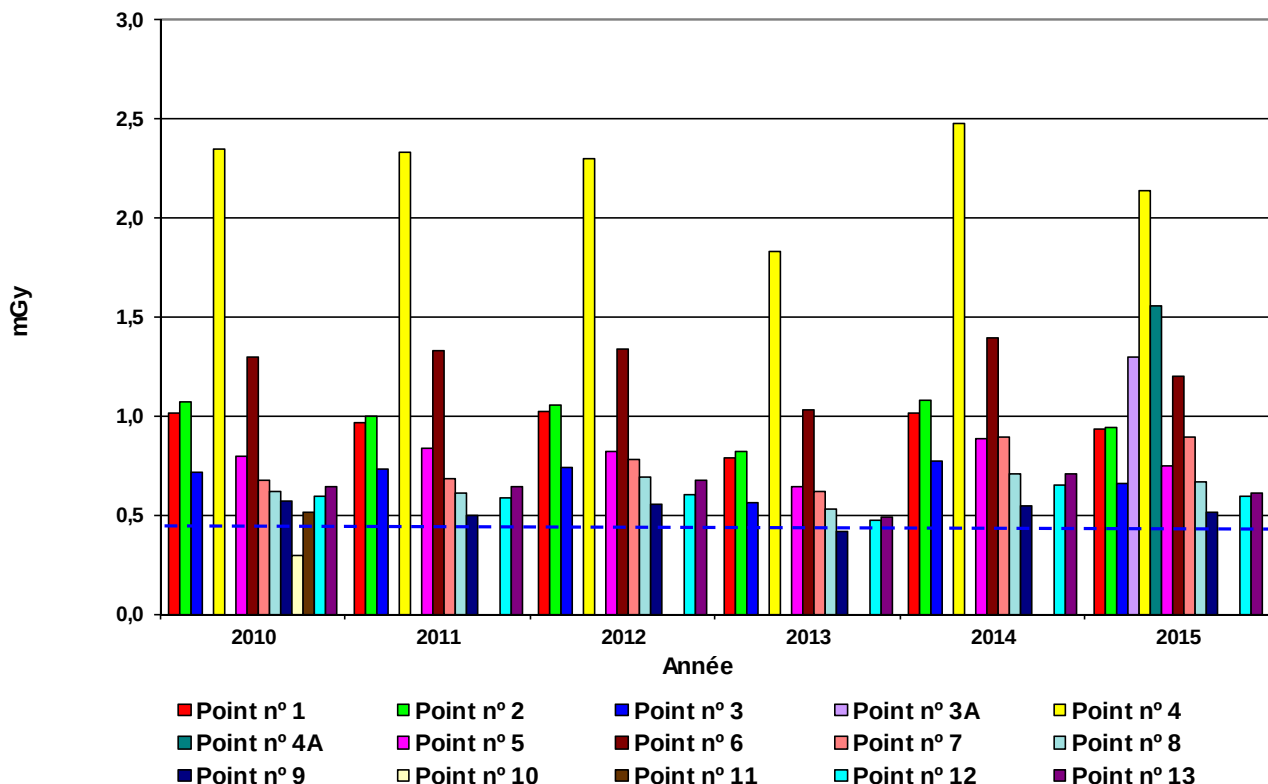
mesurés au contact des grilles. Cette particularité influence aussi les valeurs aux points n^{os} 2 et 6, situés de part et d'autre du périmètre de l'ASSCI.

En 2015, les opérations de transfert du combustible nucléaire irradié aux installations de l'ASSCI ont repris après une année d'interruption. Un total de 80 paniers de combustible nucléaire irradié a donc été transféré de la piscine de stockage de Gentilly-2 à l'ASSCI. Les opérations se sont déroulées entre les mois de juin et d'octobre 2015.

Tout comme ce fût le cas pour l'ASDR et l'IGDRS, toutes les mesures de l'année 2015 ont été en deçà de la limite de conception de 2,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ (ou 2,5 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ en dose absorbée) à la clôture de l'installation de l'ASSCI

La figure 8-8 présente les valeurs de dose annuelle gamma pour chacun des points de mesure à la clôture de l'ASSCI pour les six dernières années. Au cours des deux dernières années, en excluant les deux nouveaux points ajoutés à l'adaptation du PSRE de 2015, on constate une diminution à tous les points, sauf au point n^o 7. Pour tous ces autres points, la diminution moyenne est de 11,2 %. Quant au point n^o 7, il est en hausse de 0,5 %. En consultant la carte situant tous les points de mesure (carte A-6 de l'annexe A), on constate que le point n^o 7 est celui qui est directement situé face au module CANSTOR n^o 9, le seul ayant été sollicité à la campagne de transfert de combustible nucléaire irradié en 2015.

Figure 8-8 : Dose annuelle gamma à la clôture de l'ASSCI des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015



Rappelons finalement que les points de mesure n^{os} 10 et 11 apparaissent toujours à la figure 8-8 puisqu'elle couvre également l'année 2010. Ils ne seront cependant plus considérés au rapport annuel de surveillance de l'environnement de l'année 2016.

8.2.2 Tritium

À l'installation nucléaire de Gentilly-2, les effluents atmosphériques qui sont sources 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 des 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 observées à ces périodes. 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 élevés.

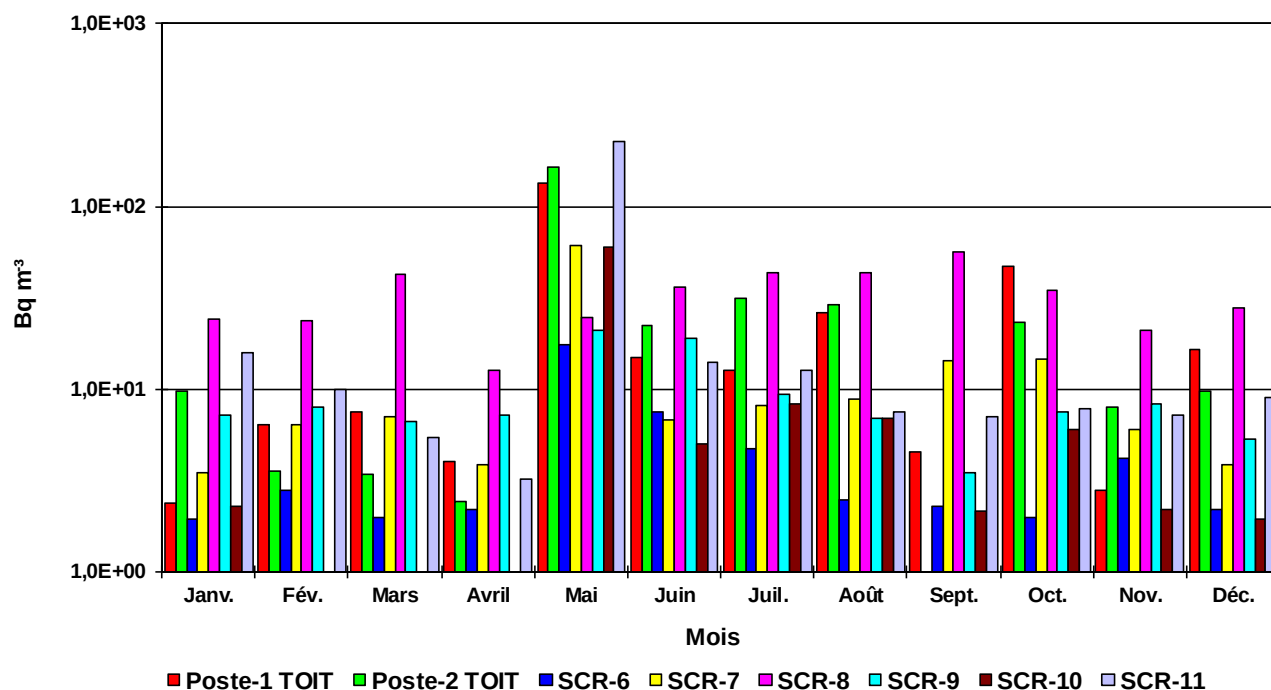
Les figures 8-9, 8-11, 8-13 et 8-15 présentent l'ensemble des valeurs mensuelles de tritium atmosphérique de l'année 2015, mesurées respectivement :

- au poste-1, poste-2 et aux SCR-6 à 11 ;
- aux SCR de la région sise dans un rayon de 2 à 15 km 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 8-10, 8-12, 8-14 et 8-16 présentent, pour les mêmes stations que les quatre figures décrites précédemment, les séries de concentrations atmosphériques annuelles moyennes de tritium, pour la période 2010-2015. Finalement, les mesures de la nouvelle station de référence de Trois-Rivières sont représentées aux figures 8-11 et 8-12.

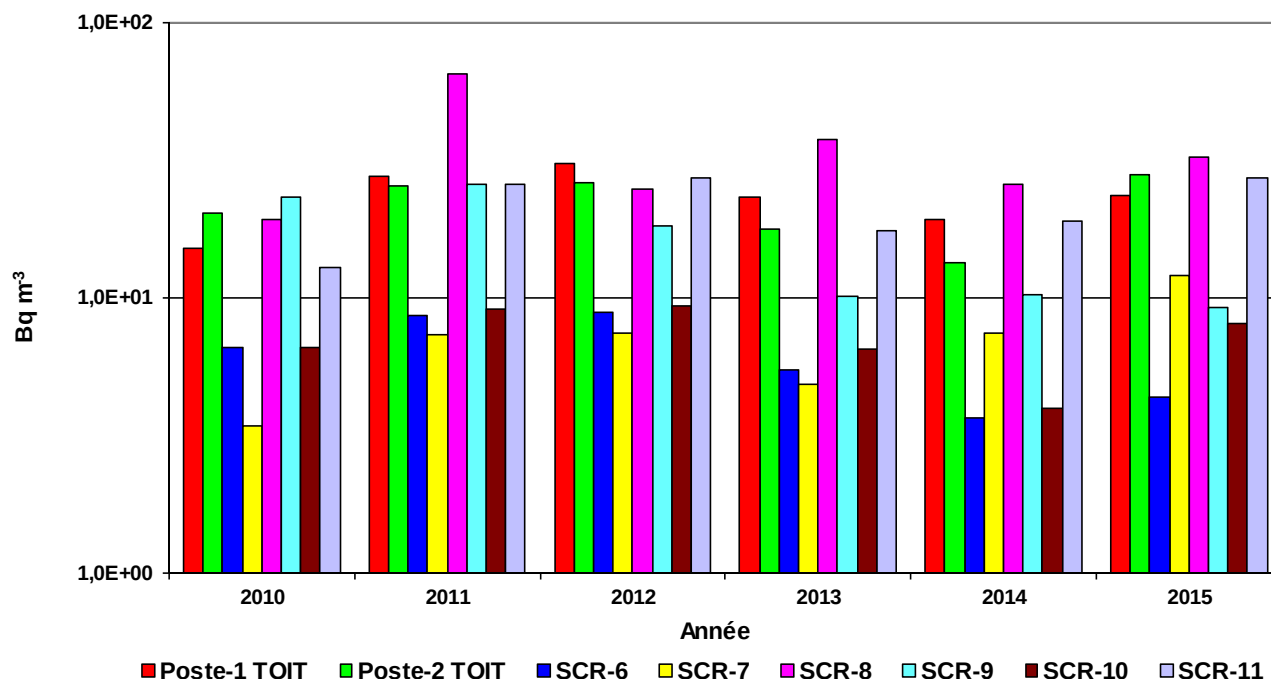
Les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique relevées à chacune des huit SCR sises au site des installations de Gentilly-2 (figure 8-9) ont varié, en 2015, de 0,55 Bq m⁻³ (SCR-10 en avril) à 226,00 Bq m⁻³ (SCR-11 en mai). La majorité des valeurs mensuelles maximales ont été recensées au cours du mois de mai 2015. Il s'agissait là d'une situation attendue considérant les rejets de tritium plus élevés à la cheminée principale, pendant la période d'échantillonnage du mois de mai à ces stations. Tel que discuté à la section 2.1, ces taux de rejets plus élevés étaient conséquents des manœuvres de reconfiguration de ventilation et de l'arrêt des sècheurs d'air du bâtiment réacteur. À l'instar d'autres variations à la hausse perçues dans le cadre des analyses du PSRE en 2015, ces valeurs élevées du mois de mai, aux SCR de la zone d'exclusion, démontrent concrètement l'acuité des réponses des appareils utilisés en mesures de dispersion environnementale à Gentilly-2.

Figure 8-9 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-11 (zone d'exclusion) pour l'année 2015



La figure 8-10 présente les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues à ces mêmes huit SCR, toutes situées sur le site des installations de Gentilly-2, pour la période 2010-2015.

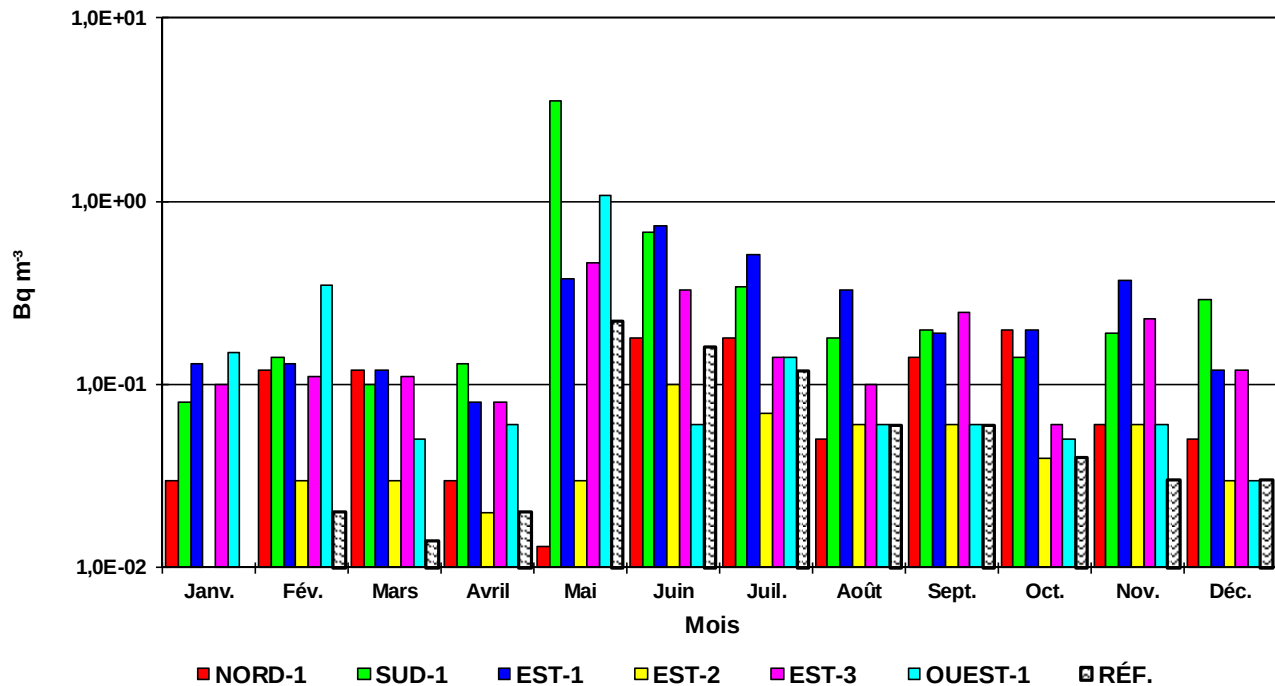
Figure 8-10 : Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux postes 1 et 2 et aux stations SCR-6 à SCR-11 (zone d'exclusion) pour la période 2010-2015



En 2015, seule la station SCR-9 montre une diminution de sa concentration annuelle moyenne, les autres stations étant toutes en hausse. Bien que l'activité annuelle totale de tritium ait été sensiblement la même à la cheminée principale, il semble que les valeurs plus élevées du deuxième trimestre influencent significativement l'activité annuelle moyenne de ces SCR. La plus forte hausse est associée à la station Poste-2, située à 150 m de distance du point principal d'émissions atmosphériques, et à une hauteur similaire à celle de la sortie de la cheminée principale de l'installation nucléaire.

La figure 8-11 présente les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique obtenues aux six SCR situées à l'extérieur du site des installations de Gentilly-2 de même qu'à la nouvelle station de référence, pour l'année 2015.

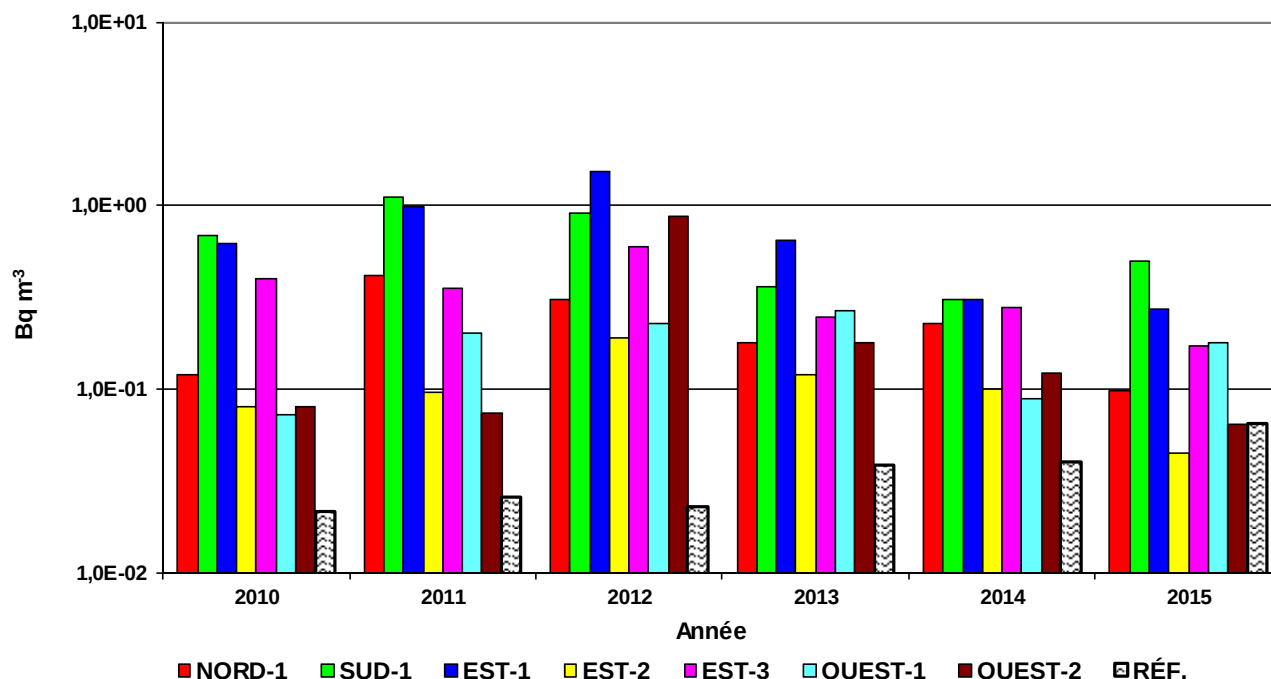
Figure 8-11 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique aux points NORD-1, SUD-1, EST-1 à 3 et OUEST-1 et 2 et à la station de référence pour l'année 2015



Les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique ont varié, en 2015, de 0,01 Bq m⁻³ (station EST-1 au mois de janvier 2015) à 3,51 Bq m⁻³ (station SUD-1 au mois de mai 2015). Au même titre que les stations de contrôle situées sur le site des installations de Gentilly-2, celles qui sont un peu plus distantes du principal point d'émissions atmosphériques ont aussi vu culminer les concentrations de tritium atmosphérique au mois de mai 2015 et ce, pour les mêmes raisons. Toutefois, la valeur maximale mesurée dans la zone d'exclusion fut de 226,00 Bq m⁻³ alors qu'elle ne fut que de 3,51 Bq m⁻³ pour la zone éloignée.

La figure 8-12 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 nouvellement désignée, pour la période 2010-2015.

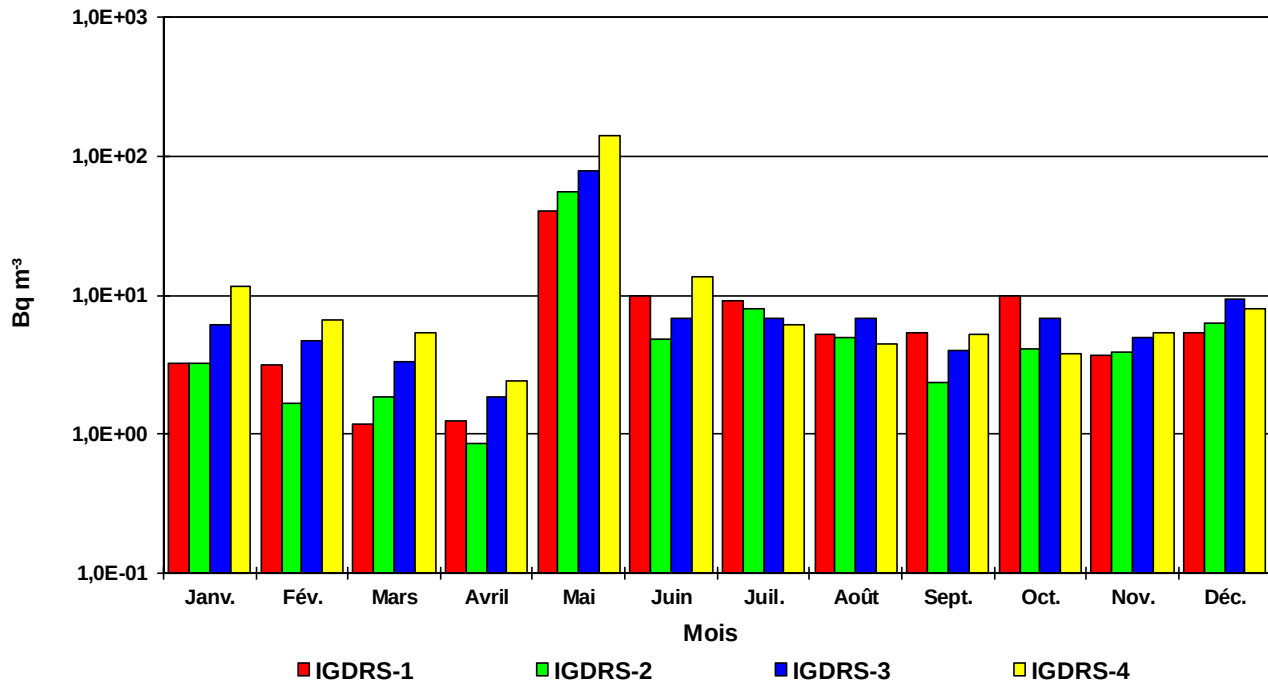
Figure 8-12 : Activité annuelle moyenne en tritium atmosphérique aux points NORD-1, SUD-1, EST-1 à 3 et OUEST-1 et 2 et à la station de référence pour la période 2010-2015



Comme par les années passées, les variations de concentrations annuelles moyennes de tritium atmosphérique observées à ces stations ne se conforment pas à une tendance commune. En 2015, seules deux stations témoignent d'une hausse, lorsque comparées à l'année précédente. De ces deux stations spécifiques, la station la plus rapprochée de l'installation nucléaire de Gentilly-2 (SUD-1) est en hausse de 60,8 % (carte A-4 de l'annexe A). Il convient de mentionner que, pour l'année 2015, les valeurs des stations OUEST-2 et de référence sont identiques puisque c'est la station OUEST-2 qui a été convertie en station de référence à la suite de l'atteinte de l'état de stockage sûr (ÉSS), en décembre 2014.

La figure 8-13 présente les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique obtenues aux quatre SCR spécifiquement situées au périmètre de l'IGDRS (carte A-6 de l'annexe A), pour l'année 2015.

Figure 8-13 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

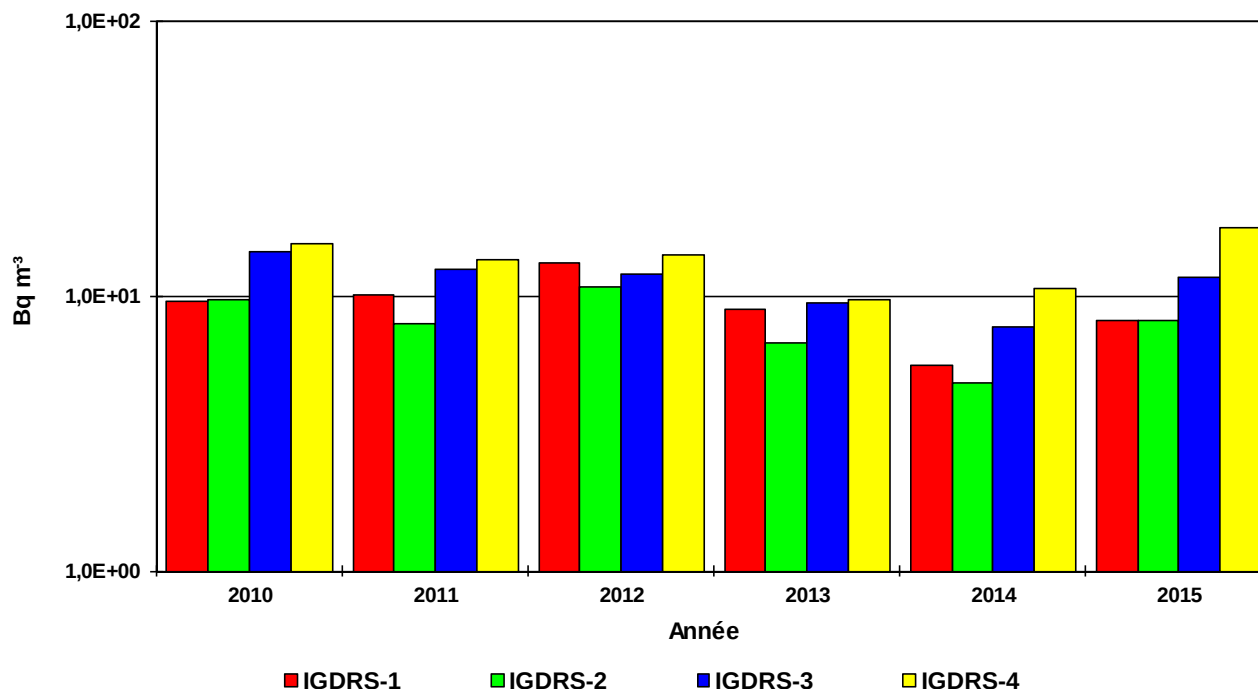


À ces quatre stations, l'activité mensuelle en tritium atmosphérique a varié, en 2015, de 0,85 Bq m⁻³ (IGDRS-2, en avril) à 140,00 Bq m⁻³ (IGDRS-4, en mai). Lorsque l'ensemble des valeurs d'activité en tritium atmosphérique mesurées en 2015 aux SCR des installations de Gentilly-2 sont considérées, cette dernière valeur relevée en mai à la station IGDRS-4 n'a été surpassée que par celles aussi mesurées en mai aux stations Poste-2 (165,00 Bq m⁻³) et SCR-11 (226,00 Bq m⁻³). Ces trois stations sont dans le même axe de la cheminée principale de Gentilly-2, la station IGDRS-4 se trouvant à 350 m de distance de la cheminée, la station SCR-11, à 200 m et la station Poste-2, à 150 m.

Par ailleurs, à l'exception des SCR de l'ASDR, les valeurs d'activité en tritium atmosphérique ont partout été plus élevées en mai qu'aux autres mois.

La figure 8-14 montre les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues aux quatre stations de l'IGDRS (carte A-6 de l'annexe A) pour la période 2010-2015.

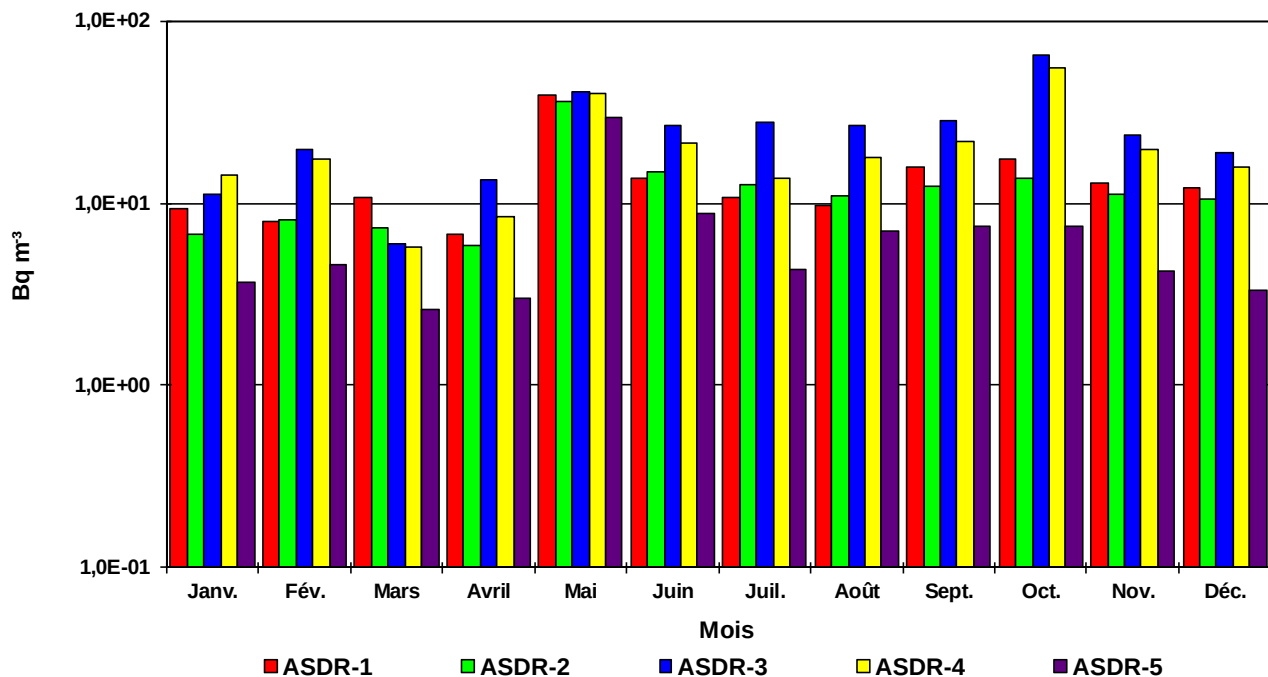
Figure 8-14 : Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'IGDRS des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015



Dû à leur relative proximité, les quatre SCR de l'IGDRS montrent peu de variation les unes par rapport aux autres. Cependant, comme la station IGDRS-4 est une des stations les plus rapprochées de la cheminée principale, et qu'elle se trouve dans l'axe des vents les plus dominants, elle est celle qui montre l'activité moyenne annuelle de tritium la plus élevée d'année en année. Au cours des six dernières années, la valeur d'activité moyenne annuelle de tritium la plus élevée fut celle de la station IGDRS-4, en 2015.

La figure 8-15 présente les concentrations mensuelles de tritium atmosphérique obtenues aux cinq SCR situées dans le périmètre de l'ASDR (carte A-5 de l'annexe A), pour l'année 2015.

Figure 8-15 : Activité mensuelle en tritium atmosphérique à l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

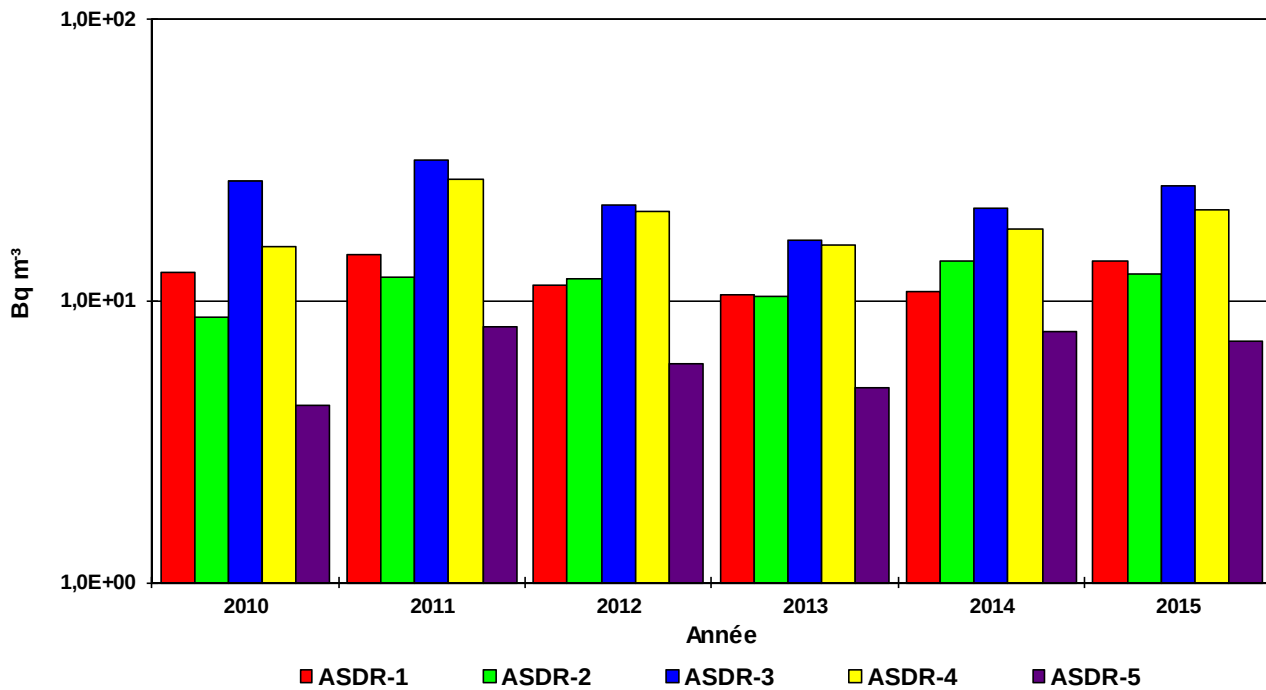


À ces cinq stations, l'activité mensuelle en tritium atmosphérique a varié, au cours de l'année 2015, de 2,63 Bq m⁻³ (ASDR-5 en mars) à 65,00 Bq m⁻³ (ASDR-3, en octobre). Bien que les installations de l'ASDR soient plus éloignées du principal point d'émissions que celles de l'IGDRS, les valeurs minimales y sont tout de même plus élevées. 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, notamment de ballots composés de matériel compactable, mais également en raison de l'étanchéité moindre de ses couvercles de béton comparativement à ceux utilisés à l'IGDRS. À ces dernières installations, les couvercles ont été dotés de joints limitant les échanges d'air.

Contrairement aux autres SCR dont les résultats ont été discutés plus haut, les valeurs mensuelles du mois de mai à l'ASDR ne sont pas les valeurs maximales pour l'année 2015. En mai, la valeur la plus élevée relevée à l'ASDR a été de 40,80 Bq m⁻³ (ASDR-3) alors qu'en octobre des valeurs de 65,00 Bq m⁻³ et de 55,40 Bq m⁻³ ont été mesurées aux stations ASDR-3 et ASDR-4, respectivement. Pour l'ASDR, cette situation n'est pas nouvelle. L'année précédente, les deux valeurs mensuelles maximales avaient également été celles de ces deux stations, en octobre. Un phénomène impliquant le refroidissement de l'air ambiant à cette période de l'année et une différence de température interne aux fosses pourrait en être la cause.

La figure 8-16 montre les valeurs annuelles moyennes de tritium atmosphérique obtenues aux cinq stations de l'ASDR (carte A-5 de l'annexe A) pour la période 2010-2015.

Figure 8-16 : Activité annuelle moyenne de tritium atmosphérique à l'ASDR des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015



Comparativement à 2014, différentes variations de la valeur moyenne annuelle du tritium atmosphérique ont été constatées aux différentes SCR de l'ASDR en 2015. Les stations ASDR-1, ASDR-3 et ASDR-4 ont présenté une hausse, la plus élevée étant celle de la station ASDR-1 où l'augmentation a été de 27,9 %. Les stations ASDR-2 et ASDR-5 sont quant à elles en faible diminution, toujours en comparaison avec l'année 2014. Aucun transfert de déchets radioactifs dans les fosses de l'ASDR n'a été réalisé en 2015.

8.2.3 Carbone-14

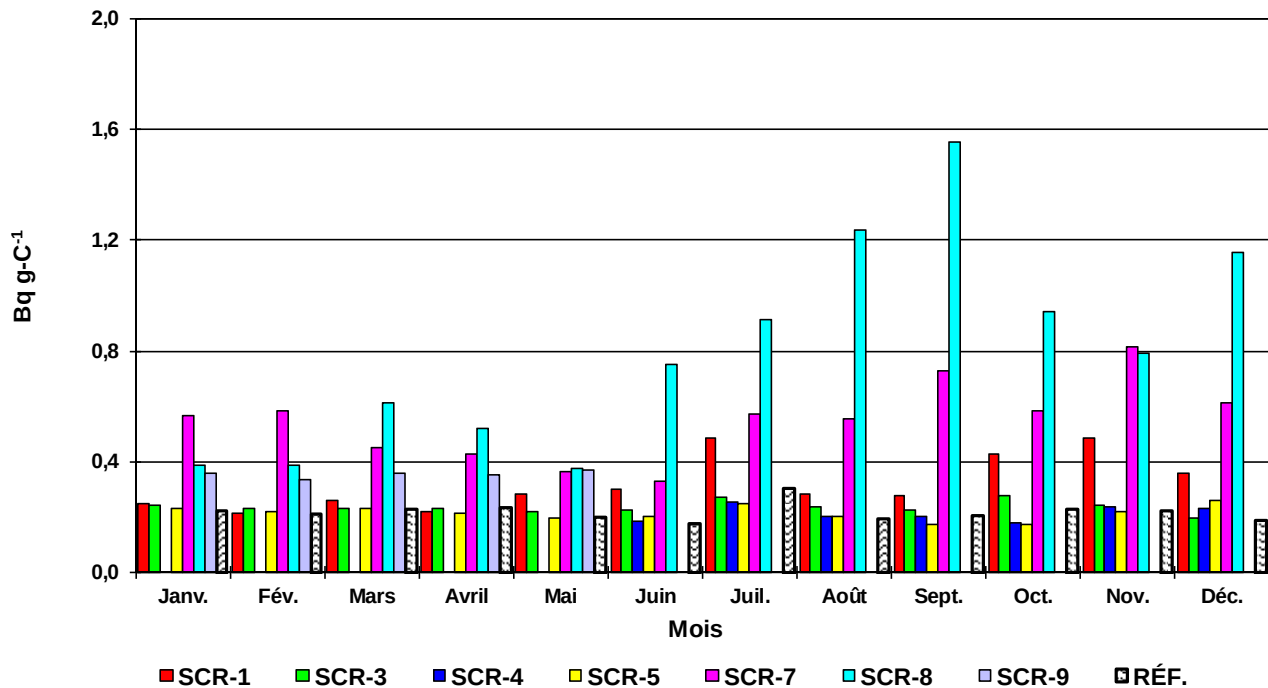
Aux installations de Gentilly-2, le carbone-14 est notamment rejeté dans l'atmosphère par la cheminée principale, majoritairement sous forme de dioxyde de carbone ($^{14}\text{CO}_2$). À cette première source d'émissions viennent s'ajouter d'autres sources secondaires, de moindre activité, tels que les émanations de certains déchets stockés à l'ASDR et à l'IGDRS. La dispersion environnementale du carbone-14 est aussi 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}). Une telle mesure est également réalisée à la nouvelle station de référence désignée. La concentration moyenne annuelle de l'année 2015 de $0,22 \text{ Bq g-C}^{-1}$, mesurée à cette nouvelle station de référence, correspond aux données issues de la littérature scientifique déterminant la concentration naturelle de carbone-14 atmosphérique (NCRP, 1985).

La figure 8-17 présente les concentrations mensuelles en carbone-14 atmosphérique, mesurées en 2015, 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 nouvelle station de référence (carte A-4). Au cours de l'année 2015, l'adaptation du PSRE a mené à l'abandon des mesures de carbone-14 atmosphérique à la station SCR-9 au profit de la station SCR-4.

Pour l'ensemble des stations assurant la surveillance du carbone-14 atmosphérique, les valeurs mensuelles ont varié, en 2015, de $0,17 \text{ Bq g-C}^{-1}$, mesuré en octobre à la station SCR-5, à $1,55 \text{ Bq g-C}^{-1}$, mesurée en septembre à la station SCR-8. Comme par le passé, les deux stations les plus rapprochées des deux principales sources d'émissions de carbone-14 atmosphérique aux installations de Gentilly-2 (cheminée principale et l'ASDR) sont celles où les valeurs mensuelles les plus élevées ont été mesurées, soit les stations SCR-8 et SCR-7.

Figure 8-17 : Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SCR-1, SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8 (zone rapprochée) et à la station de référence pour l'année 2015

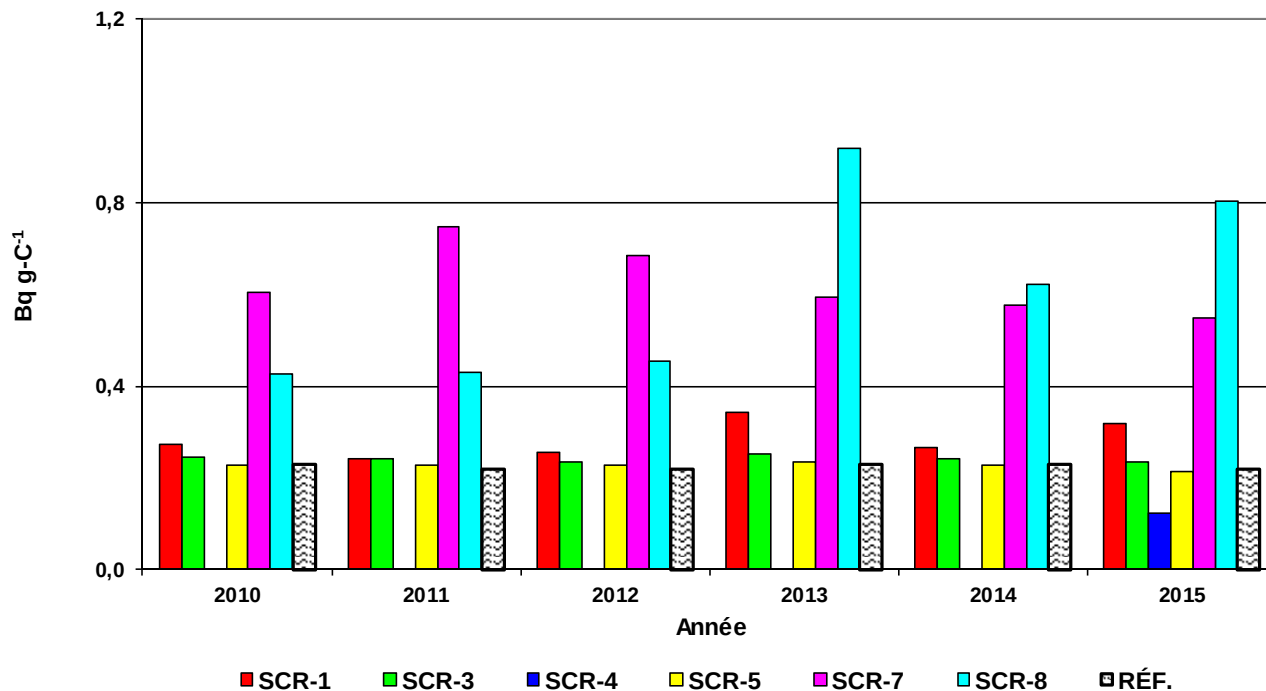


La figure 8-18 présente les valeurs annuelles moyennes de carbone-14 atmosphérique à cinq SCR de la zone d'exclusion (carte A-1 de l'annexe A), à la station SCR-5, située au PIPB, et à la station de référence, pour la période 2010-2015 (carte A-4 de l'annexe A).

Cette figure récapitulant les six dernières années permet de confirmer le changement important qui avait été perçu à la première année où avaient été faites les manœuvres de pompage de résines usées en vue du stockage à l'IGDRS. La station SCR-8 est, depuis l'année 2013, celle rendant les concentrations de carbone-14 atmosphérique les plus élevées. Auparavant, la station SCR-7 avait toujours été la station de ce regroupement où était mesurée la valeur moyenne annuelle la plus élevée. Cette situation est concordante avec les activités de carbone-14 les plus récentes à la cheminée principale, documentées au présent rapport annuel de surveillance environnementale, mais également à ceux des deux années précédentes.

Comme il avait été établi auparavant, l'activité de carbone-14 émise aux rejets gazeux de la cheminée principale est conséquente des manœuvres entourant la gestion à long terme des résines de purification ioniques usées qui se sont déroulées dans le cadre de l'atteinte de l'ÉSS de Gentilly-2. Au cours de leur utilisation, ces résines avaient capté plus de 90 % du carbone-14 produit durant l'exploitation de la centrale de Gentilly-2. Il est utile de rappeler que la station SCR-8 est située à grande proximité de la cheminée principale (carte A-1 de l'annexe A).

Figure 8-18 : Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations SCR-1, SCR-3, SCR-4, SCR-5, SCR-7, SCR-8 (zone rapprochée) et à la station de référence pour la période 2010-2015

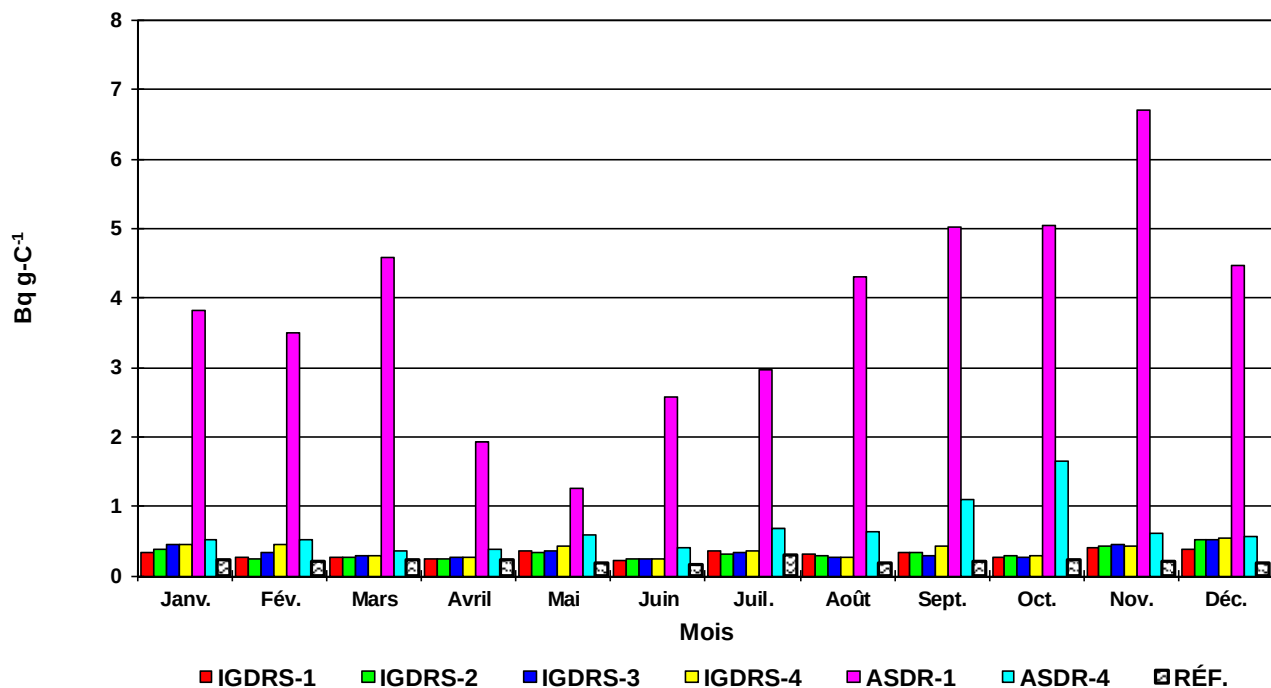


La figure 8-19 présente quant à elle l'activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique mesurée aux quatre stations en périphérie de l'IGDRS, à deux stations de l'ASDR ainsi qu'à la station de référence (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A) pour l'année 2015.

Pour l'ensemble des six SCR impliquant la surveillance du carbone-14 atmosphérique au pourtour de l'IGDRS et de l'ASSCI, les valeurs mensuelles ont varié, en 2015, de 0,22 Bq g-C⁻¹ (station IGDRS-1 en juin) à 6,70 Bq g-C⁻¹ (station ASDR-1 en novembre).

Les valeurs observées à la figure 8-19 confirment, encore en 2015, que les teneurs de carbone-14 sont plus élevées à proximité de l'ASDR qu'à l'IGDRS. Une dégradation des déchets radioactifs entreposés depuis plusieurs années à l'ASDR peut contribuer à la libération lente de carbone-14. Le fait que l'ASDR constitue une source secondaire et mesurable de carbone-14 atmosphérique est par ailleurs connu et documenté depuis plusieurs années. La détermination des impacts environnementaux de cette situation est limitée à faible distance, à même le site des installations de Gentilly-2.

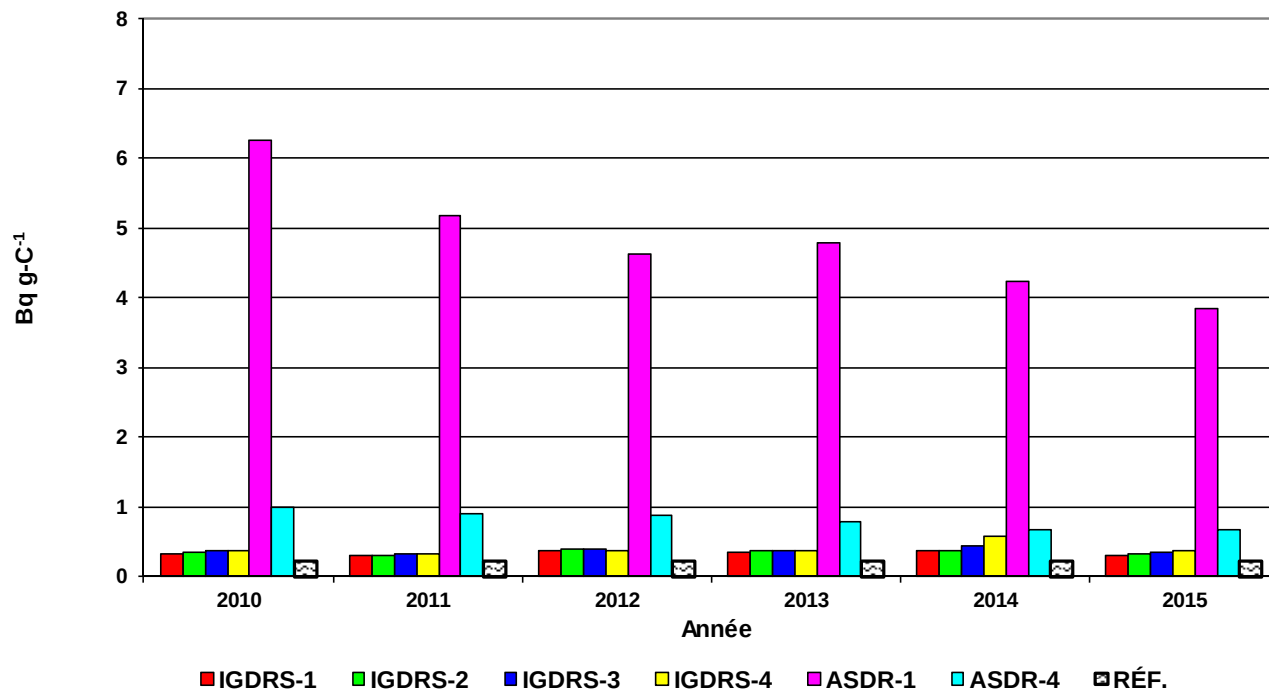
Figure 8-19 : Activité mensuelle en carbone-14 atmosphérique à l'IGDRS, à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2015



La figure 8-20 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 (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A) pour la période 2010-2015.

En comparaison avec l'année précédente, une diminution de la concentration annuelle moyenne en carbone-14 atmosphérique est observée en 2015 à toutes les stations situées au pourtour de l'IGDRS et de l'ASDR. Aux quatre stations de l'IGDRS, la diminution moyenne est de 21,8 % alors qu'elle est de 5,0 % pour les deux stations de l'ASDR.

Figure 8-20 : Moyenne annuelle en carbone-14 atmosphérique aux stations de l'IGDRS et de l'ASDR et à la station de référence pour la période 2010-2015



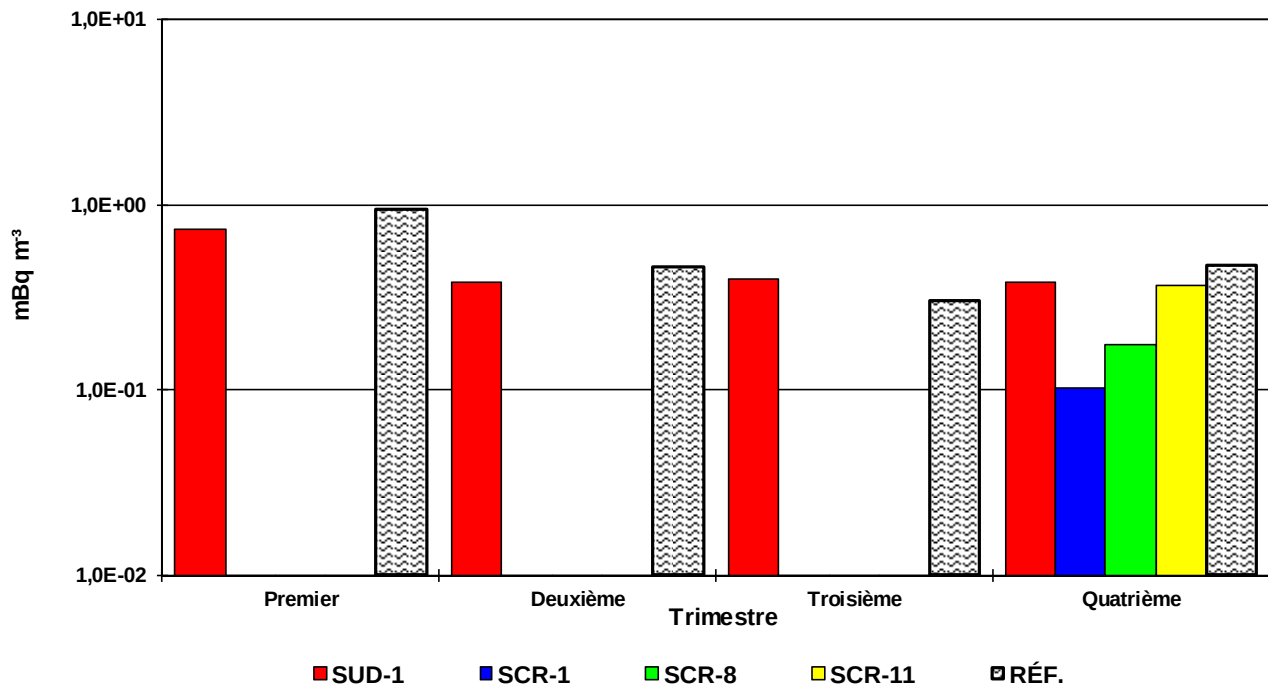
8.2.4 Aérosols

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

La figure 8-21 présente les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta-total pour l'année 2015 issue des aérosols prélevés aux quatre stations retenues à l'adaptation du PSRE en 2015 (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A). Compte tenu des multiples valeurs colligées aux années antérieures, Hydro-Québec analysera dorénavant l'activité radiologique issue des aérosols dispersés que sur des stations à proximité du site des installations de Gentilly-2. Comme ces modifications nécessitaient l'aménagement de nouveaux instruments, elles ont été graduellement intégrées au cours de l'année 2015. Cette situation explique les résultats parcellaires à la figure 8-21.

Même si le portrait de la situation est incomplet pour l'année 2015, il est tout de même possible d'observer que les valeurs moyennes trimestrielles d'activité bêta-total sont encore du même ordre que celles mesurées à la station de référence. Aux quatre stations retenues à l'adaptation du PSRE, la valeur mensuelle maximale observée en 2015 a été de 0,95 mBq m⁻³, laquelle a été mesurée en mars à la station SUD-1. À titre de comparaison, la valeur mensuelle maximale relevée à la station de référence a aussi été celle mesurée en mars, laquelle s'élevait à 1,20 mBq m⁻³. Les variations d'activité bêta-total issue des aérosols sont sensibles aux poussières, au sable et au sel de déglacage. Ces particules contiennent notamment du potassium-40 d'origine naturelle.

Figure 8-21 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés aux stations SUD-1, SCR-1, SCR-8, SCR-11 et à la station de référence pour l'année 2015



Les figures 8-22 et 8-23 présentent les mesures d'activité bêta-total relevées respectivement aux quatre stations de l'IGDRS et aux cinq stations de l'ASDR. Les mesures relevées à la station de référence sont aussi illustrées (cartes A-1 et A-4 de l'annexe A).

Les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta-total mesurée aux quatre SCR de l'IGDRS et aux cinq SCR de l'ASDR sont également du même ordre que celles observées à la station de référence pour l'année 2015. Aucune valeur présentée aux figures 8-21, 8-22 et 8-23 ne témoigne d'un événement qui aurait pu être source d'émissions particulières de radioactivité ni d'aucun autre événement à l'installation nucléaire de Gentilly-2.

Figure 8-22 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'IGDRS et à la station de référence pour l'année 2015

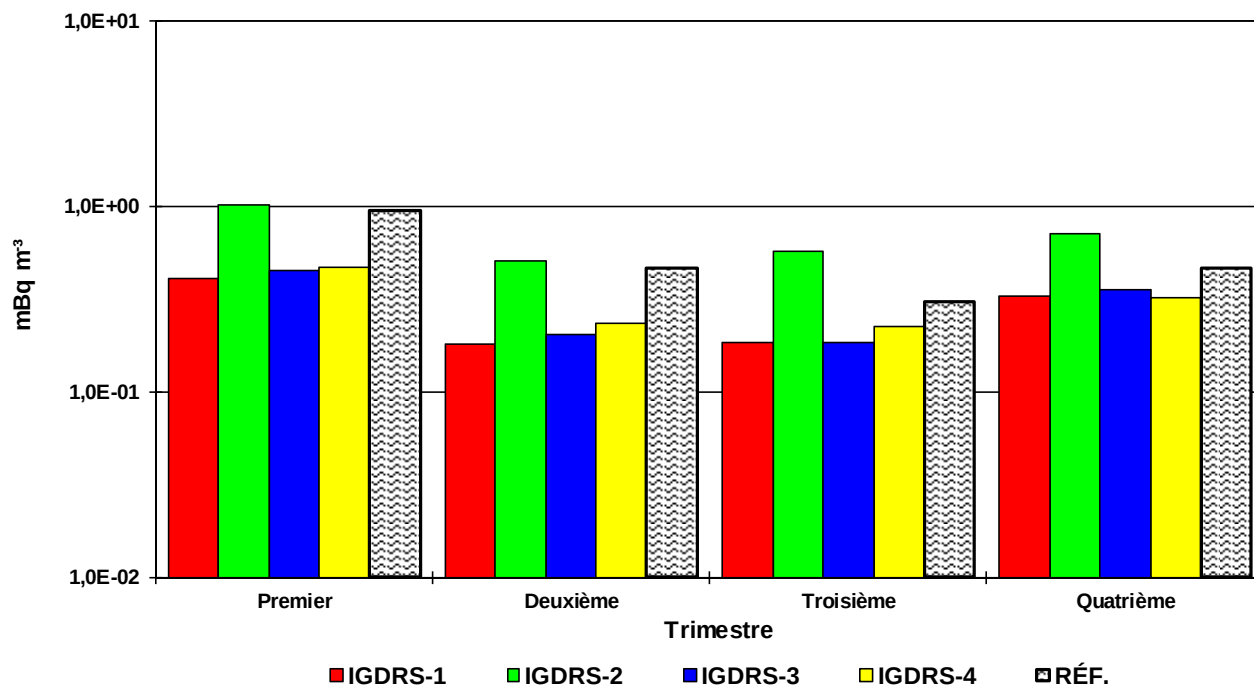
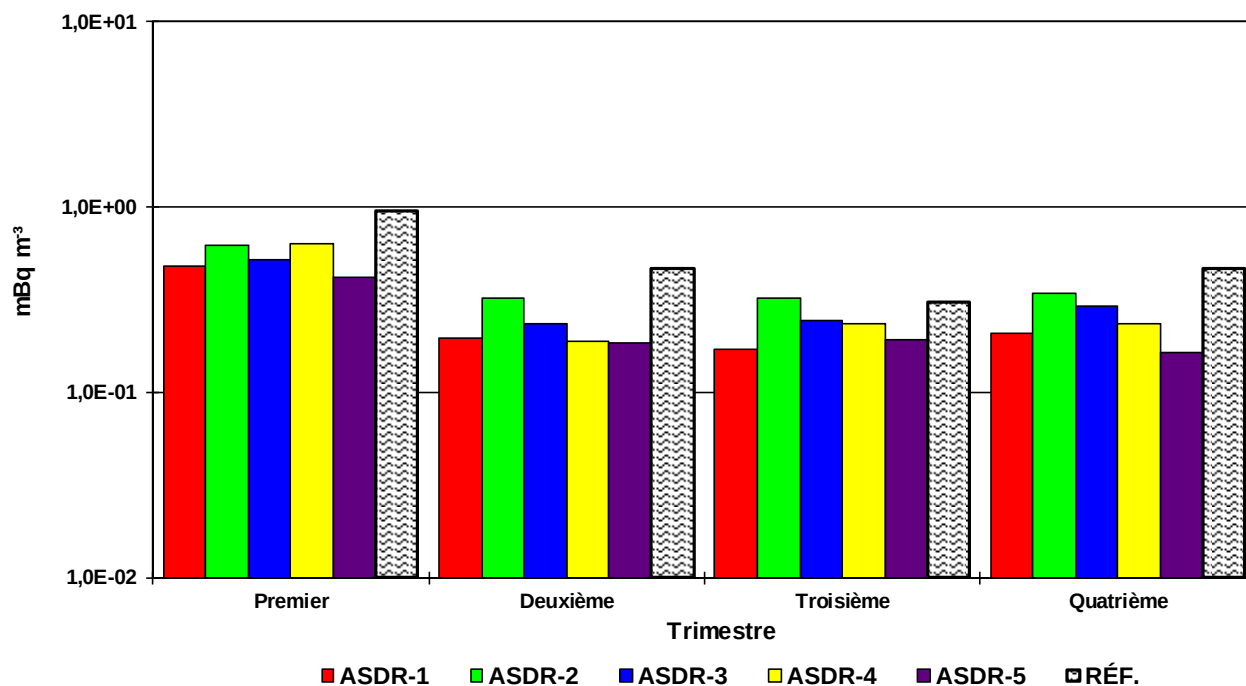


Figure 8-23 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les aérosols prélevés à l'ASDR et à la station de référence pour l'année 2015



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 des neiges ainsi que de l'eau potable sur le site des installations de Gentilly-2 et dans un environnement proche.

8.3.1 Précipitations

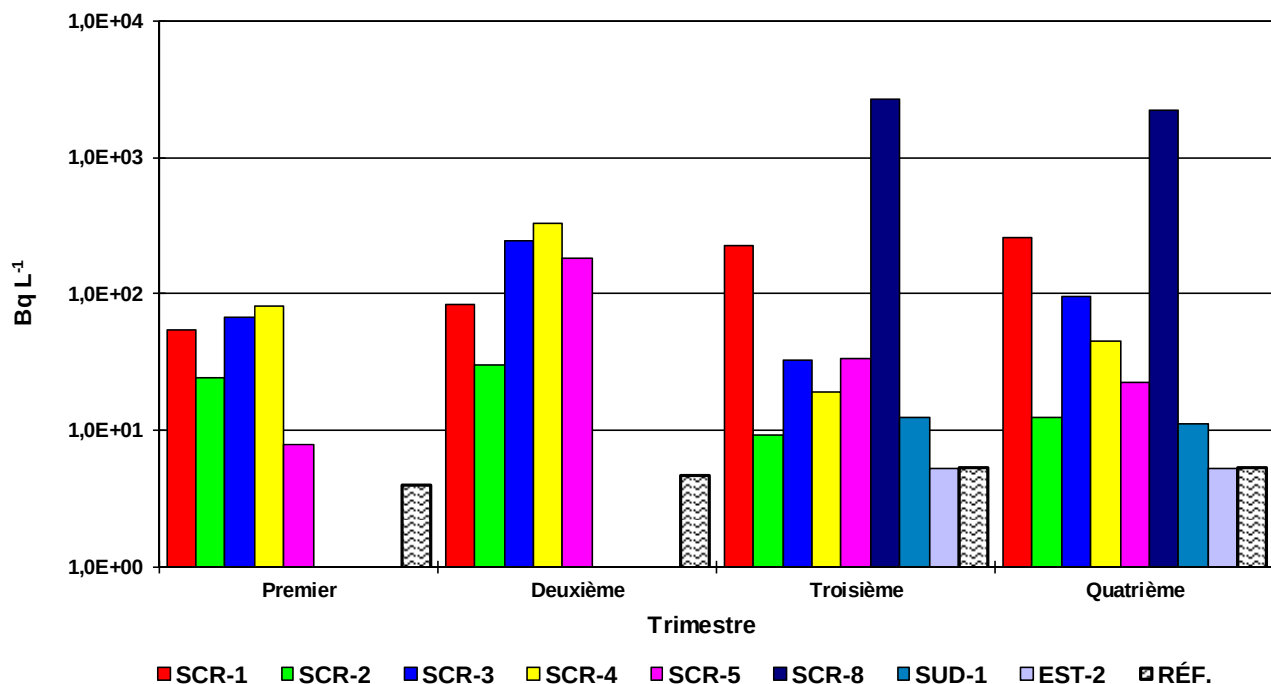
La figure 8-24 présente les valeurs moyennes trimestrielles des concentrations en tritium mesurées dans les précipitations (pluie ou neige). Le suivi est réalisé à huit SCR identifiées sur les cartes de l'annexe A :

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

Le suivi des précipitations aux stations SCR-8, SUD-1 et EST-2 a été ajouté en juin et les premiers résultats ont été émis en juillet 2015.

Sur une base liquide, les précipitations enregistrées mensuellement au site de Gentilly-2 ont varié au cours de l'année 2015 de 29 mm (février et mai) à 133 mm (décembre).

Figure 8-24 : Moyenne trimestrielle de l'activité en tritium dans les précipitations aux stations SCR-1 à SCR-5, SCR-8, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2015



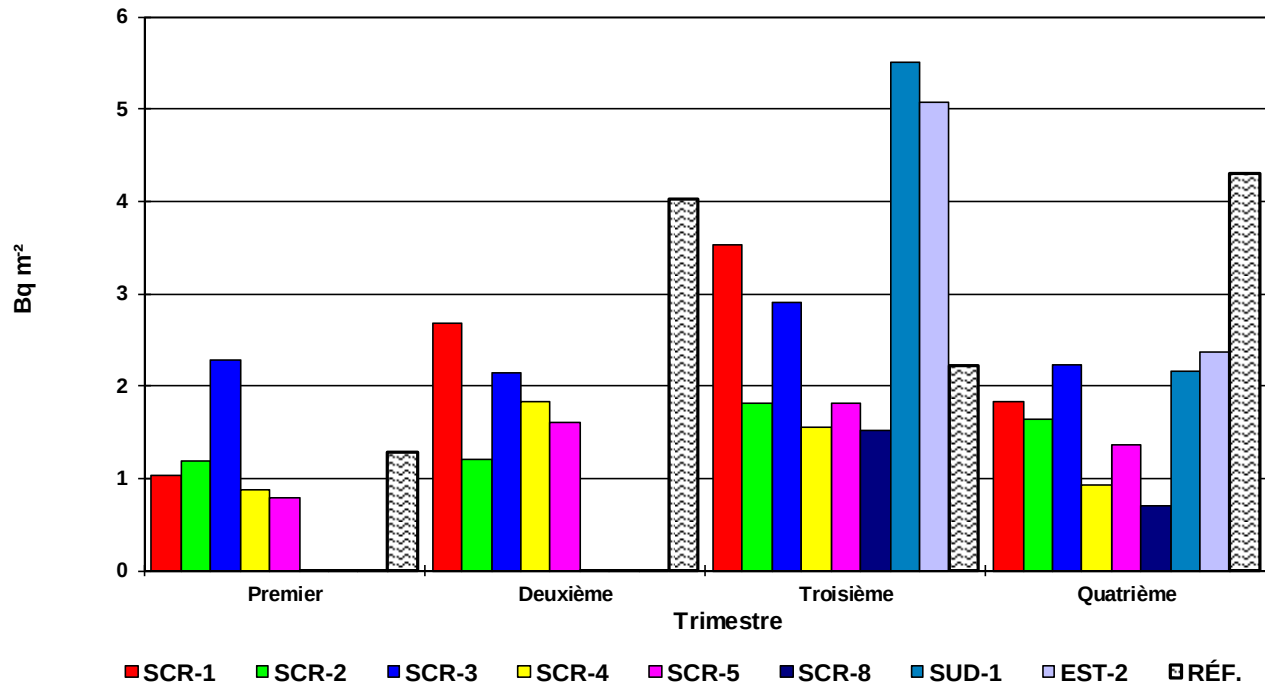
La concentration trimestrielle moyenne maximale de tritium mesurée dans les précipitations aux stations de contrôle s'élève à $2\,669\text{ Bq L}^{-1}$ (SCR-8, 3^e trimestre) alors que les concentrations mesurées à la station de référence sont de l'ordre de 5 Bq L^{-1} . Le suivi à la station SCR-8 ayant été ajouté en juin, la valeur obtenue ne peut être comparé aux années précédentes. Cependant, 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 $5,3\text{ Bq L}^{-1}$ (EST-2, 3^e et 4^e trimestres). Le suivi à la station EST-2 ayant été ajouté en juin, la valeur obtenue ne peut être comparée aux années précédentes. 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 2015 sont comparables à celles des années précédentes. Les variations observées sont dues à plusieurs facteurs, parmi lesquels on trouve : les rejets d'exploitation, 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 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 8-25 présente les valeurs trimestrielles moyennes d'activité bêta-total dans les précipitations, aux mêmes SCR que celles présentées à la figure 8-24. L'activité bêta-total issue des précipitations est principalement liée aux particules radioactives aéroportées par les vents et rabattues lors de précipitations. Pour l'année 2015 et pour toutes les stations de contrôle, aucune valeur mensuelle n'a été supérieure à 10 Bq m^{-2} .

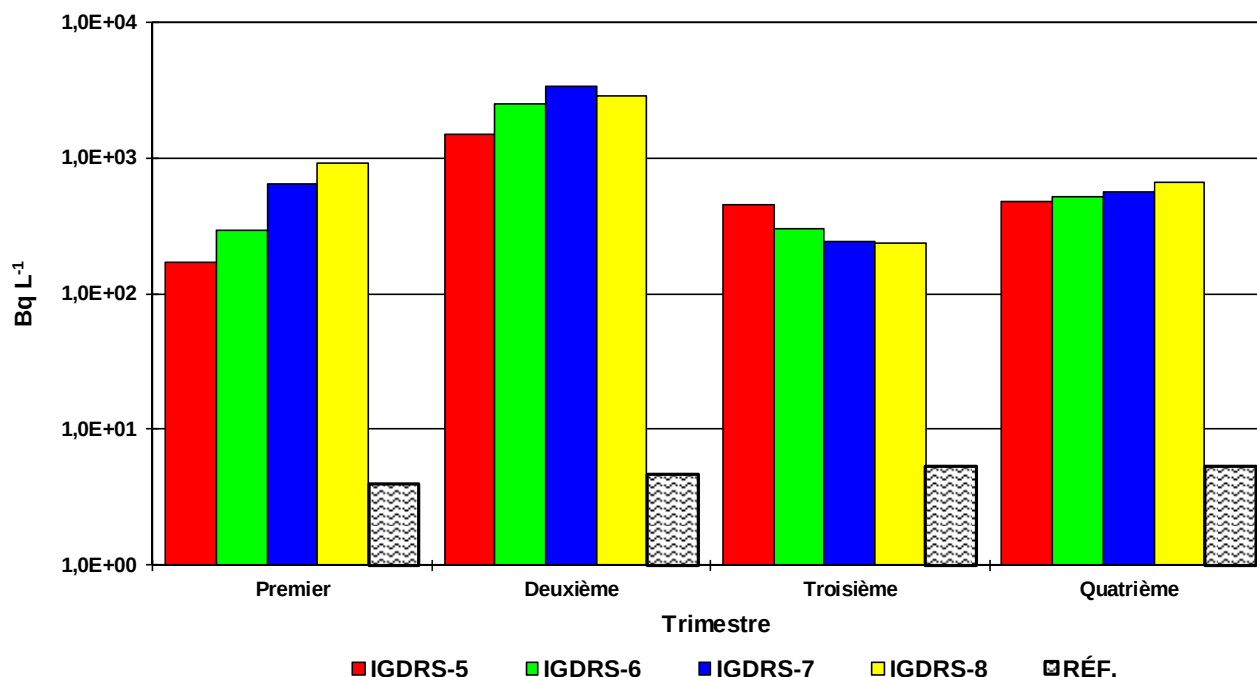
Figure 8-25 : Moyenne trimestrielle de l'activité bêta-total dans les précipitations aux stations SCR-1 à SCR-5, SCR-8, SUD-1, EST-2 et de référence pour l'année 2015



La figure 8-26 illustre les valeurs trimestrielles moyennes d'activité de tritium dans les 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 2015. La proximité entre les stations de l'IGDRS explique les faibles variations d'activité en tritium, lorsque les concentrations mesurées ne proviennent que de la cheminée principale de l'installation nucléaire de Gentilly-2, comme il semble être le cas pour 2015. Advenant qu'une enceinte de déchets de l'IGDRS devienne elle-même une importante source de tritium, le schème deviendrait assurément tout autre.

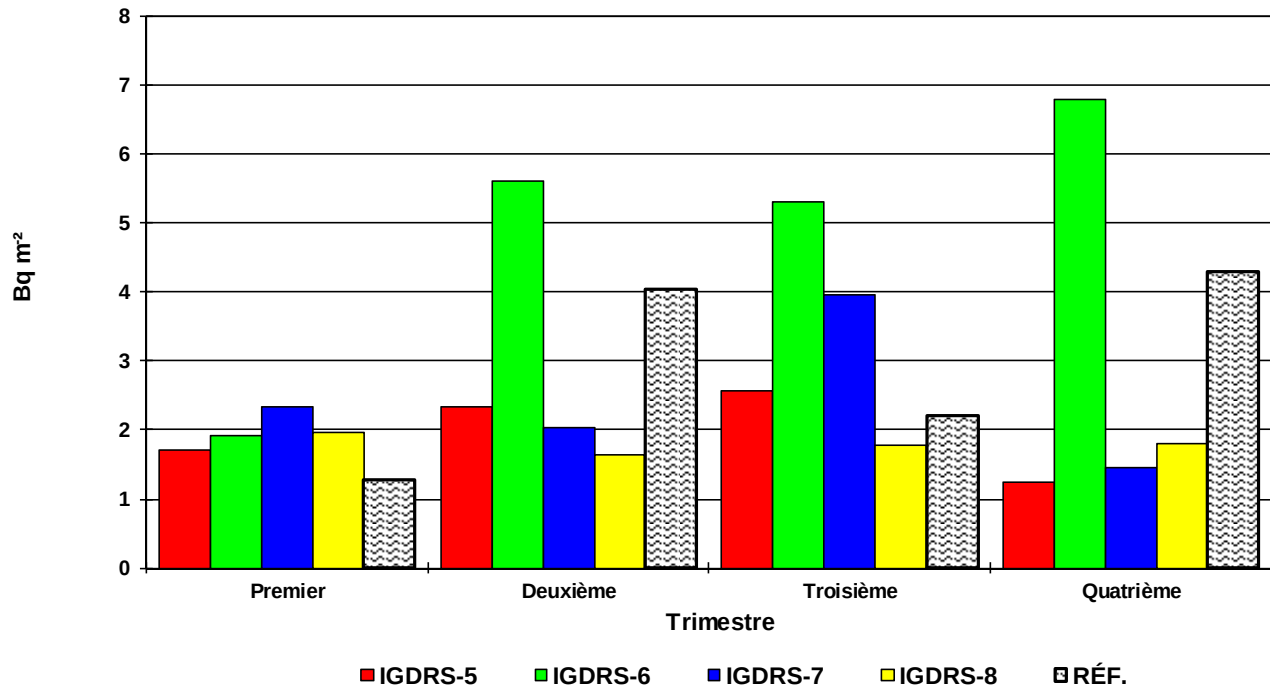
La valeur moyenne maximale d'activité de tritium a été de 3 333 Bq L⁻¹ (IGDRS-7, 2^e trimestre). Cette situation découle toujours des mêmes manœuvres de reconfiguration de la ventilation au bâtiment du réacteur de Gentilly-2. La valeur minimale, quant à elle, a été de 168 Bq L⁻¹ (IGDRS-5, 1^{er} trimestre).

Figure 8-26 : 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 2015



La figure 8-27 illustre les valeurs trimestrielles moyennes de l'activité bêta-total dans les précipitations des quatre stations à proximité de l'IGDRS et de la station de référence, pour l'année 2015. La moyenne trimestrielle maximale s'élève à 6,8 Bq m⁻² (IGDRS-6, 4^e trimestre). Deux valeurs mensuelles mesurées à la station IGDRS-6 ont été légèrement supérieures à 10 Bq m⁻², soit en juin (10,9 Bq m⁻²) et en octobre (10,4 Bq m⁻²), ce qui aurait dû déclencher une spectrométrie gamma sur les mêmes échantillons. Cette analyse supplémentaire n'a toutefois pas été réalisée sur ces échantillons.

Figure 8-27 : 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 2015



8.3.2 Eaux de surface

Les eaux de surface du site sont principalement alimentées par les précipitations et par la fonte des neiges, 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 8-28, 8-29 et 8-30.

Les résultats illustrés représentent :

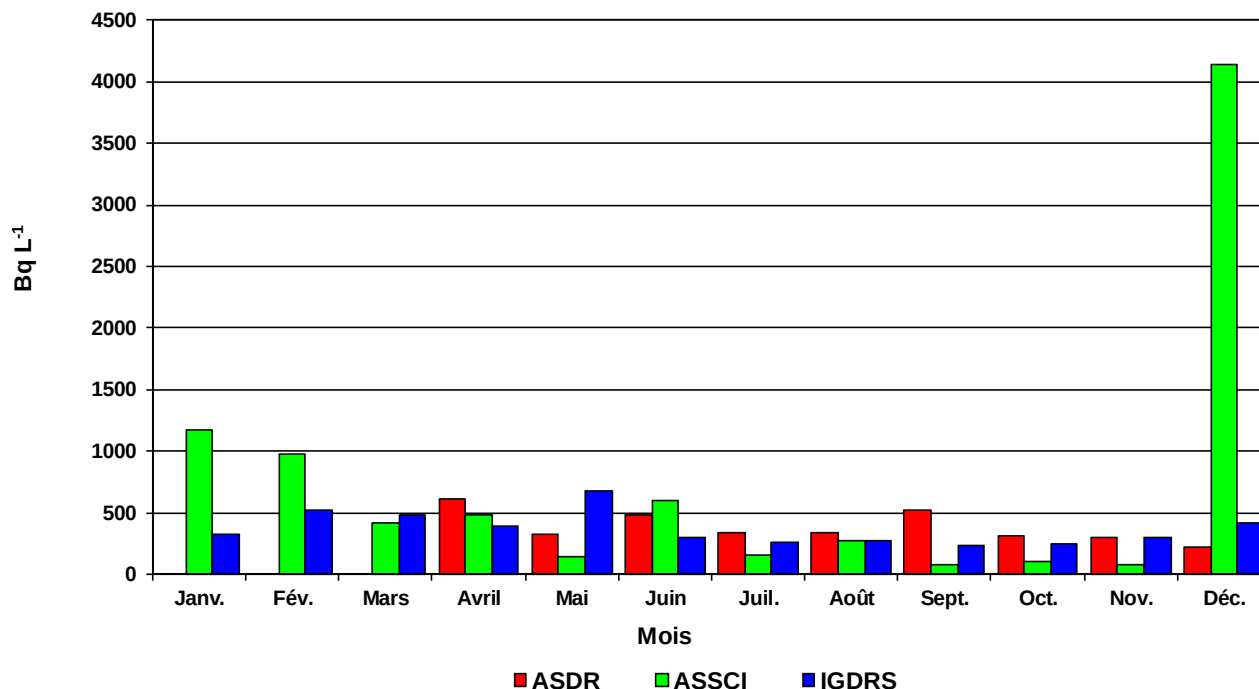
- une moyenne des résultats des prélèvements des points S-16 et S-17 pour la série identifiée ASDR ;
- le résultat des prélèvements du seul point S-1 pour la série identifiée ASSCI ;
- une moyenne des résultats des prélèvements à l'échantillonneur automatique et à la vanne guillotine (1520-V1) pour la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

La figure 8-28 illustre les moyennes mensuelles de l'activité en tritium dans l'eau de surface mesurée aux différents points d'échantillonnage. En 2015, les valeurs ont varié de 76 Bq L⁻¹ (ASSCI, en septembre) à 4 135 Bq L⁻¹ (ASSCI, en décembre).

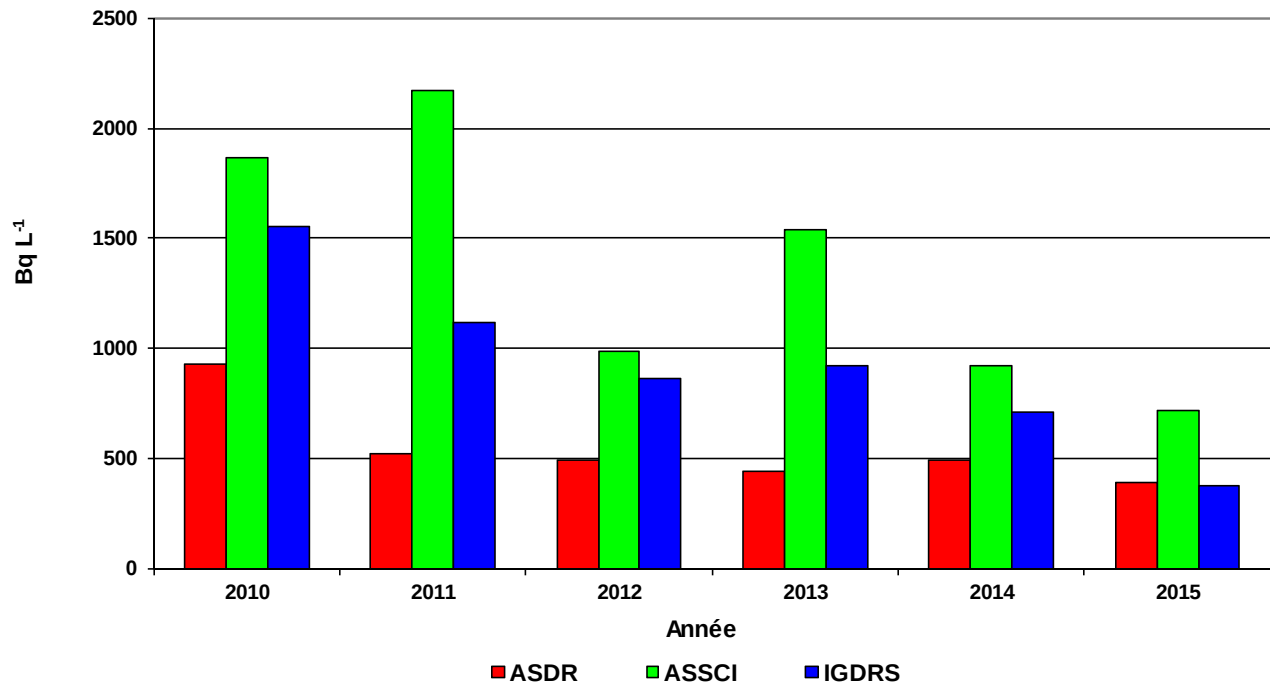
À titre de mise en contexte, rappelons que l'actuelle concentration limite de tritium édictée au règlement provincial sur la qualité de l'eau potable est de 7 000 Bq L⁻¹. Une vérification des résultats préliminaires disponibles indique que les trois premières valeurs mensuelles de l'année 2016 témoignent d'un retour à la normale après cette concentration plus élevée de décembre 2015.

Figure 8-28 : 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 2015



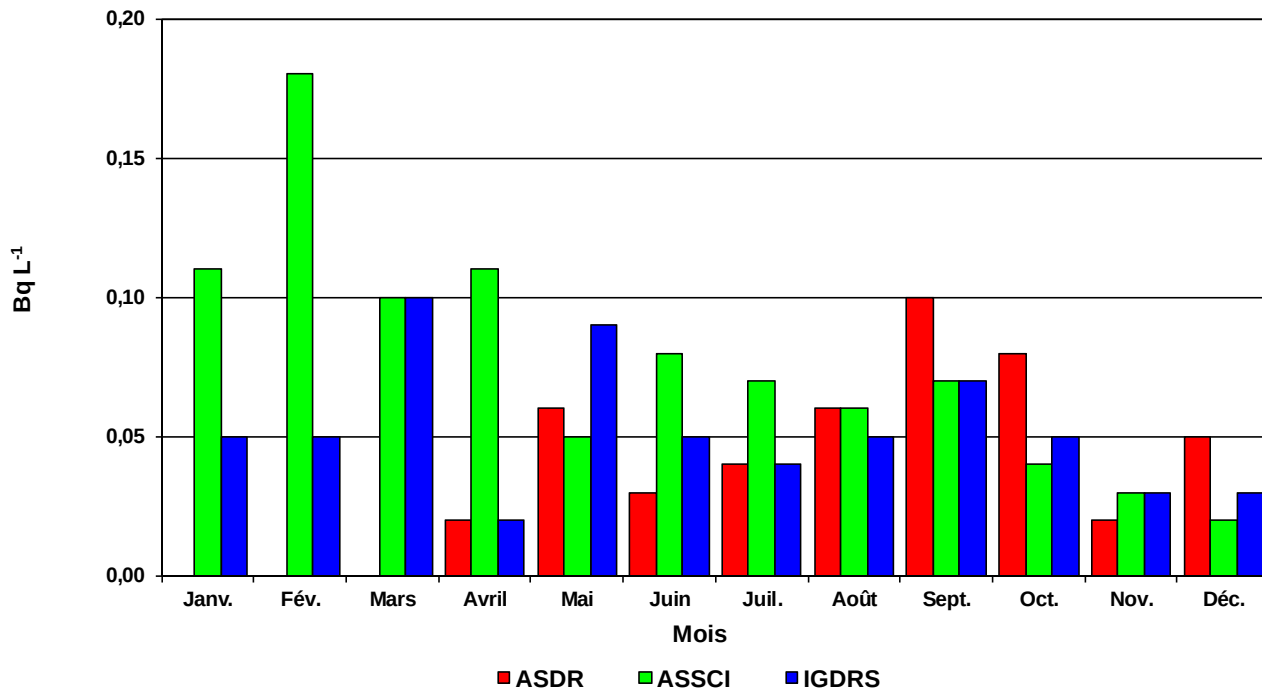
Les valeurs annuelles moyennes de l'activité en tritium des eaux de surface à l'ASDR, à l'IGDRS et à l'ASSCI paraissent à la figure 8-29. Comparativement à l'année précédente, les données de l'année 2015 indiquent des diminutions de 22 % pour l'ASDR et l'ASSCI, et de 48 % pour l'IGDRS.

Figure 8-29 : 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 2010-2015



Les mesures mensuelles de l'activité bêta-total obtenues sur des prélèvements d'eau de surface sont présentées à la figure 8-30. En 2015, la valeur maximale mesurée a été de 0,18 Bq L⁻¹ (ASSCI, en février). 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 grande affinité avec les particules de sol et, par conséquent, n'ont pas tendance à demeurer dans l'eau de surface échantillonnée.

Figure 8-30 : 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 2015



Le suivi des eaux de surface implique 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. Quatre campagnes de prélèvement ont été réalisées en 2015. Tous les résultats obtenus pour les campagnes menées en 2015 ont été inférieurs à la limite de détection (LD) de 6 Bq L⁻¹.

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 8-31, 8-32 et 8-33.

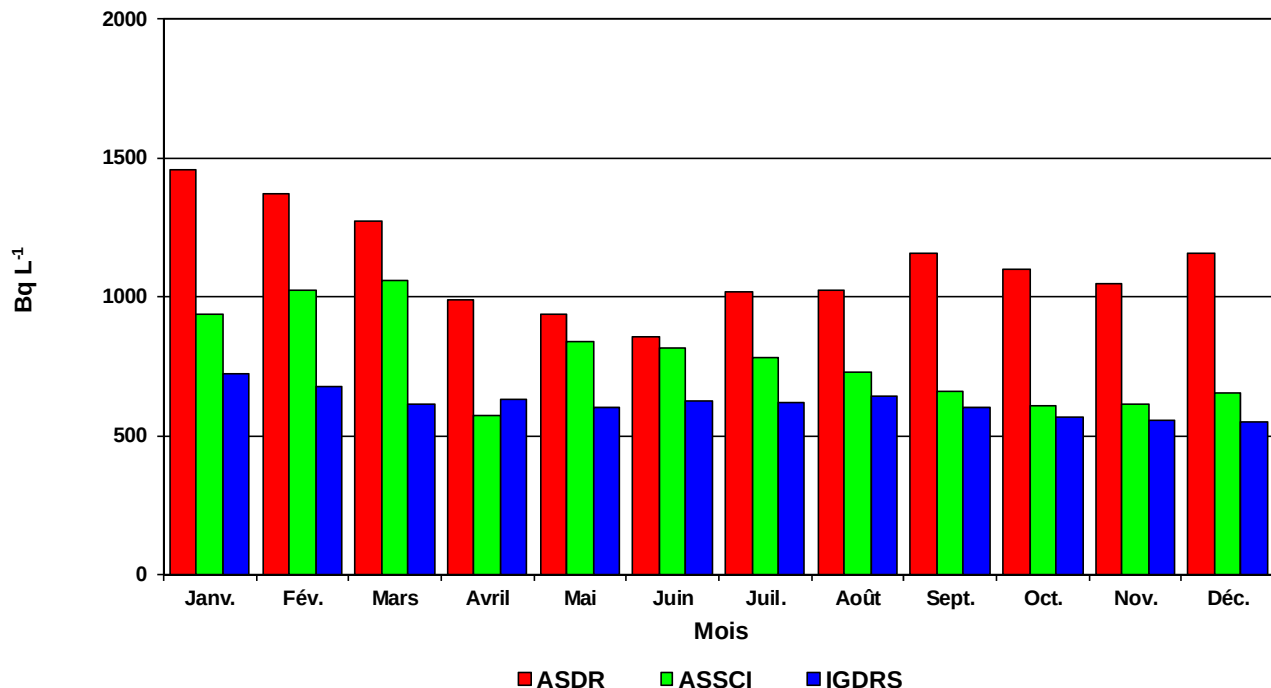
Les résultats illustrés représentent :

- 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 8-31 illustre 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 2015, les valeurs ont varié de 550 Bq L⁻¹ (IGDRS, en décembre) à 1 458 Bq L⁻¹ (ASDR, en janvier). Les valeurs moyennes maximales des deux autres installations ont été de 1 056 Bq L⁻¹ (ASDR, en mars) et de 724 Bq L⁻¹ (IGDRS, en janvier). Dans l'ensemble, les moyennes mensuelles calculées pour l'IGDRS sont plus stables que celles mesurées à l'ASDR et à l'ASSCI.

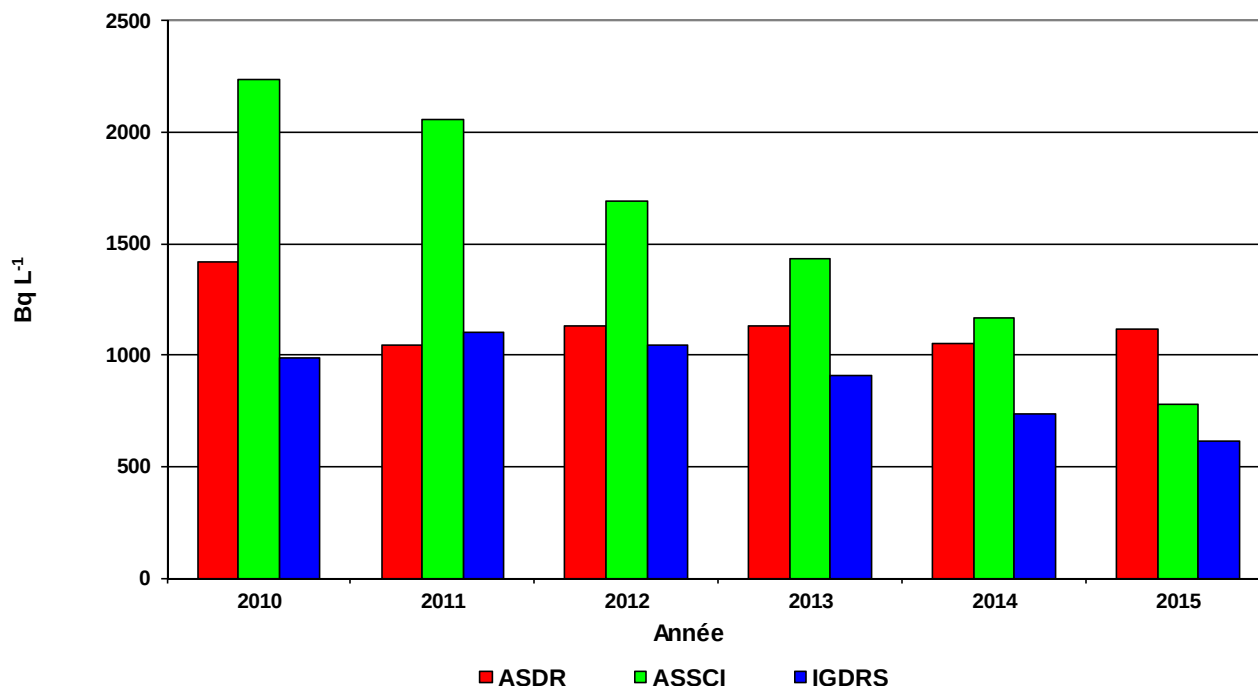
Figure 8-31 : Moyenne mensuelle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour l'année 2015



La figure 8-32 présente, pour la période 2010-2015, 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 2015 à celles de l'année précédente,

on constate une diminution de 33 % pour l'ASSCI et de 16 % pour l'IGDRS. La variation observée pour l'ASDR est comparable à ce qui a été observé par les années passées.

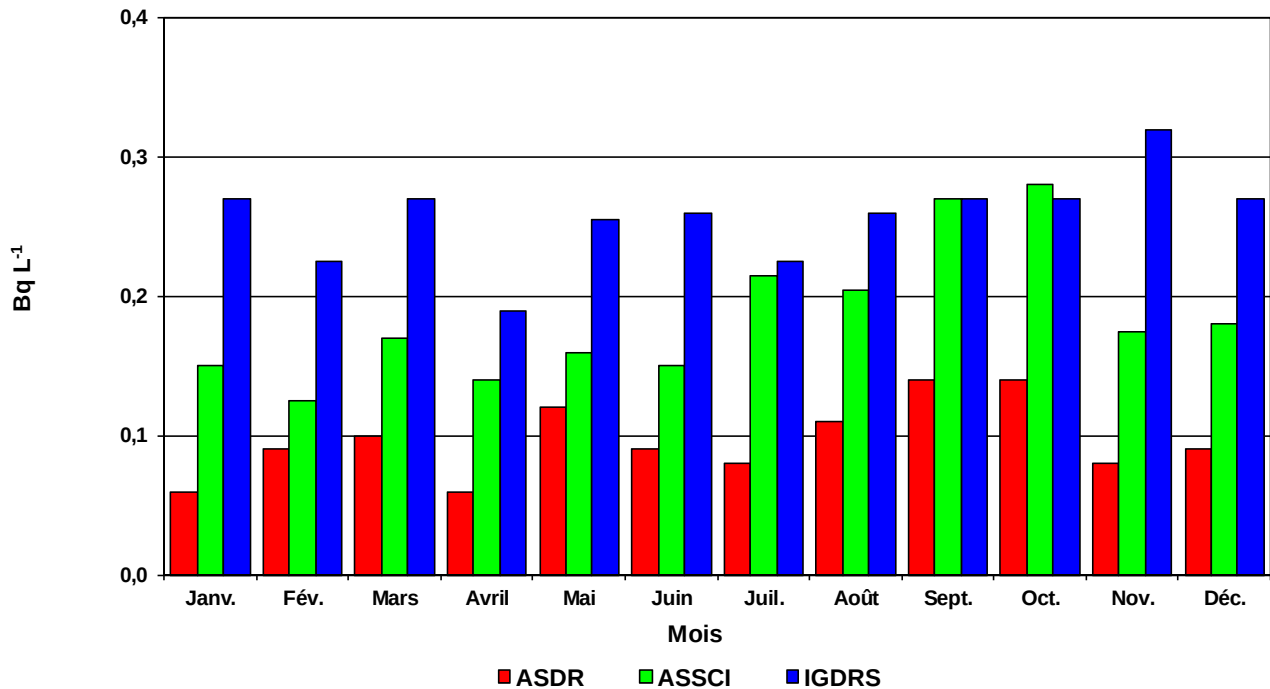
Figure 8-32 : Moyenne annuelle de l'activité en tritium dans l'eau d'infiltration autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS pour la période 2010-2015



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 8-33.

Au cours de l'année 2015, toutes les valeurs sont demeurées inférieures ou égales à une concentration de 0,32 Bq L⁻¹, cette dernière ayant été mesurée à l'IGDRS au mois de novembre.

Figure 8-33 : 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 2015



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-site et autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS sont présentés aux figures 8-34, 8-35 et 8-36.

Les résultats illustrés représentent :

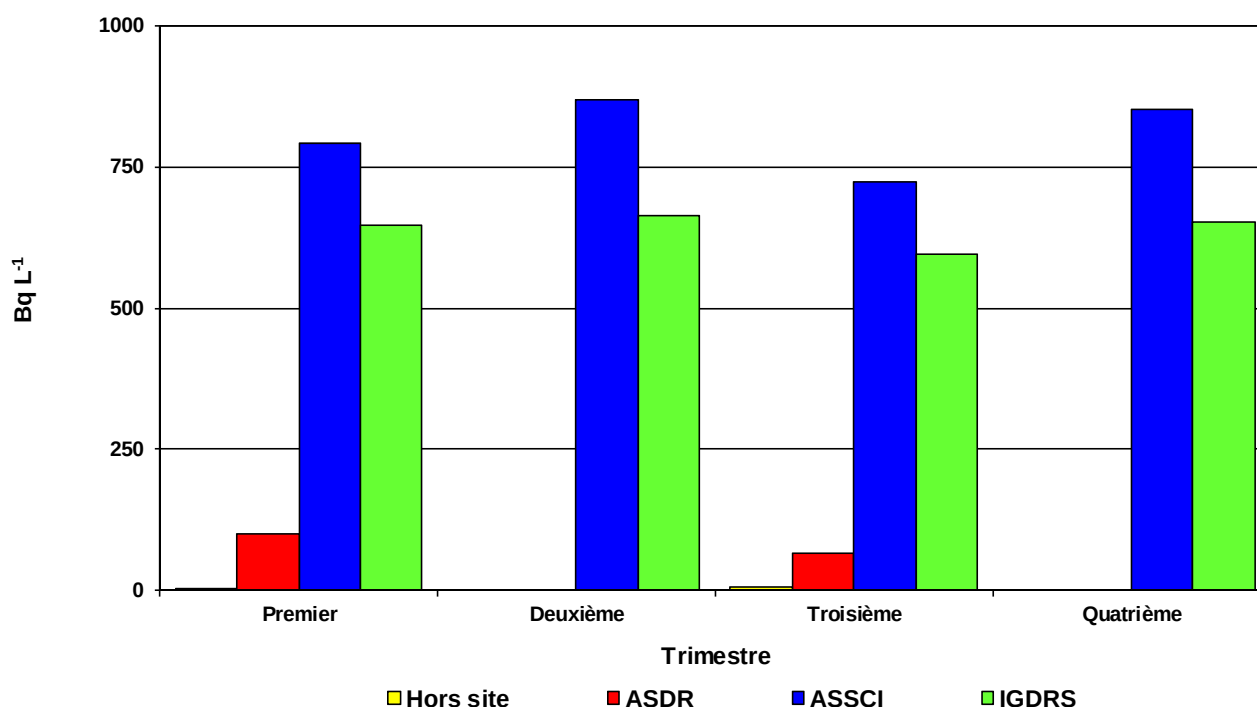
- une moyenne des mesures relevées aux points A'-5, E-5 et EP-2 à l'extérieur de la zone d'exclusion pour la série identifiée HORS-SITE ;
- une moyenne des mesures relevées aux points A-1, D-1 et D'-1 pour la série identifiée ASDR ;
- une moyenne des mesures relevées au point A-2 ainsi qu'aux horizons 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 trimestrielles de la teneur en tritium dans les eaux souterraines hors site, présentés à la figure 8-34, sont tous inférieurs à la LD de 6 Bq L⁻¹. Ces valeurs indiquent notamment l'absence d'influence des rejets de l'installation nucléaire sur les eaux des nappes phréatiques au-delà de la zone d'exclusion.

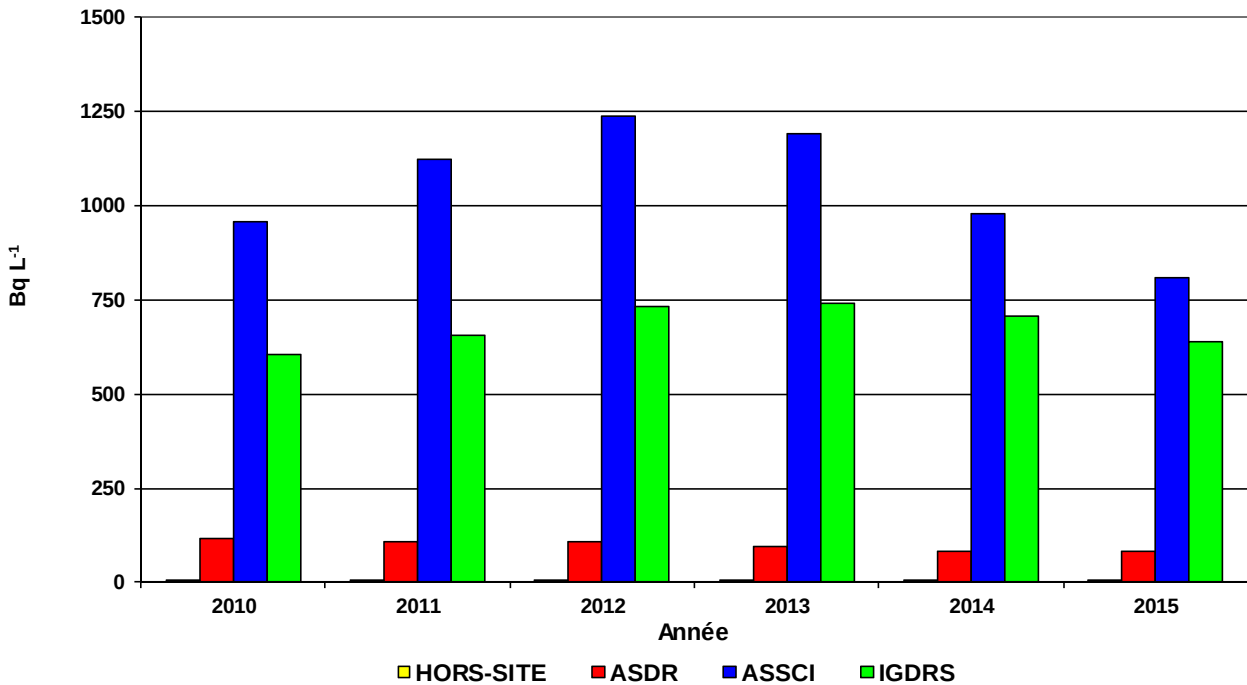
En ce qui concerne les concentrations de tritium dans les eaux souterraines de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS, les valeurs les plus élevées ont été mesurées à l'ASSCI où la valeur maximale a été de 867 Bq L⁻¹ au second trimestre.

Figure 8-34 : 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 2015



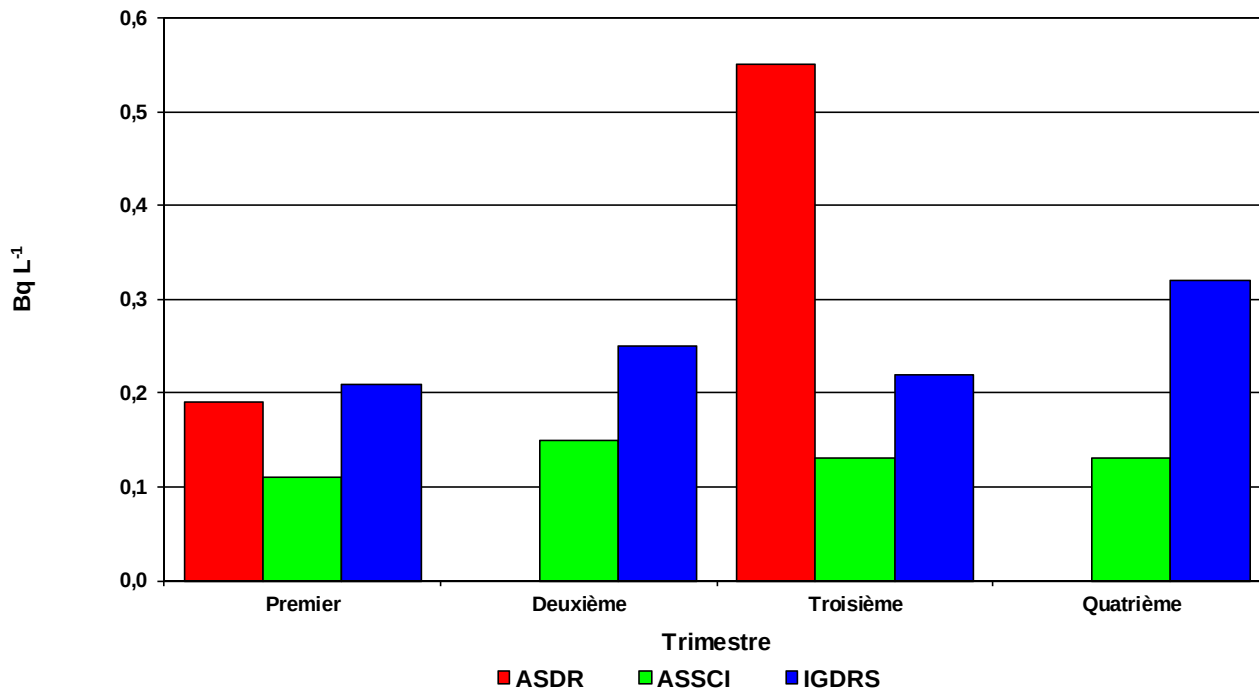
La figure 8-35 présente, pour la période 2010-2015, les moyennes annuelles de l'activité en tritium dans l'eau souterraine à proximité de l'ASDR, de l'ASSCI, de l'IGDRS et hors du site. En comparant les valeurs moyennes annuelles de l'année 2015 à celles de l'année précédente, on observe des diminutions de l'ordre de 2 %, 18 % et 10 % respectivement autour de l'ASDR, de l'ASSCI et de l'IGDRS.

Figure 8-35 : 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 2010-2015



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 8-36. Toutes les valeurs recueillies au cours de l'année 2015 sont égales ou inférieures à une activité de 0,32 Bq L⁻¹ à l'exception d'une valeur de 0,55 Bq L⁻¹ (ASDR, 3^e trimestre). Cette valeur a atteint le critère déclencheur (0,35 Bq L⁻¹) demandant une analyse additionnelle de spectrométrie gamma. Cette analyse supplémentaire, qui aurait notamment été utile à l'identification du principal radionucléide en cause, n'a toutefois pas été réalisée.

Figure 8-36 : 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 2015



8.3.5 Eaux de fonte des neiges

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 des neiges, l'échantillonnage des eaux de fonte se fait en plusieurs points ceinturant le site d'élimination de neige, soit :

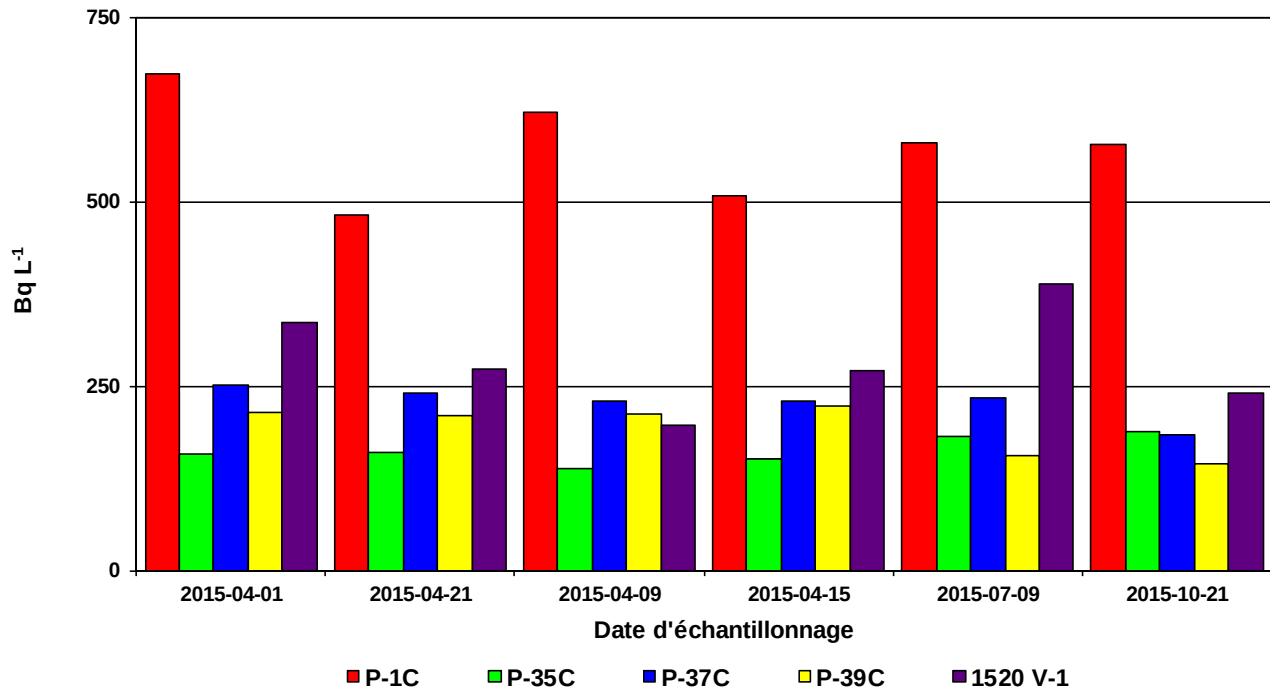
- à la vanne guillotine (1520-V1) de la digue pour l'eau de ruissellement ;
- à l'horizon C de quatre points d'échantillonnage (P-1, P-35, P-37 et P-39) dont la partie perméable est située au niveau des dépôts meubles pour les eaux d'infiltration.

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 8-37. Pour les eaux de surface, les activités en tritium ont varié de 197 Bq L⁻¹ à 388 Bq L⁻¹ à la vanne guillotine (1520-V1).

Pour les eaux d'infiltration, les valeurs ont varié de 138 Bq L⁻¹ (P-35C) à 673 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.

Figure 8-37 : 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 2015



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 ainsi qu'à un point de référence. 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, des municipalités de Gentilly et de Champlain ainsi que dans un puits artésien d'une ferme de la rive sud du fleuve (secteur de Gentilly). Tous les résultats d'analyse de tritium sur les quatre points d'échantillonnage sont inférieurs au seuil de détection fixé à 6 Bq L⁻¹.

Au premier trimestre de 2015, l'activité bêta-total a été vérifiée sur des échantillons composites trimestriels de chacun des points d'échantillonnage. La valeur maximale mesurée a été de 0,12 Bq L⁻¹ dans le puits artésien de la ferme, ce qui demeure comparable aux teneurs naturelles retrouvées dans les cours d'eau, teneurs pouvant varier entre 0,005 et 0,2 Bq L⁻¹ (McDougall, 2007). Depuis l'application de l'adaptation du PSRE (2015), ce paramètre n'est plus suivi dans l'eau potable, raison d'ailleurs pour laquelle l'activité bêta-total a été mesurée seulement au premier trimestre.

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). La campagne d'échantillonnage s'est déroulée en avril 2015. Le tableau 8-1 présente l'activité maximale relevée pour les 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 2015

Radionucléide	Activité maximale (Bq kg ⁻¹)
⁷ Be	15,7 (Ferme n ^o 1)
⁴⁰ K	776 (Ferme n ^o 2)
¹³⁷ Cs	6,5 (Ferme 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 ceux de Tchernobyl. Ces radionucléides sont mesurés année après année et les résultats obtenus en 2015 sont comparables à ceux obtenus les 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 nucléaire de Gentilly-2, constitue la station témoin. Les stations B et C sont celles susceptibles d'être affectées par les effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2. La station B est située à l'embouchure du canal de rejet alors que la station C est située à environ 2 km en aval, dans l'anse à Lemarier. En 2015, des échantillons de sédiments ont été prélevés en août et en octobre aux trois stations ainsi qu'en juillet aux stations B et C. L'activité maximale relevée pour 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 2015

Radionucléide	Activité maximale (Bq kg ⁻¹)		
	A (amont)	B (aval)	C (aval)
⁷ Be	135	94	78
⁴⁰ K	937	910	708
⁶⁰ Co	< 0,6	46,1	1,08
⁵⁴ Mn	< 0,36	< 0,42	< 0,33
⁹⁴ Nb	< 0,48	< 0,51	< 0,29
⁹⁵ Nb	< 0,82	< 0,88	< 0,48
⁹⁵ Zr	< 1,1	< 1,2	< 0,65
¹²⁴ Sb	< 0,57	< 0,61	< 0,33
¹²⁵ Sb	< 1,2	< 1,5	< 0,70
¹³⁷ Cs	8,6	11,4	5,6
¹⁵³ Gd	< 1,0	< 0,88	< 0,58

Comme par les années passées, le béryllium-7, le potassium-40 et le césium-137 ont été détectés dans les sédiments des trois stations. L'activité du béryllium-7 et du potassium-40 était plus élevée en amont qu'aux deux stations en aval de l'installation nucléaire de Gentilly-2 et celle du césium-137 était plus élevée à la station en amont qu'à la station C, située à environ 2 km en aval. Ces résultats suggèrent une faible relation entre la présence de l'installation nucléaire de Gentilly-2 et celle de ces trois radionucléides dans les sédiments dynamiques du fleuve. On mesure d'ailleurs du césium-137 dans les sédiments du fleuve à la hauteur de Varennes et de Lavaltrie, des municipalités situées à plusieurs kilomètres en amont de l'installation nucléaire de Gentilly-2 (Paré, 1996).

Le cobalt-60 n'a été détecté que dans les sédiments des stations B et C. Ce radionucléide peut être présent dans les effluents liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2. La faible activité de cobalt-60 mesurée à la station C, située à près de 2 km en aval de l'installation nucléaire de Gentilly-2, suggère que ce radionucléide est rapidement dispersé une fois rejeté au canal de rejet.

L'activité de tous les autres radionucléides analysés dans les sédiments des trois stations était inférieure au seuil de détection des appareils utilisés.

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 au cours du mois de juin 2015 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 16 Bq kg⁻¹ et de 14 Bq kg⁻¹ ont été mesurées dans les échantillons provenant respectivement des Fermes n^{os} 1 et 3. La concentration en tritium était inférieure à la limite de détection (2,8 Bq kg⁻¹) dans l'échantillon provenant de la Ferme n^o 2.

Le potassium-40, le béryllium-7 et le carbone-14 ont été mesurés dans le fourrage des trois fermes. Les valeurs maximales relevées ont été de 998 Bq kg⁻¹ pour le potassium-40 (Ferme n^o 1), de 180 Bq kg⁻¹ pour le béryllium-7 et de 251 Bq kg-C⁻¹ pour le carbone-14 (Ferme n^o 2). Quant au césium-137, les concentrations étaient toutes inférieures à la limite de détection, laquelle se situait entre 0,38 et 0,72 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

Le PSRE prévoit l'échantillonnage de plantes aquatiques à deux endroits dans le fleuve Saint-Laurent afin de vérifier la présence de radionucléides. 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 en septembre 2015 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 2015

Radionucléide	Unité	Activité	
		PA1	PA2
⁴⁰ K	Bq kg ⁻¹	925	634
⁶⁰ Co	Bq kg ⁻¹	< 0,63	2,4
⁹⁵ Nb	Bq kg ⁻¹	< 0,68	< 0,51
¹³⁷ Cs	Bq kg ⁻¹	2,3	1
¹³¹ I	Bq kg ⁻¹	5,1	2,2
¹⁴ C	Bq kg-C ⁻¹	229	4 639

Du potassium-40, du césium-137, de l'iode-131 et du carbone-14 ont été détectés dans les plantes aquatiques des deux stations alors que le cobalt-60 n'a été détecté qu'à la station PA2, à une concentration un peu plus élevée que la limite de détection. À l'exception du carbone-14 à la station PA2, les concentrations des radionucléides mesurées en 2015 étaient semblables à celles des années précédentes.

L'activité du potassium-40, du césium-137 et de l'iode-131 était un peu plus élevée à la station PA1, en amont des installations, qu'à la station PA2, en aval. Ces résultats suggèrent qu'il y a peu de relation entre la présence de ces radionucléides dans les plantes aquatiques et les rejets liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2. Le potassium-40 est naturellement présent dans le sol alors que l'iode-131, un produit de fission d'un réacteur CANDU, a une courte période radioactive. Considérant la date d'arrêt du réacteur, sa présence dans les plantes aquatiques serait plutôt liée à son utilisation à des fins médicales (Béland, 1995; Barbeau, 2009).

Le carbone-14, naturellement présent dans les biotes à des concentrations de l'ordre de 220 Bq kg-C⁻¹ (Eisenbud et Gesell, 1997), a été mesuré à une concentration de 4 639 Bq kg-C⁻¹ à la station PA2. Cette constatation est conséquente des hausses de concentrations de carbone-14 mesurées aux effluents radioactifs liquides au cours des deux dernières années.

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 en mai 2015 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 2015

Radionucléide	Unité	Activité	
		Coquille	Chair
⁴⁰ K	Bq kg ⁻¹	6,4	12
⁶⁰ Co	Bq kg ⁻¹	< 0,11	0,40
⁹⁵ Nb	Bq kg ⁻¹	< 0,11	< 0,18
¹³⁷ Cs	Bq kg ⁻¹	< 0,10	< 0,17
¹³¹ I	Bq kg ⁻¹	< 0,11	< 0,26
¹⁴ C	Bq kg-C ⁻¹	380	398

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

Les radionucléides mesurés en 2015 dans les mollusques sont ceux fréquemment rencontrés année après année, et ce, à des niveaux d'activité comparables. Le cobalt-60 mesuré dans les tissus des mollusques est directement liés aux rejets radioactifs liquides de l'installation nucléaire de Gentilly-2 alors que le potassium-40 serait plutôt d'origine naturelle.

8.5.4 Poissons

Le PSRE prévoit dorénavant la réalisation de pêches au filet trois fois par année dans le canal de rejet de l'installation de Gentilly-2, soit au printemps, à l'été et à l'automne. 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 a été 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 2015 ainsi que les valeurs des radionucléides généralement détectés dans les poissons.

Tableau 8-5 : Espèces de poissons pêchés dans le canal de rejet de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en 2015 et valeur des radionucléides généralement détectés

Mois	Nom commun	Nom scientifique	Nombre capturé	Radionucléide		
				⁴⁰ K	³ H	¹⁴ C
				(Bq kg ⁻¹)		(Bq kg-C ⁻¹)
Mai	Baret	<i>Morone americana</i>	11	89	1 284	261
	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	2	119	1 435	327
	Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	1	110	3 533	925
	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	4	128	1 558	456
Août	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	2	152	< 3,8	371
Octobre	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	1	133	27	3 574
	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	8	117	10	1 906

Dans tous les cas, l'activité du potassium-40 et du carbone-14 a été supérieure à la limite de détection, la moyenne (écart-type) de toutes les valeurs étant respectivement de 121 Bq kg⁻¹ (20 Bq kg⁻¹) et de 1 117 Bq kg-C⁻¹ (1 228 Bq kg-C⁻¹). Le tritium a été détecté dans tous les poissons excepté dans les deux barbues de rivière capturées en août (LD : 3,8 Bq kg⁻¹). La moyenne (écart-type) de l'activité en tritium de tous les autres poissons est de 1 307 Bq kg⁻¹ (1 293 Bq kg⁻¹).

Le césium-137 n'a été détecté que dans l'échantillon composite formé des tissus des deux barbues de rivière (0,31 Bq kg⁻¹) et dans celui formé des tissus des quatre grands brochets (0,026 Bq kg⁻¹) capturés en mai.

8.6 Produits comestibles

Le PSRE prévoit l'analyse de différents produits de consommation humaine. Ces produits comestibles locaux sont sélectionnés selon leur disponibilité respective auprès des habitants des municipalités limitrophes aux installations de Gentilly-2. À l'instar de l'année précédente, ils comprennent des légumes (Bécancour), des fruits (Sainte-Gertrude, au sud-ouest des installations de Gentilly-2), de l'eau d'érable et du sirop d'érable (Bécancour) ainsi que du lait de vache frais. Jusqu'en octobre 2015, le lait de vache provenait des Fermes n^{os} 1, 2 et 3 (carte A-4 de l'annexe A) alors qu'il provenait seulement des Fermes n^{os} 2 et 3 les deux derniers mois de l'année 2015, la Ferme n^o 1 ayant cessé sa production laitière en novembre.

L'analyse radiologique du lait de vache est un volet important du PSRE de Gentilly-2. Pour le tritium, l'analyse se fait sur un échantillon composite mensuel d'une seule et même ferme. En ce qui concerne les émetteurs gamma, l'analyse se fait sur un échantillon composite en provenance de toutes les fermes, préparé mensuellement.

En 2015, un seul des 36 échantillons composites de lait analysés a présenté une concentration en tritium supérieure à la LD ($< 12 \text{ Bq L}^{-1}$), soit un échantillon provenant de la Ferme n° 1, lequel avait une concentration en tritium de 18 Bq L^{-1} . En ce qui concerne les émetteurs gamma, aucune mesure n'a été supérieure aux LD autant pour l'iode-131 que pour les Cs-137. Le potassium-40, quant à lui, a été mesuré dans tous les échantillons de lait, avec une valeur maximale de $1\,971 \pm 30 \text{ Bq L}^{-1}$.

En 2015, aucune concentration de tritium ou de cobalt-60 n'a été détectée dans les fruits (pommes) ou légumes (carottes, choux et tomates) récoltés. Ainsi, tous les spécimens constituant le poids minimal nécessaire à l'échantillon (environ une vingtaine de kilogrammes) avaient des teneurs en tritium inférieures à 6 Bq kg^{-1} ou des teneurs en cobalt-60 inférieures à $0,58 \text{ Bq kg}^{-1}$, soit les LD des méthodes.

Certains radionucléides ont été détectés, mais ne sont pas associés aux rejets de l'installation nucléaire de Gentilly-2, soit du béryllium-7 dans les choux (concentration maximale de $6,8 \pm 0,9 \text{ Bq kg}^{-1}$), dans les pommes (concentration maximale de $10,4 \pm 0,8 \text{ Bq kg}^{-1}$) et dans les tomates (concentration maximale de $4 \pm 1 \text{ Bq kg}^{-1}$), du césium-137 dans les tomates (maximum $2,0 \pm 0,1 \text{ Bq kg}^{-1}$) et du potassium-40. Ce dernier a été mesuré dans tous les échantillons analysés, sa concentration variant de 262 à $1\,940 \pm 57 \text{ Bq kg}^{-1}$. Ces trois radionucléides, souvent présents dans l'environnement, ont régulièrement été mesurés dans les années passées à des teneurs comparables à celles de 2015.

Des analyses de tritium dans l'eau d'érable et d'émetteurs gamma dans le sirop d'érable, tous deux récoltés le 15 avril 2015, ont été réalisées. Dans l'eau d'érable, la teneur en tritium était de $7 \pm 3 \text{ Bq L}^{-1}$. Dans le sirop d'érable, la teneur en césium-137 et en potassium-40 était respectivement de $4,0 \pm 0,1 \text{ Bq kg}^{-1}$ et $94 \pm 3 \text{ Bq kg}^{-1}$. Ces valeurs sont semblables à celles mesurées les années précédentes.

8.7 Données météorologiques

La figure 8-38 résume l'ensemble des relevés d'origine et de vitesse des vents au site des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015, 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 8-39 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 8-38 et 8-39 se trouvent à une hauteur de 37 mètres, 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 2015 (figure 8-38) et celle recensant plutôt toutes les données pour la période 2011-2015 (figure 8-39) présentent des patrons de vent quasi identiques. Les vents calmes de vitesse inférieure à 2 km h^{-1} , sans égard aux cadrans d'origine, ont par contre été légèrement moins soutenus au cours de

l'année 2015, en comparaison de l'occurrence moyenne des cinq dernières années. Par ailleurs, en comparaison de l'année précédente, les vents d'origine nord-est ont été moindres en 2015, tandis que ceux d'origine sud-ouest y ont été plus présents.

Les occurrences liées aux quelques cadrans d'origines de vents aptes à disperser les émissions atmosphériques de l'installation nucléaire de Gentilly-2 en direction du lieu de résidence des membres représentatifs de la population ont été plus élevées en 2015 que l'année précédente. De surcroît, la proportion des vents forts ($> 15 \text{ km h}^{-1}$) de ces mêmes origines de vents a aussi été plus élevée en 2015 qu'en 2014.

En 2015, la disponibilité des données représentées à la rose annuelle d'origine des vents semble continue. D'une part, la girouette instrumentée à la hauteur de 37 mètres n'a pas été gênée par une accumulation de verglas en aucun moment. D'autre part, aucun bris ni entretien de longue durée n'est survenu tout au cours de l'année.

L'analyse des deux roses d'origine des vents, annuelle pour 2015 et récapitulative de la période 2011-2015, confirme à nouveau le statut de vents dominants à ceux soufflant dans l'axe sud-ouest et nord-est. Les vents de ces deux origines suivent de près le couloir calqué sur l'axe d'écoulement d'air dans la vallée du Saint-Laurent.

Figure 8-38 : Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour l'année 2015

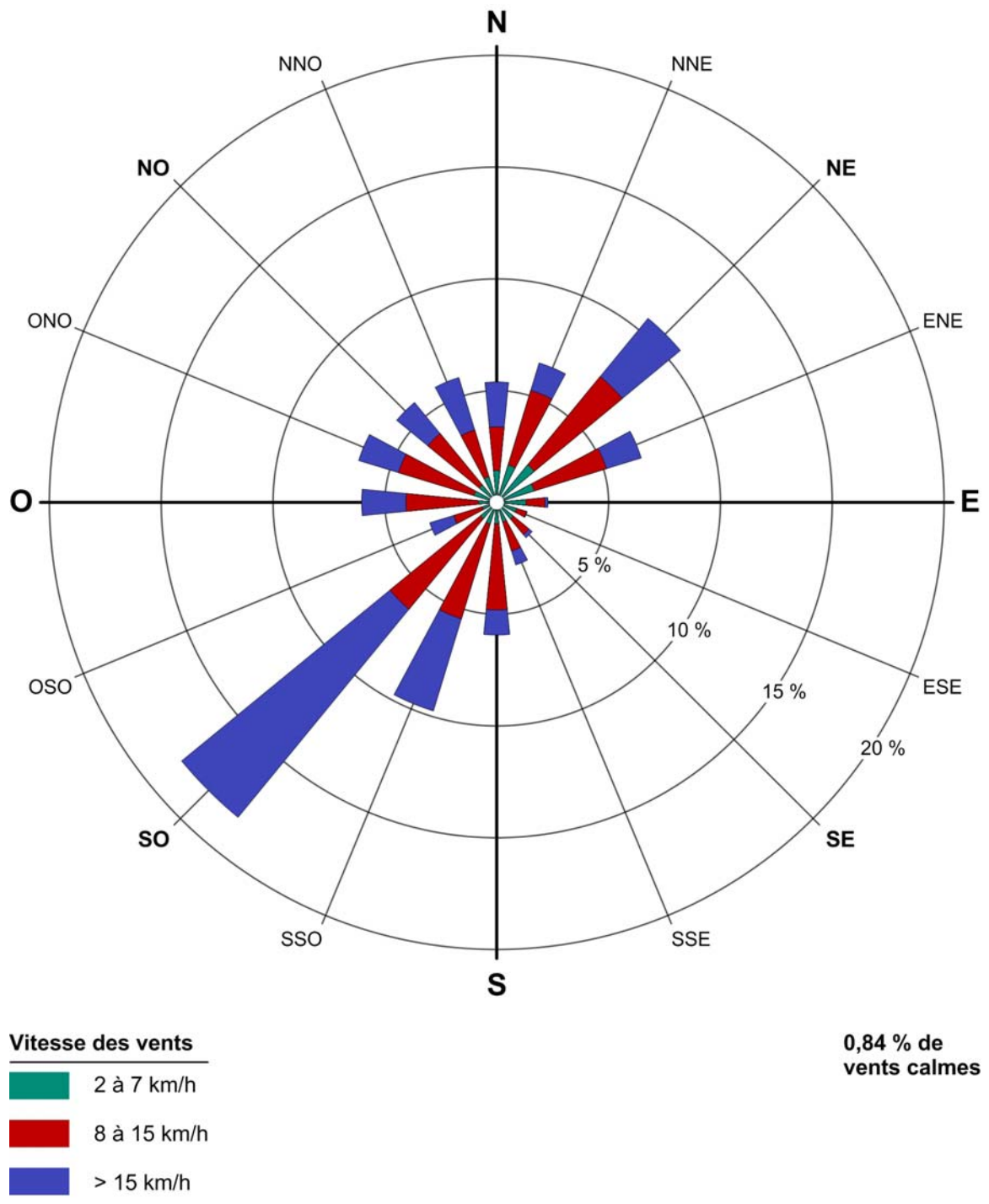
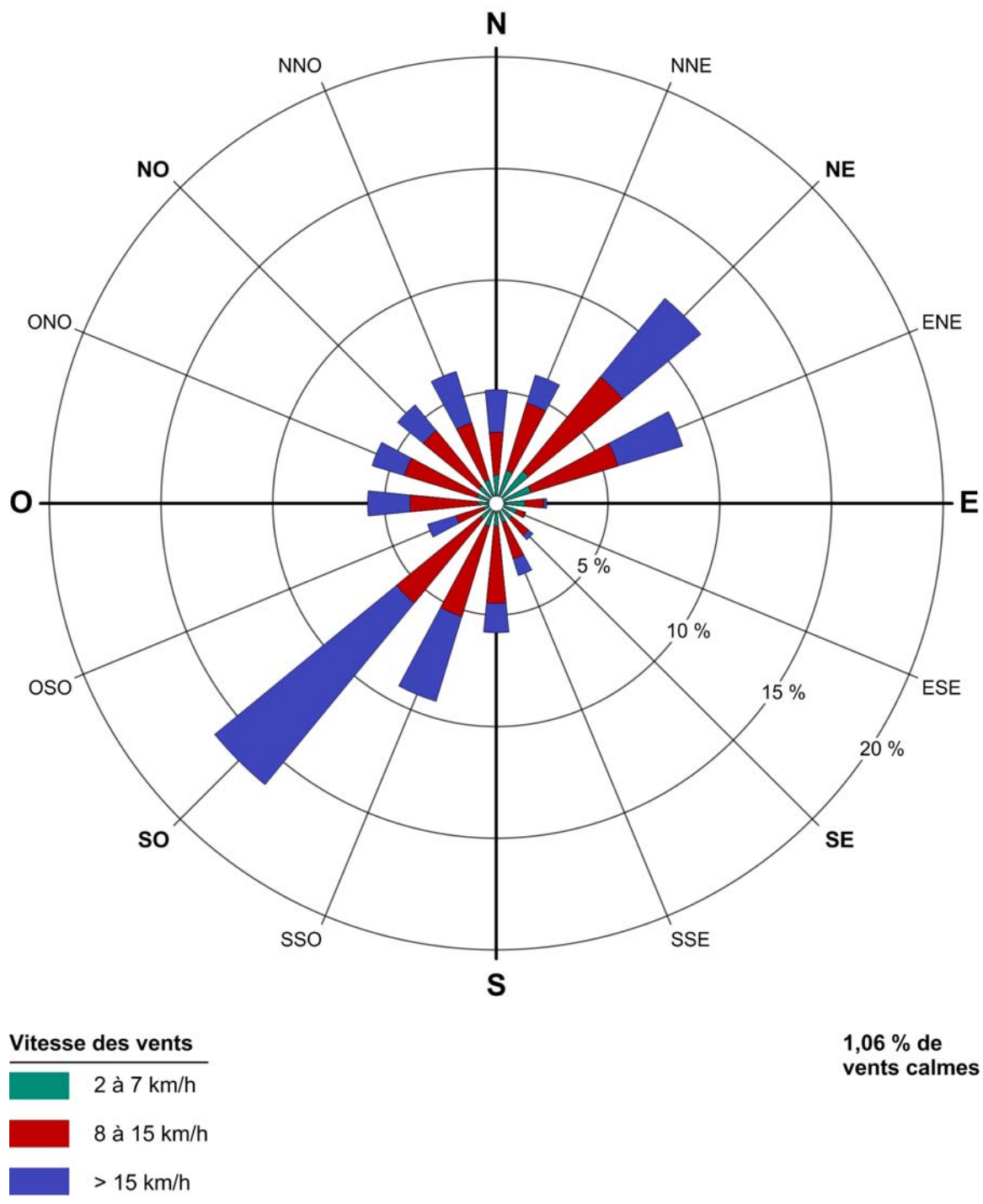


Figure 8-39 : Rose de l'origine des vents au site des installations de Gentilly-2 pour la période 2011-2015



8.8 Facteurs de dispersion atmosphérique

Dans le but de valider les scénarios de dispersion atmosphérique en regard de l'atteinte potentielle de la population par 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}).

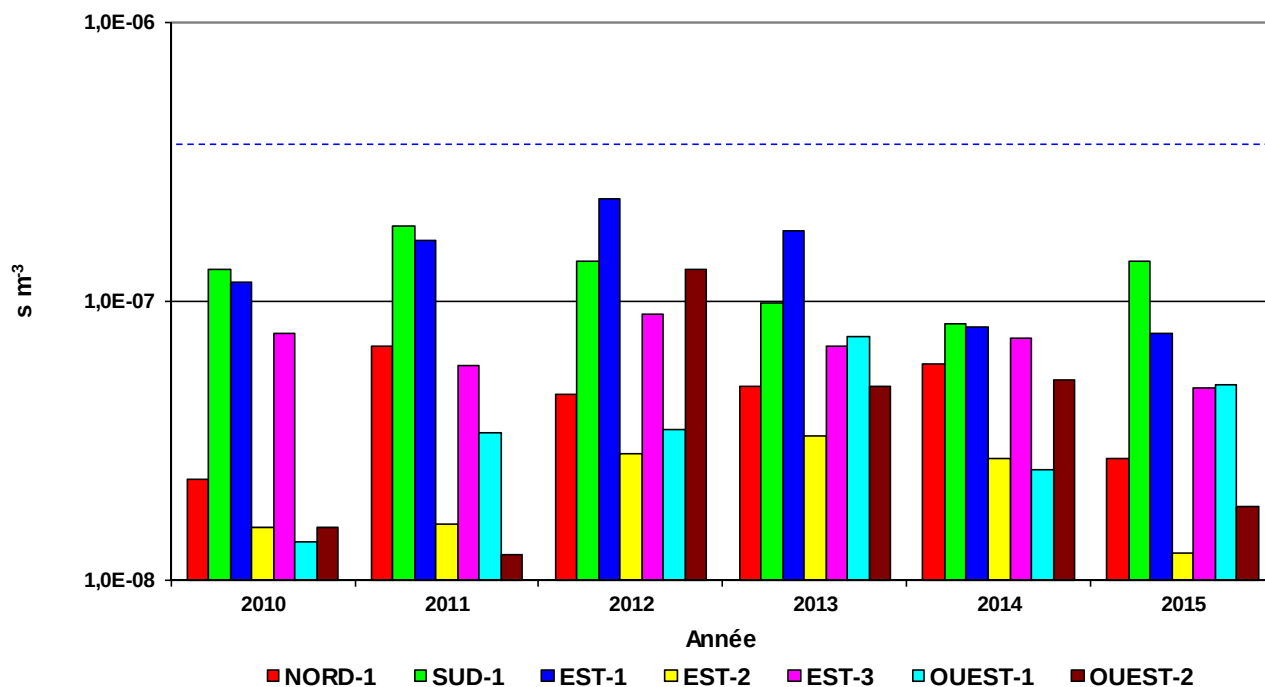
La figure 8-40 présente, pour les années 2010 à 2015, les différents coefficients de dispersion estimés pour chacune des sept SCR situées dans un rayon variant de 2 à 15 km des installations de Gentilly-2, rayon mesuré à partir de la cheminée principale (carte A-4 de l'annexe A). Les coefficients de 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 2015, la valeur du coefficient de dispersion la plus élevée est celle du point SUD-1, à $1,40 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$. Il s'agit là de la même SCR dont sont issues plusieurs données qui sont ensuite intégrées aux différentes voies d'exposition des membres représentatifs de la population, anciennement le groupe critique.

Ce groupement spécifique est d'ailleurs celui qui sert de référence pour l'estimation de la dose annuelle à la population, conséquente de l'exploitation des installations de Gentilly-2. Il est notamment considéré comme étant la fraction de la population la plus exposée aux différents rejets de Gentilly-2. Les individus de ce groupement résident réellement à la Ferme n° 1, située au point SUD-1 (carte A-4 de l'annexe A).

Bien qu'en 2015 le facteur de dispersion obtenu à ce point ait été de $1,40 \times 10^{-7} \text{ s m}^{-3}$, 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, 2011b). 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 8-40. 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 8-40. Elle indique distinctement le coefficient de dispersion intégré aux calculs des LOD, en comparaison des facteurs de dispersion historiquement mesurés.

Figure 8-40 : Facteurs moyens de dispersion du tritium atmosphérique des relâches des installations de Gentilly-2 pour la période 2010-2015



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

Tel qu'introduit précédemment, la dose de rayonnements induite aux membres représentatifs de la population (anciennement le groupe critique) résulte des activités d'exploitation des installations de Gentilly-2 et de leurs émissions radioactives. En 2015, 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 août 2015, et intégrant notamment les nouveaux coefficients de conversion de doses stipulés à la plus récente révision de la norme ACNOR N288.1-14. Cette modélisation de la dispersion environnementale de l'ensemble des émissions radioactives intègre donc toutes les nouvelles informations liées aux modes d'exposition humaine, aux habitudes de consommation, aux vecteurs de dispersion, aux données météorologiques réellement mesurées aux installations de Gentilly-2, aux modèles d'écoulement hydraulique ainsi que tous les nouveaux 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 aux autres 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 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. Sa localisation géographique demeure toujours celle de la ferme exploitée au point SUD-1 (carte A-4 de l'annexe A) et ses habitudes de consommation sont toujours celles d'une agriculture de subsistance.

À ce chapitre, un changement important est cependant survenu en novembre 2015. Les propriétaires de l'entreprise agricole en question (Ferme n° 1) ont abandonné la production laitière et procédé à une vente aux enchères de tout le bétail de la ferme. Cette décision amène évidemment des répercussions au niveau du PSRE, mais également au niveau des différents vecteurs d'exposition possibles des membres représentatifs, pour la consommation de lait frais produit sur la ferme et pour tout ce qui a trait au bétail.

Conformément à une des conditions spécifiques liées à l'actuel permis d'exploitation d'un réacteur nucléaire de puissance (PERP 10.03/2016), Hydro-Québec a donc procédé par la suite à l'examen des valeurs de LOD. Considérant ce changement, ainsi que d'autres

intégrés à une révision de la norme CSA applicable, Hydro-Québec a convenu de réviser toutes les valeurs de LOD au cours du premier semestre de l'année 2016. Il est finalement à noter que l'estimation de dose annuelle de rayonnements aux membres représentatifs de la population a été faite, en 2015, sans égard aux modifications survenues à la Ferme n° 1.

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 dorénavant toutes les fractions de dose, mêmes minimales, liées à l'exposition à tous les radionucléides susceptible d'être émis dans l'environnement lors de l'exploitation des installations de Gentilly-2.

En comparaison, l'ancienne méthode dite « rétrospective » ne considérait que les deux radionucléides prépondérants, soit le tritium et le carbone-14. Toutefois, la modélisation par progiciel considère toujours ces deux derniers radionucléides comme étant ceux contribuant le plus à la dose de rayonnements à la population.

En 2015, la valeur maximale de la dose annuelle associée aux membres représentatifs de la population, découlant de l'exploitation des installations de Gentilly-2, est estimée à 1 μ Sv. Hydro-Québec confirme qu'elle a été rendue par la paramétrisation du modèle IMPACT 5.5.1, pour le groupe récepteur de la Ferme n° 1. Elle est par ailleurs associée à l'exposition d'un enfant de 10 ans d'âge. La contribution de chaque radionucléide, par voie d'exposition, est présentée au tableau 9-1.

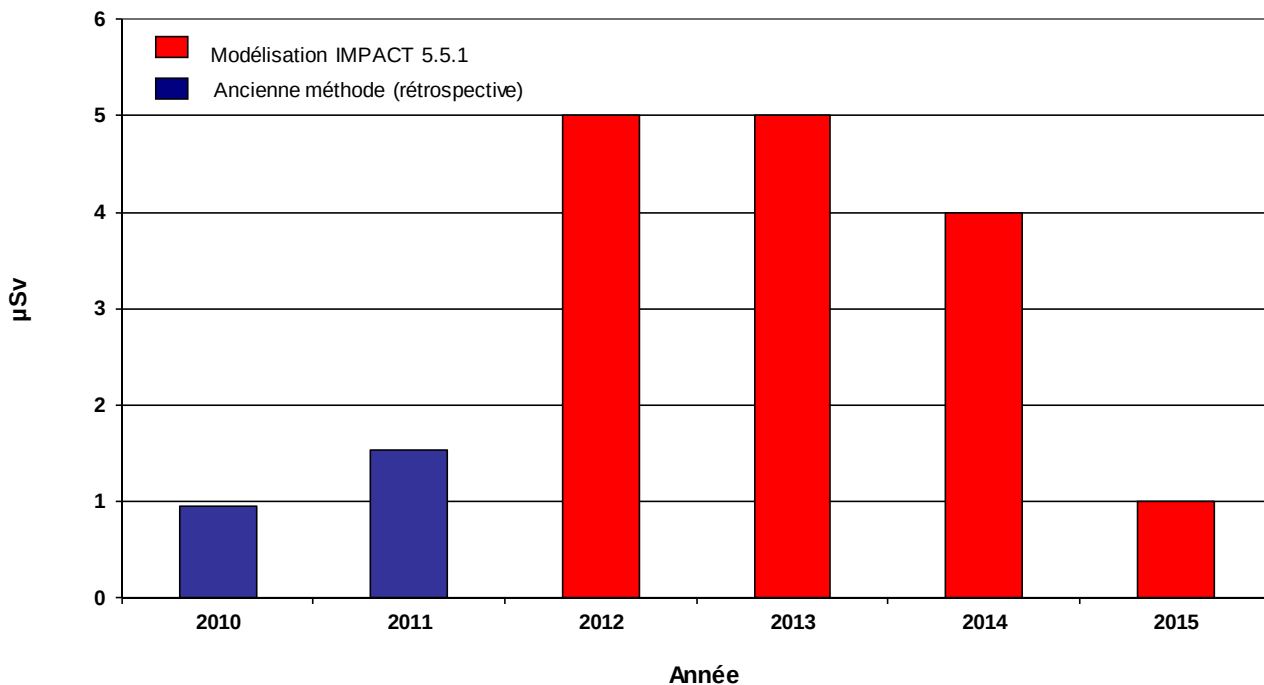
Tableau 9-1 : Dose annuelle de rayonnements aux membres représentatifs de la Ferme n° 1 (modèle IMPACT 5.5.1)

Individu	Voie d'exposition	Dose modélisée (Sv a ⁻¹)					Dose totale ^a (μSv a ⁻¹)
		HTO	¹⁴ C	Gaz rares	¹³¹ I	⁶⁰ Co	
Adulte	Immersion – air	0,00E+00	1,89E-13	0,00E+00	0,00E+00	4,60E-15	6,68E-01
	Inhalation	1,59E-07	2,32E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,71E-13	
	Dépôt – sol	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,40E-11	
	Ingestion - animaux terrestres	7,83E-08	2,11E-07	0,00E+00	0,00E+00	1,12E-12	
	Ingestion - plantes terrestres	1,73E-07	4,62E-08	0,00E+00	0,00E+00	9,38E-13	
	Ingestion - animaux aquatiques	1,11E-12	4,90E-10	0,00E+00	0,00E+00	8,74E-12	
	Total	4,10E-07	2,58E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,49E-11	
Enfant 10 ans	Immersion – air	0,00E+00	1,89E-13	0,00E+00	0,00E+00	4,60E-15	8,36E-01
	Inhalation	1,85E-07	3,25E-10	0,00E+00	0,00E+00	2,40E-13	
	Dépôt – sol	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,40E-11	
	Ingestion - animaux terrestres	1,43E-07	3,04E-07	0,00E+00	0,00E+00	5,52E-12	
	Ingestion - plantes terrestres	1,57E-07	4,59E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-12	
	Ingestion - animaux aquatiques	1,45E-12	7,03E-10	0,00E+00	0,00E+00	7,04E-12	
	Total	4,85E-07	3,51E-07	0,00E+00	0,00E+00	7,87E-11	
Enfant 1 an	Immersion – air	0,00E+00	1,89E-13	0,00E+00	0,00E+00	5,98E-15	4,33E-01
	Inhalation	1,38E-07	2,39E-10	0,00E+00	0,00E+00	1,90E-13	
	Dépôt – sol	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,32E-11	
	Ingestion - animaux terrestres	3,51E-08	9,64E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-12	
	Ingestion - plantes terrestres	1,30E-07	3,32E-08	0,00E+00	0,00E+00	1,75E-12	
	Ingestion - animaux aquatiques	1,25E-12	5,71E-10	0,00E+00	0,00E+00	3,47E-12	
	Total	3,03E-07	1,30E-07	0,00E+00	0,00E+00	9,05E-11	
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

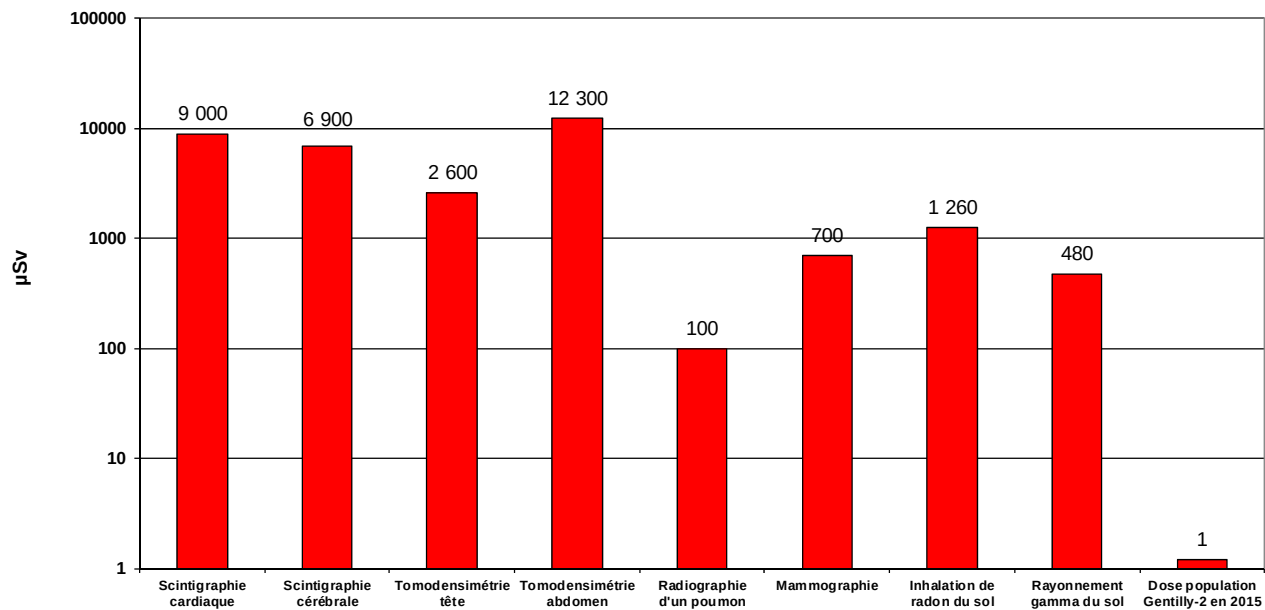
Les doses estimées par l'utilisation du progiciel IMPACT 5.5.1 sont généralement supérieures aux doses estimées par l'ancienne méthode « rétrospective » puisqu'elles considèrent l'apport dosimétrique de tous les radionucléides émis à l'environnement. La figure 9-1 présente l'historique des doses annuelles de rayonnements estimées pour la période 2010 à 2015.

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 2010-2015



La dose annuelle de rayonnement à la population pour l'année 2015 ne correspond qu'à un dixième de 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 1,8 mSv (CCSN, 2014b). La figure 9-2 met en perspective la dose annuelle liée à l'exploitation des installations de Gentilly-2 en 2015 par rapport à d'autres doses typiquement reçues lors d'examens ou de traitements médicaux, ou encore aux doses découlant d'une exposition à la radioactivité naturellement présente (Plante, 2010).

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



10 Programme d'intercomparaison du laboratoire de Radioprotection de Trois-Rivières

Un exercice d'intercomparaison comprenant diverses matrices environnementales a été complété au cours de l'année 2015 par le laboratoire de Radioprotection d'Hydro-Québec, situé à Trois-Rivières.

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). Les conventions appliquées sont résumées à l'annexe C.

Cet exercice a été coordonné par le groupe *Environmental Resource Associates* (ERA) et est identifié MRAD-23 (ERA, 2015). 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, tous les résultats (40) soumis à l'ERA par le laboratoire de Radioprotection étaient compris dans les intervalles attendus.

11 Conclusion

L'atteinte de l'état de stockage sûr des installations de Gentilly-2, survenue en décembre 2014, a notamment permis l'adaptation des deux programmes de surveillance de l'environnement. Ces programmes encadrent les quelques activités d'exploitation qui demeurent à l'installation nucléaire de même que celles des installations de stockage de déchets radioactifs solides et du combustible irradié. La majorité des changements à ces deux programmes a pu être appliquée en début d'année 2015.

À l'instar des années précédentes, des résultats d'analyses physico-chimiques issus de l'application du programme de surveillance de l'environnement en 2015 montrent des dépassements de normes ou de cibles. La concentration de matières en suspension prélevées au principal point d'évacuation du ruissellement des eaux de fonte provenant du lieu d'élimination de neige a dépassé le critère applicable en quelques occasions. Également, les prélèvements d'eaux souterraines ont suscité quelques autres dépassements de critères issus de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Cette situation est récurrente et a été abordée dans le présent rapport. La nature spécifique du socle rocheux et des dépôts meubles entraînent la prise en charge de minéraux ensuite mesurés à des concentrations plus élevées que celles correspondant aux critères applicables. En 2015, aucun dépassement n'a été mesuré à l'installation de traitement des eaux usées sanitaires ni aux trois principaux réseaux de drainage des eaux de surface ciblés au programme de surveillance physico-chimique.

Au cours de l'année 2015, une portion de la boucle fermée d'eau de service recirculée a été définitivement vidangée à titre de rejet d'un grand volume d'eau chimiquement conditionnée, processus approuvé par les organismes réglementaires.

En ce qui a trait aux effluents radioactifs de l'installation nucléaire, seules deux situations ont dérogé aux tendances attendues en fonction d'un état de stockage sûr atteint. La première fut circonstancielle, voire même anticipée, alors que l'activité de tritium aux rejets gazeux a connu une hausse soudaine, en avril 2015. Les rejets les plus importants n'ont duré que quelques jours. Une surveillance environnementale particulière a par ailleurs été assumée tout au long des manœuvres de reconfiguration de la ventilation du bâtiment du réacteur, qui ont été la source de cette hausse.

La seconde situation implique une concentration élevée de carbone-14 aux effluents liquides. Cette situation est vraisemblablement due aux manœuvres liées aux deux réservoirs souterrains de stockage des résines de purification ionique usées. Le transfert de toutes les résines aux enceintes de stockage des résines usées de l'IGDRS n'ayant pas été complété, un volume résiduel de résines usées est toujours présent au fond desdits réservoirs. Cette situation est aussi suivie de façon spécifique et des

démarches ont été amorcées dans le but d'en réduire les impacts sur l'activité radiologique aux rejets liquides.

En 2015, la modulation des paramètres d'entrée visant l'estimation de dose de rayonnement annuelle à la population, induite par les activités aux installations de Gentilly-2, a été faite par l'entremise du progiciel IMPACT 5.5.1. Cette version intègre toutes les nouvelles modalités d'exposition figurant à la révision 2014 de la norme CSA N288.1. En 2015, la dose annuelle de rayonnements reçue par les membres représentatifs de la population a été estimée à 1 μSv . Elle correspond à un dixième de pourcent de la dose maximale admissible pour un membre de la population, fixée par la CCSN à 1 000 μSv . Elle est négligeable comparativement à la dose annuelle moyenne provenant d'expositions à des sources naturelles au Canada, évaluée à 1 800 μSv (CCSN, 2014b) ou à d'autres sources d'expositions, notamment celles liées aux examens ou traitements médicaux.

L'analyse de toutes les valeurs issues des prélèvements prévus aux deux programmes de surveillance de l'environnement de Gentilly-2 révèlent encore en 2015 que l'impact des activités d'exploitation des installations de Gentilly-2 sur l'environnement et sur la population avoisinante est négligeable, voire imperceptible.

Ces conclusions sont notamment corroborées par la CCSN qui, par l'entremise de son *Programme indépendant de surveillance environnementale* (PISE), a affirmé au 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 ». En 2015, le PISE de la CCSN a impliqué le prélèvement et l'analyse radiologique de plusieurs matrices environnementales, par des spécialistes qualifiés au laboratoire de pointe de la CCSN. La CCSN conclut également 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.

Finalement, tout au cours de l'année 2015, aucune valeur de limite opérationnelle dérivée n'a été atteinte et aucun seuil d'intervention figurant au manuel de conditions de permis de la CCSN n'a été outrepassé. 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, en conformité des 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.

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, FRANÇOIS. 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). 2014a. *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 le 25 avril 2014.

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE. 2014b. *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.

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (CCSN). Mars 2016. *Un nouveau permis. Hydro-Québec. Installation nucléaire et installations de déchets radioactifs de Gentilly-2*. Mémoire soumis par le personnel de la CCSN dans le cadre de l'audience publique de la CCSN prévue le 5 mai 2016. CMD 16-H4. E-Doc 4950011 (PDF). Signé le 4 mars 2016. 293 p.

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

ENVIRONMENTAL RESOURCE ASSOCIATES (ERA). 2015. *MRAD-23 2009 TNI Final Complete Report*. Report Issued Date 2015-11-24.

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

MCDUGALL, N. 2007. *Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 2006*. Bruce Power, rapport B-REP-03419-00007.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (MDDELCC). 2014. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. En ligne : <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/index.htm>. Consulté le 5 février 2014.

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. En ligne : http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/eaux_soutC3.pdf. Consulté le 6 mars 2014.

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). 1985. *Carbon-14 in the Environment*. NCRP Report No 81.

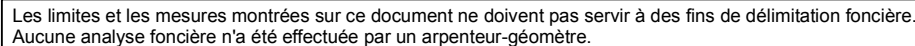
PARÉ, S. 1996. *La radioactivité à l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Caractérisation, modélisation et bilans*. Thèse de doctorat. Université Laval, Département de chimie. 163 p.

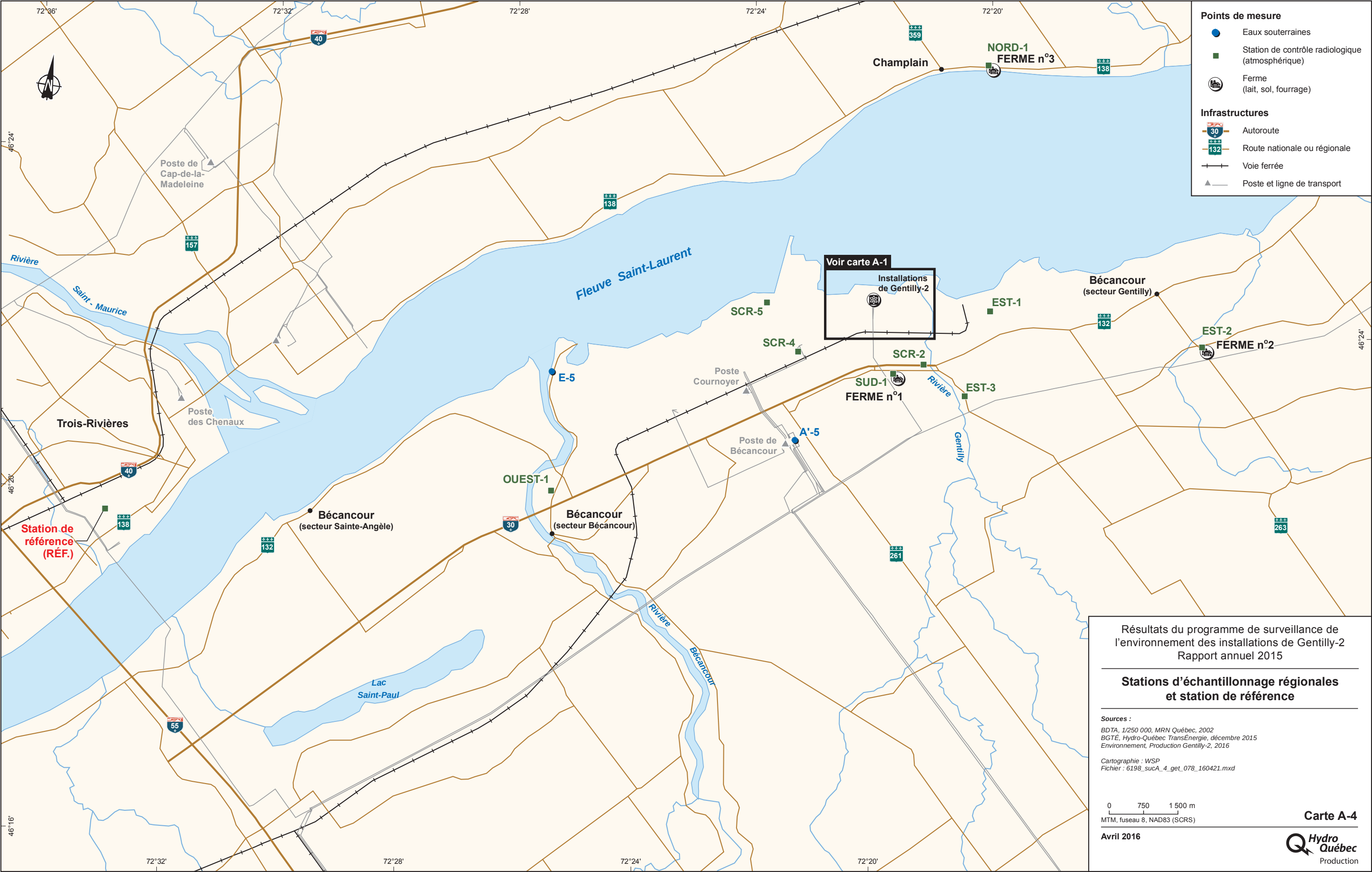
PLANTE, M. 2010. *Prescrire un examen de radiologie diagnostique, un geste banal?* Le médecin du Québec, volume 45, numéro 4, avril 2010.

A Cartes et schéma

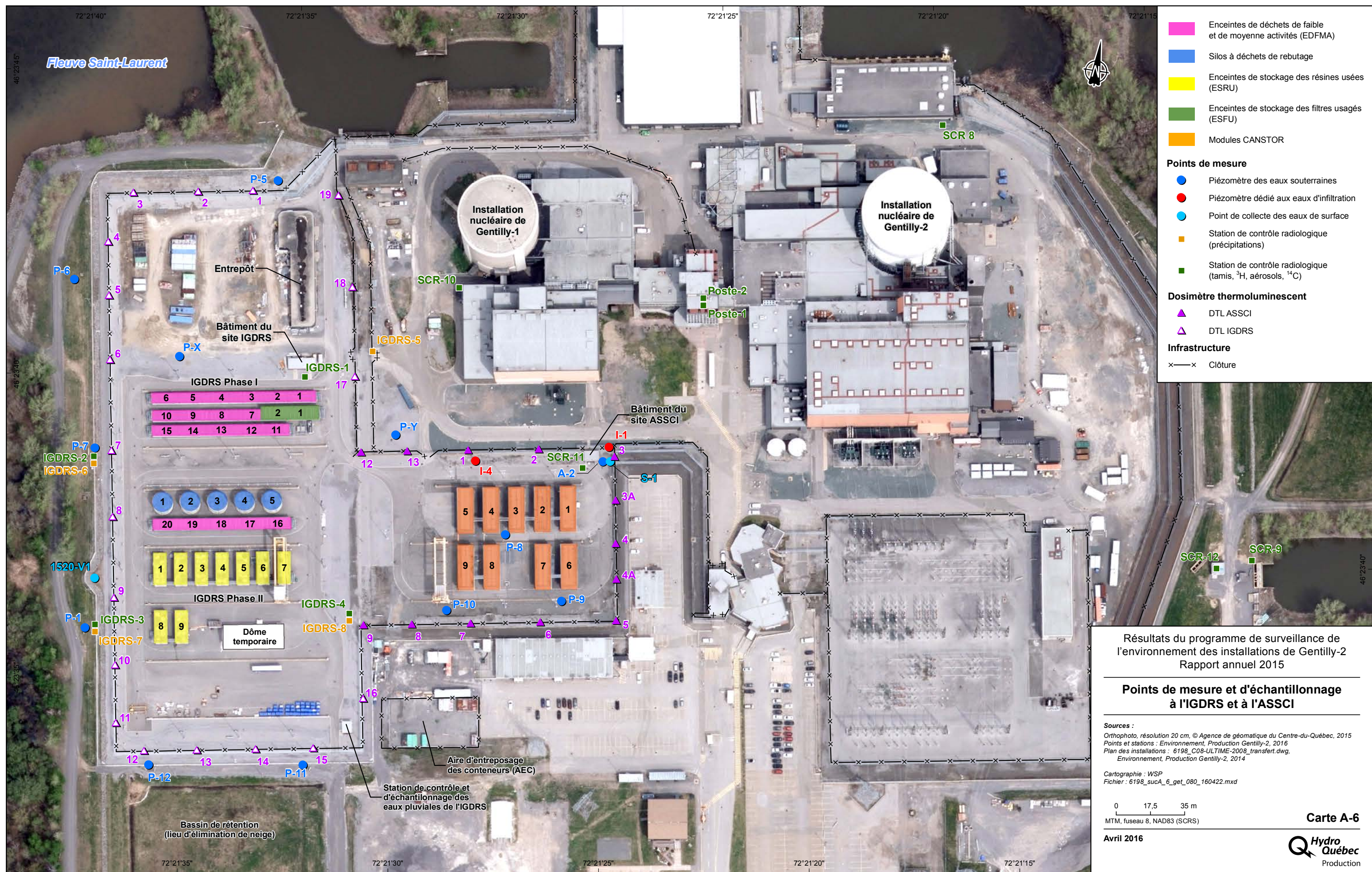
- Points de mesures et d'échantillonnage dans un rayon de 1 km
- Schéma du drainage pluvial et de surface au site des installations de Gentilly-2
- Points d'échantillonnage du suivi des eaux souterraines, de l'IGDRS, de l'ASDR et du lieu d'élimination de neige
- Stations d'échantillonnage régionales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











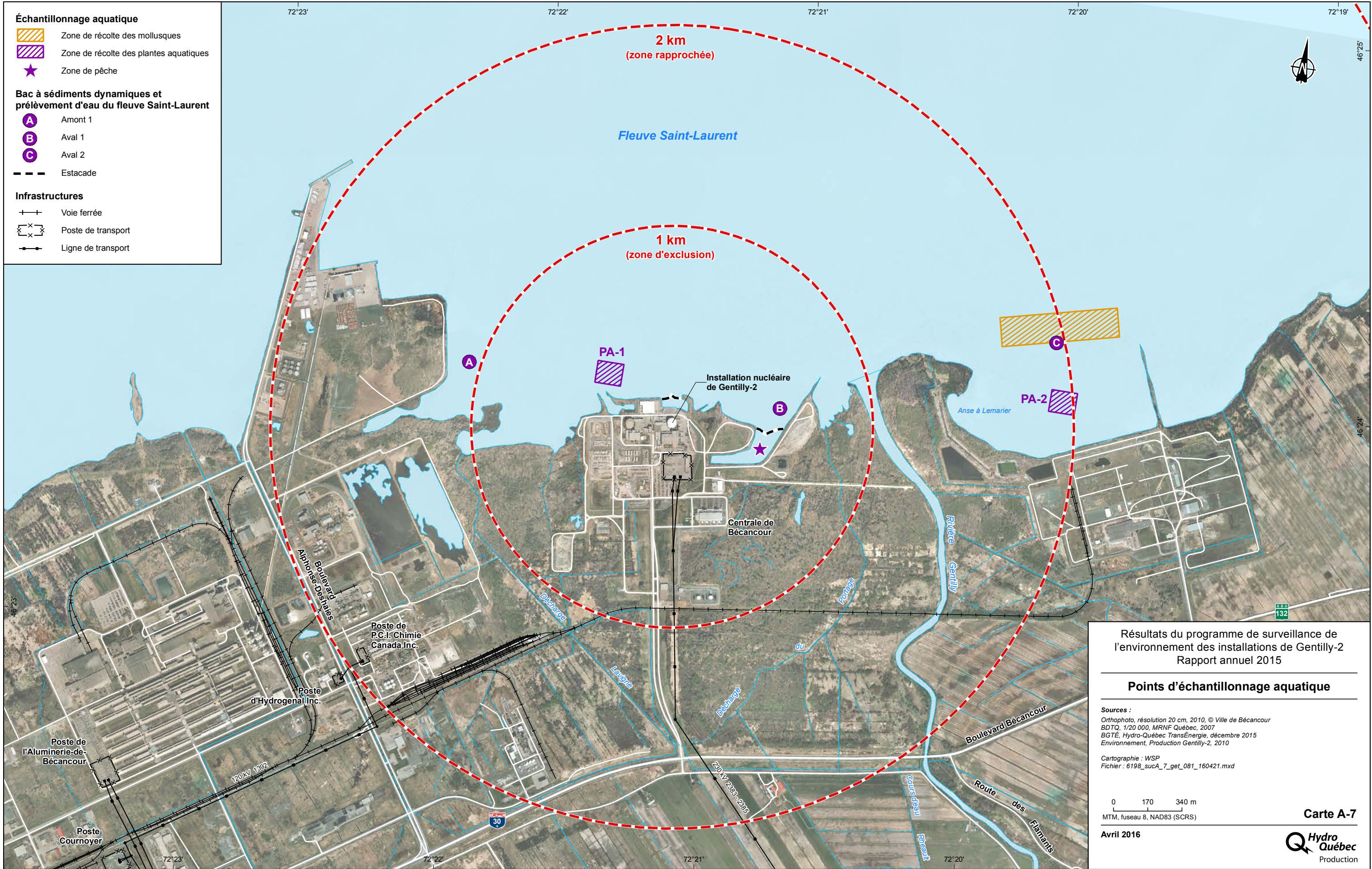
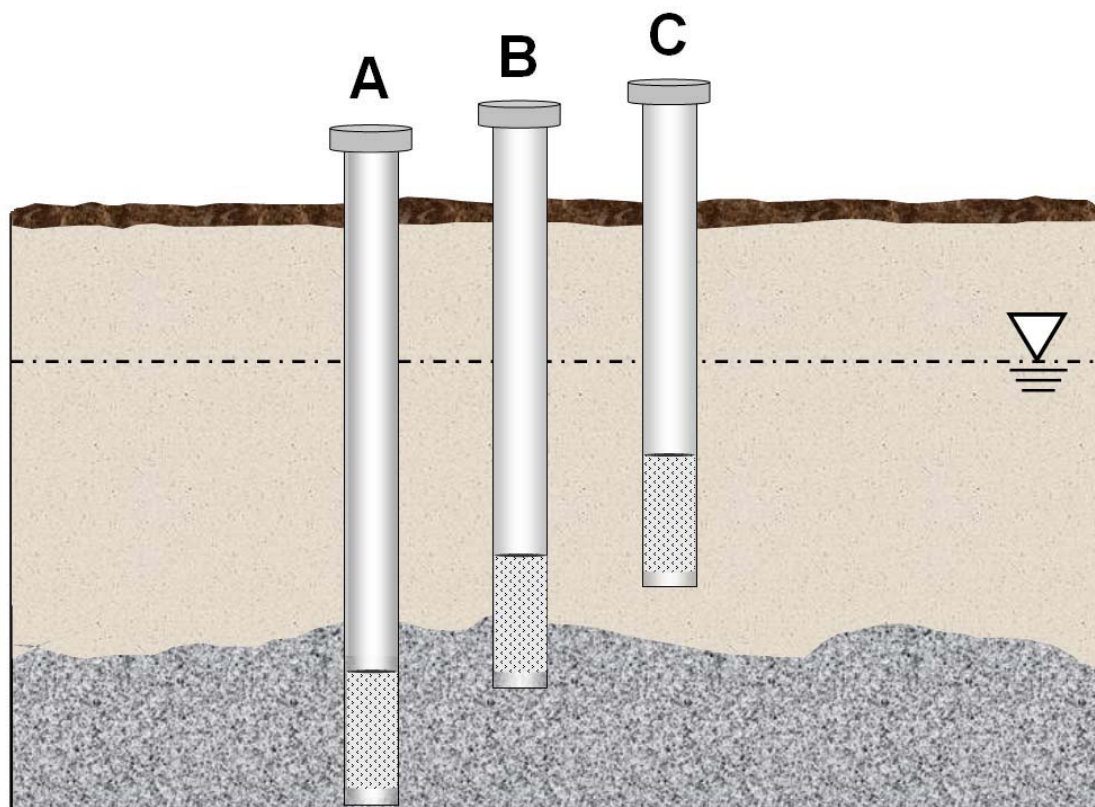


Figure A-1 : Schéma type d'un aménagement piézométrique



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 2015
- B-2 Plan de surveillance radiologique de l'environnement (PSRE) de Gentilly-2 pour l'année 2015
- B-3 Modalités d'échantillonnage et d'analyses

Tableau B-1A : Programme de surveillance environnementale de l'année 2015 - 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	
		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 environnementale de l'année 2015 – 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 des neiges 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 environnementale de l'année 2015 – 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 environnementale de l'année 2015 – 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 (piézométrique)	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 environnementale de l'année 2015 – 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 des neiges (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 des neiges (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 2015

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 2015 (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 2015 (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 (CaF ₂ [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 total 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. D'autres points de récolte d'eau de surface ainsi que l'eau du fleuve Saint-Laurent sont prélevées en surface à l'aide d'une bouteille. 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 analysé 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 2015 (filtres d'air, échantillons de sol, de végétaux et aqueux)

Tableau D-1A : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2015 : intercomparaison ERA, filtres d'air (MRAD-23)

Analyses	Activité par filtre (pCi filtre ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
α total	73,0	77,3	25,9 – 120	0,94
β total	43,0	41,3	26,1 – 60,2	1,04
²⁴¹ Am	38,0	36,8	22,7 – 49,8	1,03
⁶⁰ Co	543	521	403 – 651	1,04
¹³⁴ Cs	273	349	222 – 433	0,78
¹³⁷ Cs	654	613	461 – 805	1,07
⁵⁴ Mn	< 50,0	< 50,0	0,00 – 50,0	s. o.
²³⁸ U	50,0	42,7	27,6 – 59,0	1,17
⁶⁵ Zn	851	685	491 – 946	1,24
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1B : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2015 : intercomparaison ERA, échantillons de sol (MRAD-23)

Analyses	Activité (pCi kg ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
²²⁸ Ac	1 270	1 240	795 – 1 720	1,02
²⁴¹ Am	568	539	315 – 700	1,05
²¹² Bi	1 568	1 240	330 – 1 820	1,26
²¹⁴ Bi	2 243	2 660	1 600 – 3 830	0,84
¹³⁴ Cs	2 324	2 420	1 580 – 2 910	0,96
¹³⁷ Cs	5 784	5 120	3 920 – 6 590	1,13
⁴⁰ K	12 595	10 600	7 740 – 14 200	1,19
²¹² Pb	1 351	1 240	812 – 1 730	1,09
²¹⁴ Pb	2 297	2 800	1 630 – 4 180	0,82
⁶⁰ Co	4 459	3 900	2 640 – 5 370	1,14
⁵⁴ Mn	< 1 000	< 1 000	0,00 – 1 000	s. o.
²³⁸ U	3 568	3 330	2 060 – 4 220	1,07
⁶⁵ Zn	4 649	3 620	2 880 – 4 810	1,28
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1C : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2015 : intercomparaison ERA, échantillons de végétaux (MRAD-23)

Analyses	Activité (pCi kg ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
²⁴¹ Am	1 735	1 590	972 – 2 110	1,09
⁶⁰ Co	1 903	1 930	1 330 – 2 700	0,99
¹³⁴ Cs	695	748	481 – 972	0,93
¹³⁷ Cs	1 219	1 230	892 – 1 710	0,99
⁵⁴ Mn	< 300	< 300	0,00 - 300	s. o.
²³⁸ U	4 676	3 970	2 650 – 5 040	1,18
⁴⁰ K	32 973	31 000	22 400 – 43 500	1,06
⁶⁵ Zn	1 627	1 540	1 110 – 2 160	1,06
s. o. : Sans objet.				

Tableau D-1D : Résultats du programme d'assurance qualité pour 2015 : intercomparaison ERA, échantillons aqueux (MRAD-23)

Analyses	Activité (pCi L ⁻¹)			
	G-2	ERA	Limites acceptées	G-2/ERA
α total	83,0	136	48,3 – 211	0,61
β total	44,0	53,7	30,7 – 79,6	0,82
²⁴¹ Am	120	113	76,1 – 152	1,06
⁶⁰ Co	1 005	896	778 – 1 050	1,12
¹³⁴ Cs	727	759	557 – 872	0,96
¹³⁷ Cs	684	623	529 – 747	1,10
⁵⁴ Mn	< 100	< 100	0,00 - 100	s. o.
²³⁸ U	< 103	48,1	36,7 – 59,0	s. o.
⁶⁵ Zn	905	712	594 – 898	1,27
³ H	21 030	21 500	14 400 – 30 700	0,98
s. o. : Sans objet.				