

*Contrôle radiologique réalisé dans les
environs du site des laboratoires de
Chalk River*

Septembre 2011



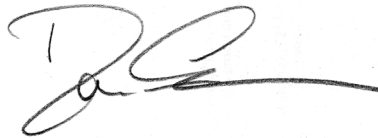
Laboratoire de
Radioécologie

Remerciements

Nous tenons à remercier les nombreux citoyens de chaque côté de la rivière des Outaouais, de Rapides-des-Joachims à Pembroke, pour leur aide dans le choix et l'obtention d'échantillons.

Leur aide dans la production de ce rapport est grandement appréciée.

Rapport préparé par



Dominic Larivière, Ph.D., professeur, chimiste



Serge Groleau, M. Sc., chimiste

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1-INTRODUCTION	1
2 –INFORMATION GÉNÉRALE.....	1
2.1 – Échantillonnage	1
2.2 – Traitement de l'échantillon	2
2.3 – Mesure de la radioactivité	2
2.4 – Assurance qualité	2
3-RESULTATS	5
3.1 – Radioactivité dans l'air	5
3.2 - Radioactivité dans l'eau	8
3.3 - Radioactivité dans le lait.....	10
3.4 - Radioactivité dans les poissons	12
3.5 - Radioactivité dans les végétaux.....	14
3.6 - Radioactivité dans les sédiments de rivière.....	19
4 – CONCLUSIONS	21
5 – RÉFÉRENCES	22
Figure 1. Stations d'échantillonnage.....	24
TABLEAUX	
Tableau 1. Échantillons de contrôle	4
Tableau 2. Échantillons d'air	7
Tableau 3. Échantillons d'eau	9
Tableau 4. Échantillons de lait	11
Tableau 5. Échantillons de poissons de la rivière des Outaouais	13
Tableau 6A. Échantillons de végétaux (Rapides-des-Joachims)	15
Tableau 6B. Échantillons de végétaux (Deep River)	16
Tableau 6C. Échantillons de végétaux (Chapeau)	17
Tableau 6D. Échantillons de végétaux (Pembroke)	18
Tableau 7. Échantillons de sédiments de la rivière des Outaouais.....	20

1-INTRODUCTION

En juin 2011, Énergie atomique du Canada limitée (EACL) donnait au Laboratoire de Radioécologie de l'Université Laval (LRUL) le mandat de procéder à un contrôle radiologique des environs du site des laboratoires de Chalk River (CRL). La portée et la nature de ce contrôle se devaient d'être similaires à celle des contrôles réalisés en 1999, 2000 et 2005 [1].

Le présent rapport renferme les détails concernant l'échantillonnage, le traitement des échantillons et les analyses radiologiques. Pour chaque type d'échantillon, les activités résultant d'une contribution de nature anthropique sont présentées et comparées aux valeurs tirées des contrôles effectués antérieurement par le LRUL, de rapports sur l'environnement publiés par des organismes de renom, ainsi que d'ouvrages scientifiques.

Le plan d'échantillonnage vise deux objectifs précis. Premièrement, recueillir des données de milieux environnementaux pour lesquels l'assimilation de la radioactivité environnante se produit sur une longue période. Les échantillons de poissons, de lait, de végétation et de sédiments de rivière prélevés lors du contrôle de 2011 représentent ce type de milieu et permettent d'évaluer la présence de contamination passée et récente. Deuxièmement, prélever des échantillons ponctuels d'eau et de particules aéroportées pour connaître les niveaux actuels de radioactivité. Ces deux types d'échantillonnages ont été effectués en aval et en amont du site de CRL afin d'évaluer la distribution des divers radionucléides.

Pour ce programme, l'emplacement des échantillonnages est calqué, dans la mesure du possible, sur ceux utilisés par le personnel de CRL pour leur programme interne de surveillance radiologique.

2 – INFORMATION GÉNÉRALE

2.1 - Échantillonnage

Tel que mentionné dans l'introduction, deux types de milieux environnementaux ont été choisis lors du développement du plan d'échantillonnage. Certains milieux, tel que l'eau et l'air, ont été choisis en fonction de leur capacité à contenir et à transporter les radionucléides. D'autres milieux ont été choisis parce qu'ils peuvent incorporer les radionucléides véhiculés dans l'eau et l'air. Cette

catégorie inclut les échantillons de lait, de poissons, de végétation et de sédiments de rivière. Tous les échantillons ont été recueillis entre le 4 et le 7 juillet 2011. Un système de positionnement global (GPS) ainsi que des cartes navales et routières ont été utilisés afin de situer l'emplacement précis de chacune des stations d'échantillonnage. L'emplacement des stations est indiqué à la figure 1.

2.2 - Traitement de l'échantillon

Le matériel échantillonné a été étiqueté sur place, isolé et conservé à température contrôlée, du moment du prélèvement jusqu'à celui du traitement en laboratoire. Tout le traitement des échantillons a été effectué dans un environnement à faible teneur en radioactivité environnementale et à l'aide de réactifs dont la teneur en radionucléides naturels est la plus faible possible.

2.3 – Mesure de la radioactivité

Les émetteurs gamma présents dans les divers échantillons ont été analysés à l'aide d'un détecteur au germanium de haute pureté (Ortec). Les échantillons ont été comptés sur ce détecteur en quantité suffisante et selon une géométrie appropriée pour le type d'échantillon et l'étalonnage de l'instrument. Des matériaux de référence ayant des matrices semblables à celles des échantillons recueillis ont servi à la calibration de l'instrumentation. L'identification des pics observés sur le spectre gamma s'est faite à l'aide d'une bibliothèque de référence répertoriant les spectres de plus de 100 radionucléides. Tous les pics observés sur les spectres des échantillons analysés ont été attribués et identifiés. Le calcul de la durée totale de comptage nécessaire pour l'obtention des valeurs de détections minimales pour la majorité des radionucléides tient compte des restrictions de temps associées à ce mandat et de la nécessité d'obtenir des valeurs minimales d'activité détectable très faibles pour la plupart des radionucléides. La durée totale moyenne de comptage par spectrométrie- γ est de 24 heures.

Les niveaux de tritium ont été mesurés à l'aide d'un compteur à scintillation liquide (Tri-Carb, Perkin-Elmer). Les échantillons ont été mélangés à un cocktail à scintillation (UltimaGold XR) dans des fioles de plastique. La calibration de l'instrumentation s'est faite à l'aide d'étalons de référence ayant des matrices identiques à celles des échantillons. Chaque échantillon a été compté pour une durée d'une heure.

Les seuils de détection présentés dans ce rapport sont similaires à ceux présentés dans le rapport de 2005 [1]. Ces seuils suffisent à préciser et à quantifier toute radioactivité provenant d'activités humaines.

2.4 – Assurance qualité

Conformément au programme interne d'assurance qualité du LRUL, des procédures d'échantillonnage uniformisées et des méthodes éprouvées de calibration, de normalisation et d'analyse des données ont été utilisées, et la chaîne de possession des échantillons a été documentée.

Pour le contrôle de la qualité des résultats, les instruments ayant servi à déterminer le rendement de comptage des diverses géométries utilisées lors du présent mandat ont fait l'objet d'étalonnages fréquents. Des blancs et des analyses du bruit de fond, de même que les résultats d'analyse des étalons de calibration et des échantillons fortifiés, ont permis de calculer la radioactivité présente dans les échantillons prélevés. Des analyses d'échantillons ont également été répétées. Le tableau 1 présente les résultats d'un exercice d'intercomparaison (MRAD-2003), réalisé sous la direction de Environmental Resources Associates (Arvada, Colorado) et auquel a participé le LRUL en 2005. Ces échantillons ont été réanalysés en juillet 2011 dans le cadre d'un processus interne de contrôle de la qualité. Les résultats ont ensuite été corrigés pour tenir compte de la désintégration radioactive des échantillons. Selon les critères de performance imposés par le département de l'Énergie des États-Unis (US DOE) et énoncés dans le rapport EML-564, des valeurs expérimentales se situant entre le 15^e et le 85^e percentile de la distribution cumulative normalisée pour cet exercice sont considérées comme acceptables [2]. Cette plage d'acceptabilité est présentée dans le tableau 1. Pour l'analyse effectuée en 2011, toutes les activités mesurées pour les échantillons de contrôle se situent à l'intérieur de cet intervalle d'acceptabilité.

TABLEAU 1. ÉCHANTILLONS DE CONTRÔLE

RÉSULTATS DE L'ANALYSE GAMMA MRAD-003				
Radionucléide	Énergie keV	Activité mesurée	Activité prévue	Plage d'acceptabilité
FILTRE D'AIR				
		Bq/filtre (pCi/filtre)	Bq/filtre (pCi/filtre)	Bq/filtre (pCi/filtre)
Co-60	1332,5	5,7±0,1 (155±3)	5,4 (146)	4,3 – 6,7 (116 – 181)
Cs-134	604,7	95,8±0,7 (2590±20)	106 (2870)	87 – 117 (2350 – 3160)
Cs-137	661,6	86±2 (2330±60)	79 (2130)	71 – 92 (1920 – 2490)
VÉGÉTATION				
		Bq/kg sec (pCi/kg sec)	Bq/kg sec (pCi/kg sec)	Bq/kg sec (pCi/kg sec)
K-40	1460,8	1120±20 (30400±450)	1100 (29700)	988 – 1339 (26700 – 36200)
Co-60	1173,2	15±1 (410±40)	16 (432)	14,4 – 19,5 (389 – 527)
Cs-137	661,6	632±3 (17070±80)	651 (17600)	585 – 773 (15800-20900)
EAU				
		Bq/L (pCi/L)	Bq/L (pCi/L)	Bq/L (pCi/L)
Co-60	1332,5	206±1 (5580±30)	197 (5320)	177 – 216 (4790 – 5850)
Cs-134	604,7	37,0±0,7 (1000±20)	39,6 (1070)	35,6 – 45,1 (963 – 1220)
Cs-137	661,6	10,3±0,2 (279±6)	10,0 (269)	9,0 – 11,1 (242 – 301)
SOL				
		Bq/kg sec (pCi/kg sec)	Bq/kg sec (pCi/kg sec)	Bq/kg sec (pCi/kg sec)
K-40	1460,8	1060±20 (28600±600)	1020 (27600)	918 – 1213 (24800 – 32800)
Cs-137	661,6	282±3 (7620±80)	272 (7340)	245 – 315 (6610 – 8510)
Bi-212	727,2	180±10 (4800±300)	179 (4840)	106 – 207 (2860 – 5610)
Pb-212	238,6	154±2 (4150±50)	158 (4260)	140 – 187 (3790 – 5070)
Bi-214	609,3	85±2 (2310±60)	83 (2250)	72 – 102 (1960 – 2770)
Pb-214	352,0	83±2 (2240±60)	87 (2350)	77 – 110 (2070 – 2980)
Ac-228	911,1	159±4 (4300±100)	158 (4260)	137 – 187 (3710 – 5070)
RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA MRAD-003				
Radionucléide	Énergie keV	Activité mesurée Bq/L (pCi/L)	Activité prévue Bq/L (pCi/L)	Plage d'acceptabilité Bq/L (pCi/L)
Tritium	1-12,5	497±5 (13400±100)	485 (13100)	447 – 654 (12100 – 17700)

3-RÉSULTATS

Les détails de l'échantillonnage et de la mesure de la radioactivité pour chaque type de milieu environnemental sont expliqués dans les prochains paragraphes. Les données provenant des campagnes d'échantillonnage précédentes et de la littérature scientifique sont également incluses pour comparaison. Dans chaque section, des tableaux présentent les résultats de la campagne d'échantillonnage de 2011 ainsi que la plage des activités mesurées entre 1999 et 2005.

3.1 – Radioactivité dans l'air

Le taux de radioactivité gamma ainsi que les résultats sur le tritium présent dans l'air sont indiqués au tableau 2. Pour la mesure de la radioactivité gamma, des particules atmosphériques ont été recueillies à l'aide d'un échantillonneur d'air à haut volume sur des filtres de fibre de verre. L'échantillonnage s'est effectué à trois emplacements, soit à l'ouest (A1), au sud (A2) et à l'est (A3) des limites du CRL, entre le 4 et le 6 juillet 2011. L'échantillonneur a été placé à ciel ouvert, à une hauteur de 1 mètre du sol, et a été opéré à un débit de $60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ pendant 24 heures. Les échantillons ont ensuite été conservés dans des enveloppes scellées jusqu'au moment du comptage. Avant l'analyse, les filtres ont été pliés selon une géométrie de comptage prédéfinie correspondant à celles d'étalons. La durée de comptage a été fixée à 24 heures. Les activités mesurées ont été corrigées pour représenter l'activité à la date d'échantillonnage. Comme lors des campagnes d'échantillonnage précédentes, le seul émetteur gamma détectable est le beryllium-7, un radionucléide d'origine naturelle. Lors de la campagne de 2011, le niveau moyen de béryllium se situait autour de $4,3 \text{ mBq m}^{-3}$. Les valeurs obtenues sont semblables aux moyennes annuelles de 2007 ($4,18$ et $3,05 \text{ Bq m}^{-3}$) déterminées par le Bureau de la radioprotection, une branche de Santé Canada, pour ses deux sites d'échantillonnage situés dans la région de la capitale nationale [3].

Pour la mesure de la radioactivité du tritium dans l'humidité atmosphérique à proximité des installations de CRL, quatre sites d'échantillonnage ont été choisis. Ces derniers se trouvent à l'ouest (T1), au sud (T2) et à l'est (T3 et T4) des installations. Veuillez noter que seul le site de Petawawa a été échantillonné à la fois pour les particules aéroportées (A2) et pour la vapeur d'eau (T2). Les échantillons nécessaires à la détection de tritium dans la vapeur d'eau de l'atmosphère ont été obtenus en passant environ 1 m^3 d'air dans un tamis moléculaire (3 \AA , 8-12 mesh) pendant 100 minutes. Lors

de la campagne de 2011, l'activité la plus élevée en tritium, $0,33 \text{ mBq m}^{-3}$, a été mesurée à Sheenboro (T3), le site le plus près des installations de CRL. C'est aussi près de cet endroit que la plus haute teneur en tritium avait été enregistrée en 2005 (Meechan Bay; $10,60 \text{ Bq m}^{-3}$) [1]. Des activités inférieures au seuil de détection ont été mesurées pour toutes les autres stations couvertes lors de l'échantillonnage de 2011.

L'analyse de la vapeur d'eau atmosphérique effectuée par le Bureau de la radioprotection de Santé Canada a démontré que les activités en tritium atmosphérique variaient entre le seuil de détection et $0,5 \text{ Bq m}^{-3}$ pour ses cinq stations d'échantillonnage situées à proximité de la centrale nucléaire de Gentilly-2 [4]. Des valeurs variant entre $0,09$ et $0,6 \text{ Bq m}^{-3}$ ont également été enregistrées aux stations situées à proximité du réacteur de Pickering [5].

TABLEAU 2. ÉCHANTILLONS D'AIR

ÉCHANTILLONS DE PARTICULES ATMOSPHÉRIQUES : RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA							
2011							1999-2005
Nom	Énergie keV	Deep River	Petawawa	Allumette Island	Erreur [†] (mBq/m ³)	SDD* (mBq/m ³)	7 échantillons
		A1 Activité (mBq/m ³)	A2 Activité (mBq/m ³)	A3 Activité (mBq/m ³)			Activité min. à max. (mBq/m ³)
Radionucléides naturels							
Ac-228	911,1	ND**	ND	ND	0,09	0,2	ND
Pb-212	238,6	ND	ND	ND	0,03	0,04	ND
Tl-208	583,1	ND	ND	ND	0,07	0,1	ND
Bi-214	609,3	ND	ND	ND	0,05	0,04	ND
Bi-214	1120,3	ND	ND	ND	0,2	0,03	ND
Pb-214	352,0	ND	ND	ND	0,05	0,07	ND
Ra-226	186,0	ND	ND	ND	0,2	0,2	ND
Be-7	477,6	4,6	4,6	3,7	0,4	0,4	ND à 7,40
K-40	1460,8	ND	ND	ND	0,9	0,4	ND
U-235	185,7	ND	ND	ND	0,03	0,03	ND
Produits de fission							
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	0,5	0,9	ND
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	0,02	0,03	ND
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	0,02	0,03	ND
Cs-137	661,6	ND	ND	ND	0,03	0,04	ND
I-131	364,5	ND	ND	ND	0,03	0,07	ND
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	0,04	0,07	ND
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	0,03	0,06	ND
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	0,05	0,1	ND
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	0,05	0,09	ND
Produits d'activation							
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	0,05	0,09	ND
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Co-60	1173,2	ND	ND	ND	0,01	0,04	ND
Co-60	1332,5	ND	ND	ND	0,02	0,04	ND
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	0,05	0,1	ND
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	0,02	0,04	ND
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	0,02	0,04	ND
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	0,03	0,03	ND
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	0,06	0,1	ND
TRITIUM ATMOSPHÉRIQUE : RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA							
2011							1999-2005
Nom	Deep River	Petawawa	Sheenboro	Chapeau	Erreur [†] (Bq/m ³)	SDD* (Bq/m ³)	12 échantillons
	T1 Activité (Bq/m ³)	T2 Activité (Bq/m ³)	T3 Activité (Bq/m ³)	T4 Activité (Bq/m ³)			Activité min. à max. (mBq/m ³)
Tritium	ND	ND	0,33	ND	0,06	0,10	ND à 19,48

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

3.2 – Radioactivité dans l'eau

Des échantillons ponctuels d'eau ont été prélevés dans la rivière des Outaouais les 4 et 5 juillet 2011, en amont (W1 et W2), à proximité (W3) et en aval (W4 à W7) du site de CRL.

Des bouteilles ont été partiellement submergées afin d'obtenir environ trois litres d'échantillon, puis elles ont été scellées sur place et conservées ainsi jusqu'au moment de l'analyse. La radioactivité gamma et les niveaux de tritium sont présentés au tableau 3.

Les émetteurs gamma ont été analysés en mesurant la radioactivité contenue dans un litre d'eau n'ayant subi aucun traitement préalable, et ce pour une période de comptage de 24 heures. Aucun radionucléide n'a été détecté au-dessus du seuil de détection.

L'activité en tritium a été obtenue en soumettant des échantillons filtrés (0,45 µm) à un comptage par scintillation liquide d'une durée d'une heure. Les niveaux de tritium mesurés en 2011 sont tous inférieurs au seuil de détection (5 Bq L⁻¹). En 2009, Santé Canada rapportait que la valeur moyenne de tritium dans les eaux de surface canadiennes variait entre 5 et 10 Bq L⁻¹ [6].

TABLEAU 3. ÉCHANTILLONS D'EAU

Radionucléide	Énergie keV	2011							1999-2005		
		AMONT		CRL	AVAL				11 échantillons		
		W1 Activité (Bq/L)	W2 Activité (Bq/L)	W3 Activité (Bq/L)	W4 Activité (Bq/L)	W5 Activité (Bq/L)	W6 Activité (Bq/L)	W7 Activité (Bq/L)	Erreur [†]	SDD*	Activité min. à max. (Bq/L)
RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA											
Radionucléides naturels											
Ac-228	911,1	ND**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,4	0,9	ND
Pb-212	238,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Tl-208	583,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Bi-214	609,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,4	0,4	ND
Bi-214	1120,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
Pb-214	352,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,3	ND
Ra-226	186,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,7	2	ND
Be-7	477,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
K-40	1460,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	2	ND
U-235	185,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,05	0,1	ND
Produits de fission											
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,8	1	ND
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,3	ND
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,7	1	ND
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Cs-137	661,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
I-131	364,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	2	ND
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Produits d'activation											
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,4	ND
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
Co-60	1173,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Co-60	1332,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,3	ND
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND
RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA											
Tritium	1-12,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,5	5,0	ND à 14,5

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

3.3 – Radioactivité dans le lait

Trois échantillons de 4 L de lait entier ont été recueillis chez deux crémeries (M1 et M3) et une ferme (M2). Les échantillons ont été stabilisés en ajoutant 12,5 mL de formaldéhyde par litre de lait. L'analyse des émetteurs gamma et du tritium a été effectuée dans la semaine suivant l'échantillonnage. Les échantillons de tritium ont été obtenus après distillation à basse température des échantillons de lait. Les résultats de ces analyses sont présentés au tableau 4.

L'analyse de la radioactivité gamma a été faite sur une aliquote de 500 mL, sur une période de 24 heures. Le potassium-40 est le seul radionucléide à avoir été détecté. Sa teneur dans les échantillons est d'environ 50 Bq L⁻¹. Cette valeur est en accord avec les valeurs typiques de K-40 dans le lait, documentées par le International Food Safety Authorities Network (50 Bq L⁻¹) [7].

Le tritium a été analysé dans des aliquotes de 100 mL de lait dont on a extrait par distillation le contenu en tritium sous forme aqueuse. Les activités mesurées en 2011 varient entre 9 et 27 Bq L⁻¹, une plage d'activité plus faible que celle observée lors des campagnes antérieures. Des activités moyennes en tritium de l'ordre de 12 Bq L⁻¹ ont été mesurées, en 2003, par le South Carolina Department of Health and Environmental Control dans des échantillons de lait prélevés sur des fermes laitières situés à proximité d'installations nucléaires américaines [8]. En 2009, une compilation de résultats scientifiques sur le tritium, publiée par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), indiquait que des échantillons de lait prélevés à proximité d'installations nucléaires montraient des activités en tritium variant entre des valeurs inférieures au seuil de détection et 48 Bq L⁻¹ [9].

TABLEAU 4. ÉCHANTILLONS DE LAIT

Nom	Énergie keV	2011				Erreur [†] (Bq/L)	SDD* (Bq/L)	1999-2005
		Crémerie	Ferme	Crémerie	5 échantillons			
		M1 Activité (Bq/L)	M2 Activité (Bq/L)	M3 Activité (Bq/L)	Activité Min. à max. (Bq/L)			
RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA								
Radionucléides naturels								
Ac-228	911,1	ND**	ND	ND	0,4	0,9	ND	
Pb-212	238,6	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Tl-208	583,1	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Bi-214	609,3	ND	ND	ND	0,4	0,4	ND	
Bi-214	1120,3	ND	ND	ND	1	2	ND	
Pb-214	352,0	ND	ND	ND	0,3	0,3	ND	
Ra-226	186,0	ND	ND	ND	0,7	2	ND	
Be-7	477,6	ND	ND	ND	1	2	ND	
K-40	1460,8	54	53	51	5	2	34 à 47	
U-235	185,7	ND	ND	ND	0,05	0,1	ND	
Produits de fission								
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	0,8	1	ND	
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	0,1	0,3	ND	
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	0,7	1	ND	
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Cs-137	661,6	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
I-131	364,5	ND	ND	ND	5	2	ND	
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	1	2	ND	
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Produits d'activation								
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	0,2	0,4	ND	
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	1	2	ND	
Co-60	1173,2	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Co-60	1332,5	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND	
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	0,1	0,3	ND	
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND	
RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA								
Tritium	1-12,5	9	27	12	2,5	5,0	50,2 à 131,0	

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

3.4 – Radioactivité dans les poissons

Les échantillons de poissons recueillis lors de cette campagne ont été gracieusement offerts par des pêcheurs locaux. Des filets congelés de doré jaune (*Stizostedion vitreum*) pêché à proximité de la localité de Rapides-des-Joachims ont été donnés au personnel du LRUL responsable de l'échantillonnage le 6 juillet 2011. Cet échantillon est répertorié comme échantillon F1. Des spécimens de perche truite à petite bouche (*Micropterus dolomieu*, F2 et F3) ont été capturés les 4 et 5 juillet 2011. Tous les échantillons de poissons ont été congelés dès leur capture et le sont demeurés jusqu'au moment de l'analyse, quelques jours plus tard.

Environ 500 g de chair de chaque poisson ont été comptés pour 24 heures dans des contenants de géométrie similaire à celle des étalons servant à déterminer la présence de rayonnement gamma. Comme lors la campagne de 2005, les seuls radionucléides détectés sont le potassium-40, un radionucléide d'origine naturelle, et le césium-137, un radionucléide anthropique. Des niveaux d'environ 110 Bq kg⁻¹ et de 5,3 à 9,3 Bq kg⁻¹ respectivement ont été mesurés pour ces deux radionucléides.

En 1994, Rowan et Rasmussen publiaient un sommaire des données techniques mondiales concernant la présence de Cs-137 dans diverses espèces de poissons [10]. Selon cette étude, les poissons vivant dans la rivière des Outaouais et le fleuve St-Laurent possédaient des valeurs de Cs-137 de l'ordre de 5 à 54,9 et de 1,2 à 2,9 Bq kg⁻¹ respectivement.

TABLEAU 5. ÉCHANTILLONS DE POISSONS DE LA RIVIÈRE DES OUTAOUAIS

Nom	Énergie keV	2011			Erreur [†] (Bq/kg) frais	SDD* (Bq/kg) frais	1999-2005
		AMONT	CRL	AVAL			6 échantillons
		F1 Activité (Bq/kg) frais	F2 Activité (Bq/kg) frais	F3 Activité (Bq/kg) frais			Activité min. à max. (Bq/kg) frais
RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA							
Radionucléides naturels							
Ac-228	911,1	ND**	ND	ND	0,4	1	ND
Pb-212	238,6	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Tl-208	583,1	ND	ND	ND	0,4	0,7	ND
Bi-214	609,3	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Bi-214	1120,3	ND	ND	ND	1	2,4	ND
Pb-214	352,0	ND	ND	ND	0,2	0,4	ND
Ra-226	186,0	ND	ND	ND	1,8	3,2	ND
Be-7	477,6	ND	ND	ND	1	3	ND
K-40	1460,8	130	110	100	1	3	120 à 160
U-235	185,7	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Produits de fission							
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	1,7	8	ND
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	0,1	0,4	ND
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	0,7	1,3	ND
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND
Cs-137	661,6	9,3	5,5	5,3	0,1	0,3	7,1 à 28,2
I-131	364,5	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	0,2	0,5	ND
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	0,1	0,4	ND
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	0,7	2,2	ND
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	0,2	0,8	ND
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	0,2	0,7	ND
Produits d'activation							
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	0,3	2,0	ND
Co-60	1173,2	ND	ND	ND	0,1	0,4	ND
Co-60	1332,5	ND	ND	ND	0,1	0,3	ND
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	0,5	1,1	ND
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	0,1	0,3	ND
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	0,5	0,4	ND
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	0,4	0,8	ND

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

3.5 – Radioactivité dans les végétaux

Des fruits et légumes frais ont été obtenus entre le 5 et le 7 juillet 2011 dans des jardins de résidences privées à Rapides-des-Joachims (V1-V2) et à Deep River (V3 à V6), et de producteurs maraîchers à Chapeau (V7 à V11) et à Pembroke (V12 à V14). Tous les échantillons ont été préservés dans des sacs hermétiquement fermés jusqu'au moment où ils ont été traités et analysés. Les résultats de ces analyses radiologiques sont indiqués aux tableaux 6A à 6D.

Pour la détermination de la radioactivité gamma, environ 1 à 2 kg de chaque échantillon ont été lavés, séchés à 105 °C, puis broyés. Par la suite, les échantillons ont été comptés pendant 24 heures dans des béciers Marinelli. Aucun radionucléide anthropique n'a été détecté; seuls le potassium-40 et le beryllium-7, deux radionucléides naturels, ont pu être mesurés.

Le tritium a été mesuré dans l'eau libre des échantillons après que ces derniers ont été séchés sous vide à 80 °C et que la vapeur d'eau a été recueillie par condensation. Le distillat a été soumis à l'analyse par scintillation liquide. Comme lors des campagnes précédentes, les échantillons prélevés à Pembroke présentaient un niveau de tritium plus élevé (max. 39 Bq kg⁻¹) que ceux des autres sites échantillonnés. Un rapport récent de la CCSN avait également démontré des teneurs en tritium plus importantes à cet emplacement [11]. La présence accrue du tritium à cet endroit serait associée à une source locale de production de tritium (SRB Technologies). L'étude démontrait également une diminution rapide du tritium en fonction de la distance de l'usine. Aux autres emplacements échantillonnés en 2011, l'activité en tritium varie entre des niveaux indétectables à Rapides-des-Joachims et 33 Bq kg⁻¹ pour un échantillon de cresson provenant de Deep River. Une étude anglaise a démontré que des légumes cultivés à l'intérieur d'un rayon de 1 km d'une compagnie radiopharmaceutique avaient des teneurs en tritium variant entre 4 et 631 Bq kg⁻¹ [12], les teneurs mesurées étant les plus élevées près des installations de la compagnie et diminuant rapidement avec la distance du site de culture.

**TABLEAU 6A. ÉCHANTILLONS DE VÉGÉTAUX
(RAPIDES-DES-JOACHIMS)**

Radionucléide	Énergie keV	2011				1999 (Rolphton)	
		Rapides-des-Joachims		Erreur [†] (Bq/kg), frais	SDD* (Bq/kg), frais	2 échantillons [‡]	
		V1 Oignon Activité (Bq/kg), frais	V2 Rhubarbe Activité (Bq/kg), frais			Activité min. à max. (Bq/kg), frais	
RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA							
Radionucléides naturels							
Ac-228	911,1	ND**	ND	0,6	0,8	ND	
Pb-212	238,6	ND	ND	0,2	0,2	ND	
Tl-208	583,1	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Bi-214	609,3	ND	ND	0,3	0,3	ND	
Bi-214	1120,3	ND	ND	1	2	ND	
Pb-214	352,0	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Ra-226	186,0	ND	ND	0,6	1	ND	
Be-7	477,6	3	ND	1	2	ND	
K-40	1460,8	50	90	10	3	63 à 76	
U-235	185,7	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Produits de fission							
Ba-140	537,4	ND	ND	1	2	ND	
Ce-141	145,5	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Ce-144	133,5	ND	ND	0,3	0,8	ND	
Cs-134	604,6	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Cs-137	661,6	ND	ND	0,1	0,2	ND	
I-131	364,5	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Nb-95	765,8	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Ru-103	497,1	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Ru-106	621,9	ND	ND	0,9	2	ND	
Zr-95	724,2	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Zr-95	756,7	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Produits d'activation							
Sb-124	1691,0	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Sb-125	636,2	ND	ND	0,9	2	ND	
Co-60	1173,2	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Co-60	1332,5	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Fe-59	1099,2	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Mn-54	834,8	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Nb-94	702,6	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Sc-46	889,3	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Zn-65	1115,5	ND	ND	0,3	0,6	ND	
RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA							
Tritium	1-12,5	ND	ND	2,5	5	75,8	

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

[‡] Un seul échantillon dans le cas de l'analyse bêta du tritium

**TABLEAU 6B. ÉCHANTILLONS DE VÉGÉTAUX
(DEEP RIVER)**

Radionucléide	Énergie keV	2011				2000-2005		
		Deep River				5 échantillons		
		V3 Rhubarbe Activité (Bq/kg) frais	V4 Asperge Activité (Bq/kg) frais	V5 Cresson Activité (Bq/kg) frais	V6 Épinard Activité (Bq/kg) frais	Erreur [†] (Bq/kg) frais	SDD* (Bq/kg) frais	Activité min. à max. (Bq/kg) frais
RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA								
Radionucléides naturels								
Ac-228	911,1	ND**	ND	ND	ND	0,6	0,8	ND
Pb-212	238,6	ND	ND	ND	ND	0,2	0,2	ND
Tl-208	583,1	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Bi-214	609,3	ND	ND	ND	ND	0,3	0,3	ND
Bi-214	1120,3	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
Pb-214	352,0	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Ra-226	186,0	ND	ND	ND	ND	0,6	1	ND
Be-7	477,6	ND	5	4	8	1	2	ND
K-40	1460,8	110	160	110	190	10	3	57 à 186
U-235	185,7	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Produits de fission								
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	ND	0,3	0,8	ND
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Cs-137	661,6	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
I-131	364,5	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	ND	0,9	2	ND
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Produits d'activation								
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	ND	0,9	2	ND
Co-60	1173,2	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Co-60	1332,5	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND
RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA								
Tritium	1-12,5	8	ND	33	10	2,5	5	23,5 à 43,8

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

**TABLEAU 6C. ÉCHANTILLONS DE VÉGÉTAUX
(CHAPEAU)**

Radionucléide	Énergie keV	2011					2005			
		Chapeau					3 échantillons			
		V7 Tomate Activité (Bq/kg) frais	V8 Betterave Activité (Bq/kg) frais	V9 Oignon Activité (Bq/kg) frais	V10 Pois Activité (Bq/kg) frais	V11 Fève Activité (Bq/kg) frais	Erreur [†] (Bq/kg) frais	SDD* (Bq/kg) frais	Activité min. à max. (Bq/kg) frais	
RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA										
Radionucléides naturels										
Ac-228	911,1	ND**	ND	ND	ND	ND	0,6	0,8	ND	
Pb-212	238,6	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,2	ND	
Tl-208	583,1	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Bi-214	609,3	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,3	ND	
Bi-214	1120,3	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND	
Pb-214	352,0	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Ra-226	186,0	ND	ND	ND	ND	ND	0,6	1	ND	
Be-7	477,6	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND	
K-40	1460,8	80	190	60	70	90	10	3	127 à 156	
U-235	185,7	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Produits de fission										
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND	
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,8	ND	
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Cs-137	661,6	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
I-131	364,5	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	ND	ND	0,9	2	ND	
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Produits d'activation										
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND	
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	ND	ND	0,9	2	ND	
Co-60	1173,2	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Co-60	1332,5	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND	
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND	
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND	
RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA										
Tritium	1-12,5	13	ND	ND	16	7	2,5	5	32,5 à 40,0	

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

**TABLEAU 6D. ÉCHANTILLONS DE VÉGÉTAUX
(PEMBROKE)**

Radionucléide	Énergie keV	2011			1999-2005		
		Pembroke			10 échantillons		
		V12 Fraises Activité (Bq/kg) frais	V13 Laitue Activité (Bq/kg) frais	V14 Oignon Activité (Bq/kg) frais	Erreur [†] (Bq/kg) frais	SDD* (Bq/kg) frais	Activité min. à max. (Bq/kg) frais
RÉSULTATS DES ANALYSES GAMMA							
Radionucléides naturels							
Ac-228	911,1	ND**	ND	ND	0,6	0,8	ND
Pb-212	238,6	ND	ND	ND	0,2	0,2	ND
Tl-208	583,1	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Bi-214	609,3	ND	ND	ND	0,3	0,3	ND
Bi-214	1120,3	ND	ND	ND	1	2	ND
Pb-214	352,0	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Ra-226	186,0	ND	ND	ND	0,6	1	ND
Be-7	477,6	ND	4	ND	1	2	ND
K-40	1460,8	60	90	80	10	3	71 à 146
U-235	185,7	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Produits de fission							
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	1	2	ND
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	0,3	0,8	ND
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Cs-137	661,6	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
I-131	364,5	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	0,9	2	ND
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Produits d'activation							
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	0,2	0,3	ND
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	0,9	2	ND
Co-60	1173,2	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Co-60	1332,5	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	0,1	0,2	ND
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND
RÉSULTATS DES ANALYSES BÊTA							
Tritium	1-12,5	32	39	ND	2,5	5	207,5 à 396,5

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

3.6 – Radioactivité dans les sédiments de rivière

La radioactivité gamma a été mesurée dans sept échantillons de sédiments de rivière recueillis dans la rivière des Outaouais les 4 et 5 juillet 2011, près des sites utilisés lors de la campagne précédente. Comme auparavant, seuls les sédiments à gros grains ont été prélevés près des rives, et les emplacements ont été choisis de façon à inclure toute matière en suspension qui aurait pu se déposer sur le lit de la rivière au cours des mois précédents. Deux échantillons ont été prélevés en amont (S1 et S2), un à proximité (S3) et quatre en aval du site de CRL (S4 à S7). Le tableau 7 présente les résultats obtenus.

Environ 300 g d'échantillons ont été séchés à une température de 105 °C, broyés, puis comptés dans un bécher Marinelli pour une période de 24 heures. La tendance des distributions et de l'activité des radionucléides détectés est la même que celle observée lors des campagnes précédentes, sauf pour l'échantillon S3. L'absence de beryllium-7 indique que ces échantillons ne contiennent pas de matières en suspension fraîchement déposées. D'autres radionucléides d'origine naturelle sont présents à des niveaux similaires à ceux observés antérieurement. Le césium-137 est le seul radionucléide anthropique mesuré à tous les sites de prélèvement en aval des installations de CRL. La plus haute activité en Cs-137, soit 175,2 Bq kg⁻¹, a été mesurée dans les sédiments prélevés au site le plus près des installations (S3). Cette concentration est dix fois inférieure à celles rapportées par Taylor et coll. [13], soit près de 1 100 Bq kg⁻¹ pour des sédiments prélevés dans la rivière des Outaouais en 2005.

Comparativement aux résultats de la campagne d'échantillonnage de 2005, les échantillons prélevés en aval du site de CRL ne montrent aucune activité détectable en cobalt-60. Seul celui prélevé à proximité du site possède une activité en cobalt-60 excédant le seuil de détection (4,8 Bq kg⁻¹). L'absence d'activité détectable en cobalt-60 en aval du site de CRL s'explique par le fait que le temps de demi-vie du Co-60 est de 5,26 années. Ainsi, en 2011, il ne devrait rester que la moitié de l'activité mesurée lors de la campagne de 2005 [1], de sorte que la majorité des activités se situent maintenant sous le seuil de détection s'il n'y a eu aucun apport récent de Co-60.

TABLEAU 7. ÉCHANTILLONS DE SÉDIMENTS DE LA RIVIÈRE DES OUTAOUAIS

Radionucléide	Énergie keV	2011							1999-2005		
		AMONT		CRL		AVAL			Erreur [†]	SDD*	21 échantillons Activité Min à max. (Bq/kg)
		S1 Activité (Bq/kg)	S2 Activité (Bq/kg)	S3 Activité (Bq/kg)	S4 Activité (Bq/kg)	S5 Activité (Bq/kg)	S6 Activité (Bq/kg)	S7 Activité (Bq/kg)			
RÉSULTATS ANALYSES GAMMA											
Radionucléides naturels											
Ac-228	911,1	32	37	17	28	21	16	12	2	2	5 à 22
Pb-212	238,6	31	35	15	24	20	16	13	0,7	1	7 à 25
Tl-208	583,1	11	13	6	9	7	5	4	0,7	1	3 à 20
Bi-214	609,3	15	30	10	24	19	10	19	1	1	8 à 22
Bi-214	1120,3	17	34	11	27	21	16	23	3	5	7 à 27
Pb-214	352,0	17	30	10	24	19	10	19	1	1	7 à 25
Ra-226	186,0	19	35	8	18	16	10	21	4	5	6 à 31
Be-7	477,6	ND**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	6	ND à 11
K-40	1460,8	764	545	744	643	689	778	788	15	5	458 à 868
U-235	185,7	0,9	1,6	0,3	0,8	0,8	0,5	1,0	0,2	0,3	0,3 à 1,5
Produits de fission											
Ba-140	537,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	5	ND
Ce-141	145,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,6	ND
Ce-144	133,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Cs-134	604,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,4	0,6	ND
Cs-137	661,6	ND	ND	175,2	3,6	9,1	11,1	15,4	0,5	0,7	1,1 à 60,9
I-131	364,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
Nb-95	765,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,5	0,9	ND
Ru-103	497,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,4	0,8	ND
Ru-106	621,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3	5	ND
Zr-95	724,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND
Zr-95	756,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,8	2	ND
Produits d'activation											
Sb-124	1691,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,4	0,8	ND
Sb-125	636,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	5	ND
Co-60	1173,2	ND	ND	4,8	ND	ND	ND	ND	0,6	0,8	1,0 à 18,7
Co-60	1332,5	ND	ND	4,8	ND	ND	ND	ND	0,4	0,6	0,7 à 19,5
Fe-59	1099,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,8	2	ND
Mn-54	834,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,4	0,6	ND
Nb-94	702,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,5	ND
Sc-46	889,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,3	0,8	ND
Zn-65	1115,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	2	ND

[†] Erreur : Incertitude étendue (coefficient de confiance d'environ 95 %)

* SDD : Seuil de détection

** ND : Non détecté; probabilité de l'ordre de 95 % que la valeur se situe au-dessous du SDD

4 - CONCLUSIONS

Le contrôle radiologique réalisé en 2011 par le Laboratoire de Radioécologie de l'Université Laval permet d'obtenir un survol complet des niveaux de radioactivité observés près du site des laboratoires de Chalk River. L'envergure du mandat confié au LREL est similaire à celle des campagnes précédentes, et les valeurs présentées dans le présent rapport ressemblent grandement à celles publiées dans les rapports antérieurs. La nature, les concentrations et la distribution des radionucléides détectés sont comparables à celles mesurées entre 1999 et 2005.

Les radionucléides naturels, principalement le Be-7 et le K-40, ont été détectés dans tous les échantillons, sauf l'eau, et sont responsables de la majorité de la radioactivité gamma des échantillons. Le tritium a été trouvé dans la majorité des échantillons prélevés, à des activités comparables à celles obtenues près d'installations nucléaires lors de campagnes d'échantillonnage précédentes ou publiées par des organismes de renom. Enfin, seuls deux radionucléides d'origine anthropique, le Cs-137 et le Co-60 ont été mesurés dans les échantillons prélevés. Ils l'ont été dans les échantillons de poissons (Cs-137) et les sédiments (Co-60, Cs-137) recueillis à proximité ou en aval du site de CRL. Cependant, les activités mesurées pour ces radionucléides en 2011 sont généralement plus faibles que par les années antérieures.

5 - RÉFÉRENCES

1. Barbeau C, et Groleau S (2006) Radiological Environmental Survey outside the Chalk River Laboratories Site. Laboratoire de Radioécologie de L'Université Laval. LRUL 2006-1. <http://www.aecl.ca/AssetFactory.aspx?did=545>.
2. Pan V (1995) Analysis of EML QAP Data from 1982 to 1992: Determination of Operational Criteria and Control Limits for Performance Evaluation Purposes. U. S. Department of Energy.
3. Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR) (2011) Monitoring Data - Gamma Emitting Radionuclide Activities in Air - Ontario. Bureau de la Radioprotection, Santé Canada. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-sem/contaminants/radiation/crmn-rcsr/_gamma/data-on-donnee-eng.php. Page consultée le 31 août 2011.
4. Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR) (2011) Nuclear Reactor Site Monitoring - Gentilly, Quebec. Bureau de la Radioprotection, Santé Canada. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-sem/contaminants/radiation/crmn-rcsr/react-nuclear_gentilly-eng.php. Page consultée le 31 août 2011.
5. Réseau canadien de surveillance radiologique (RCSR) (2011) Nuclear Reactor Site Monitoring - Pickering, Ontario. Bureau de la Radioprotection, Santé Canada. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-sem/contaminants/radiation/crmn-rcsr/react-nuclear_pickering-eng.php. Page consultée le 31 août 2011.
6. Santé Canada (2009) Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document - Radiological Parameters. Ottawa, ON
7. International Food Safety Authorities Network (INFOSAN) (2011) Information on Nuclear accidents and radioactive contamination of foods. <http://www.fao.org/crisis/26810-0e345236a149154263c548a99d710f338.pdf>. Page consultée le 31 août 2011.
8. South Carolina Department of Health and Environmental Control (2003) Environmental Surveillance Oversight Program (ESOP), ESOP Data Reports accessible at <http://www.scdhec.gov/environment/envserv/docs/esop03datrpt.pdf>.
9. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) (2009) Tritium Releases and Dose Consequences in Canada in 2006. INFO-0793. http://nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads/CNSC_Release_and_Dose_eng_rev2.pdf.
10. Rowan DJ, et Rasmussen JB (1994) Bioaccumulation of radiocesium by fish - the influence of physicochemical factors and trophic structure *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51 (11):2388-2410.

11. Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) (2010) Tritium Activity in Garden Produce from Pembroke in 2007 and Dose to the Public. INFO-0798. http://www.nuclearsafety.gc.ca//pubs_catalogue/uploads/CNSC_Garden_Produce_Eng-web.pdf.
12. Food Standard Agency (FSA) (2001) Radiological survey of foodstuffs from the Cardiff area - Number 18/01. <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis2001/radsurvcardiff>. Page consultée le 31 août 2011.
13. Taylor VF, Evans RD, et Cornett RJ (2008) Preliminary evaluation of Cs-135/Cs-137 as a forensic tool for identifying source of radioactive contamination. *Journal of Environmental Radioactivity* 99 (1):109-118.

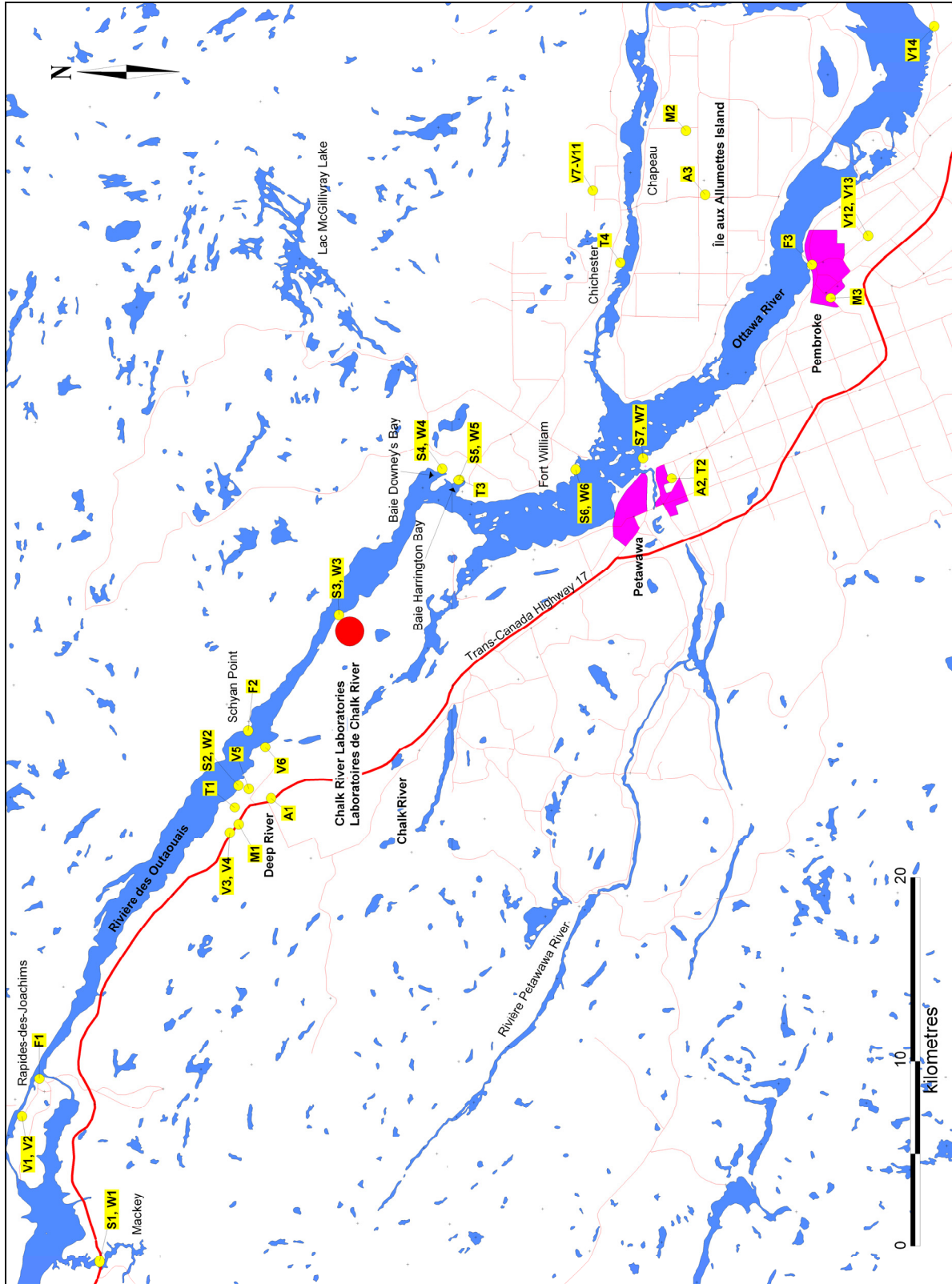


FIGURE 1. STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE