

État de situation des substances d'intérêt émergent dans les sédiments de surface et les sédiments en suspension du Saint-Laurent

Cette fiche d'information est un complément accompagnant la fiche d'information intitulée « Les contaminants organiques d'intérêt émergent : une préoccupation pour les écosystèmes d'eau douce du Québec » (Desrosiers *et al.*, en préparation).

La section Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau (MSQE) du Saint-Laurent d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a entrepris en 2008 d'offrir un soutien scientifique au Plan de gestion des produits chimiques (PGPC). Le but de cette initiative fédérale est de réduire les risques que posent les produits chimiques pour les Canadiens et leur environnement. Ce support a permis un apport additionnel et significatif de financement à celui du Plan d'action Saint-Laurent (PASL) afin de dresser un premier portrait de situation des substances d'intérêt émergent dans les sédiments et les sédiments en suspension qui ont été recueillis à l'aide de trappes à sédiments dans le fleuve Saint-Laurent.

Les résultats présentés dans cette fiche portent en grande partie sur les lacs fluviaux, le tronçon fluvial et le secteur de Québec. Tous les échantillons ont été prélevés entre 2008 et 2018 dans le cadre de la surveillance de la qualité des sédiments. Ils proviennent également de projets de surveillance effectués en collaboration avec des équipes de la Direction des activités de protection de l'environnement (DAPE) d'ECCC et du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MELCC). Enfin, les résultats analytiques des sédiments en suspension proviennent du site multimédia de Montréal. Le site multimédia est un regroupement de 8 stations d'échantillonnage répartis le long du panache de dispersion de l'effluent des eaux usées de la ville de Montréal. Pour la majorité des stations, des échantillons de sédiments de surface, des sédiments en suspension, des macroinvertébrés et des poissons ont été recueillis entre 2012 et 2014.

Les résultats sont présentés par substance ou par groupes de substances, et toutes les données peuvent être consultées ou obtenues par l'entremise de la base de données des sédiments d'ECCC. Les données sont présentées sur des cartes de couleurs lorsqu'il y a suffisamment de résultats pour qu'elles soient produites, ou par points de couleur dans les autres cas. Les différents niveaux de couleurs sont établis en utilisant les recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement comme critères de base pour évaluer la qualité des sédiments (couleur jaune) pour les polybromodiphényléthers et le bisphénol A, tandis que, pour les autres substances, le critère de base est le 70^e percentile de chaque distribution.

Les classes supérieures représentent le double (couleur orange) et le quadruple (couleur rouge) de cette valeur centrale, et les classes inférieures en sont la moitié (couleur verte) et le quart (couleur bleue). Notons enfin que les sédiments en suspension sont présentés sous la forme de graphique au-dessus de la carte montrant l'endroit de leur récolte. Le code de couleur ne s'applique pas, car les sédiments en suspension n'ont pas de critères de qualité et le nombre d'analyses est insuffisant pour définir des niveaux de contamination par le biais des percentiles.

Triclosan

Le triclosan, un antibactérien utilisé comme produits désinfectants pour les mains, fait partie du groupe des produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP) pour lequel aucun critère de qualité n'existe à ce jour pour les sédiments.

Il est présent dans les sédiments du lac Saint-Pierre et du tronçon fluvial dans le secteur de Contrecoeur et près de l'île Sainte-Thérèse à des concentrations pouvant atteindre 130 ng/g. Les concentrations élevées sont liées aux effluents urbains de Montréal et de Contrecoeur.

Les sédiments en suspension affichent une concentration extrême de 2 000 ng/g près de la sortie de l'effluent de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Montréal. Les concentrations diminuent rapidement vers l'aval et ne dépassent pas 150 ng/g.

Les carottes de sédiments prélevées dans les îles de Boucherville et au lac Saint-Pierre montrent une augmentation des concentrations depuis le milieu des années 2000 pour atteindre 20 ng/g vers 2008 au lac Saint-Pierre et 6 ng/g aux îles de Boucherville.

Le méthyl-triclosan est encore peu présent, mais pourrait être à surveiller dans l'avenir.

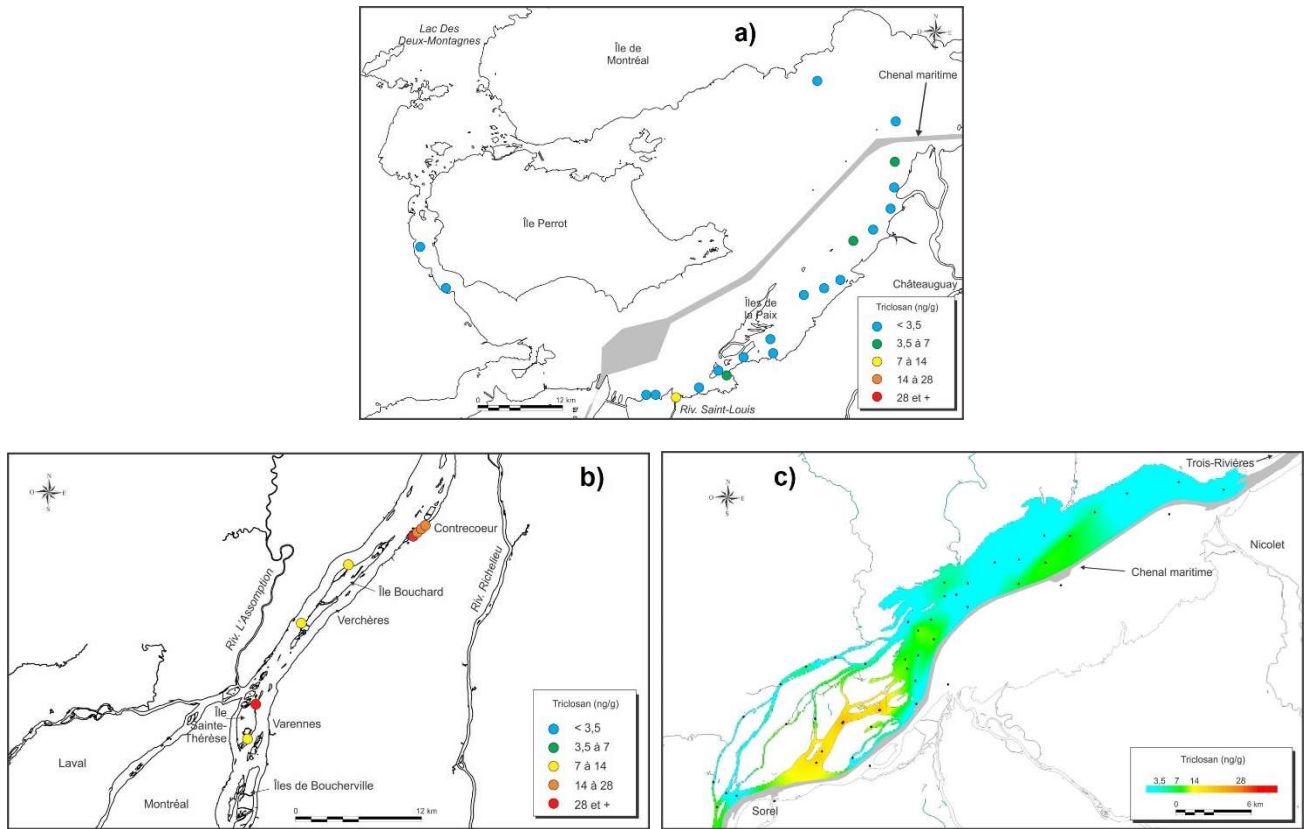


Figure 1 : Distribution des concentrations de triclosan dans les sédiments de surface du lac Saint-Louis (a), du tronçon fluvial (b) et du lac Saint-Pierre (c).

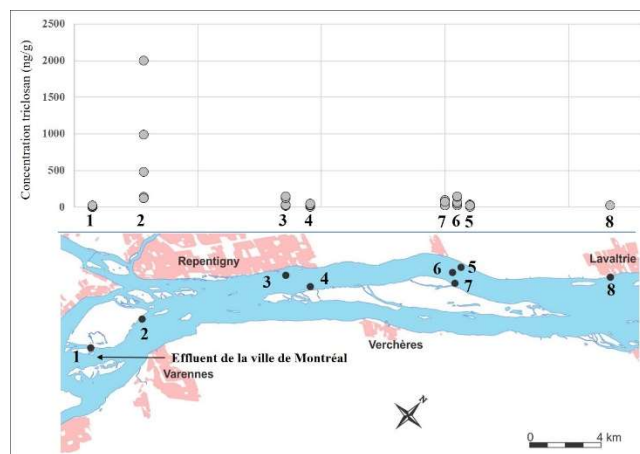


Figure 2 : Distribution des concentrations de triclosan dans les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal.

Tableau 1. Statistiques de base pour le triclosan et le méthyl-triclosan

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
Triclosan	Sédiments surface	77	73	< 1	7,8	16,9	130
	Sédiments suspension	37	97	< 1	139,2	359,6	2 000
Méthyl-triclosan	Sédiments surface	77	16	< 2	< 2	2,9	22
	Sédiments suspension	37	62	< 2	7,5	7,5	24

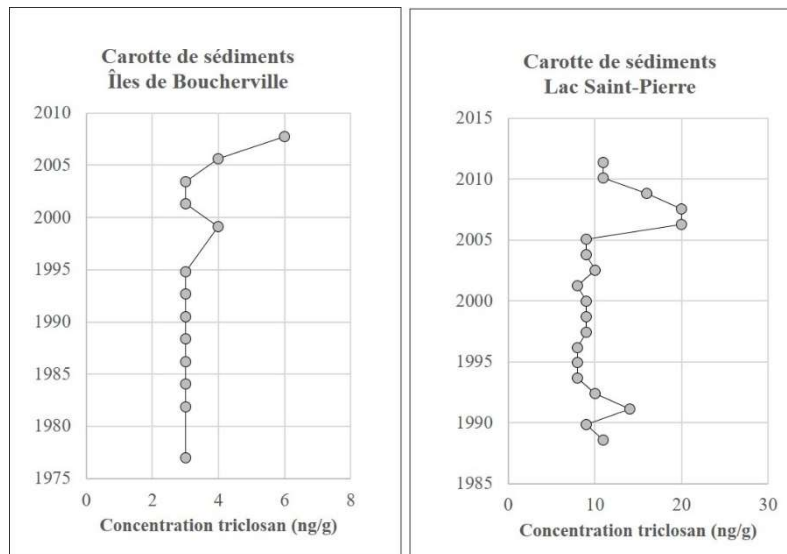


Figure 3 : Profils du triclosan dans des carottes de sédiments provenant des îles de Boucherville (-73,4898 : 45,5927) et du lac Saint-Pierre (- 72,9726 : 46,1339).

Triclocarban

Comme le triclosan, le triclocarban est aussi présent dans les produits désinfectants. Cette substance n'a pas de critère de qualité des sédiments et montre une plus forte affinité pour les particules que le triclosan ($\log K_{oe}$ plus élevé). Elle est présente dans les sédiments de surface et principalement au lac Saint-Pierre, avec une concentration maximale de 72 ng/g entre les îles de Sorel-Berthier, dans la continuité du panache de dispersion de l'effluent de la ville de Montréal. La concentration maximale observée au lac Saint-Louis était de 21 ng/g près de l'embouchure de la rivière Saint-Louis.

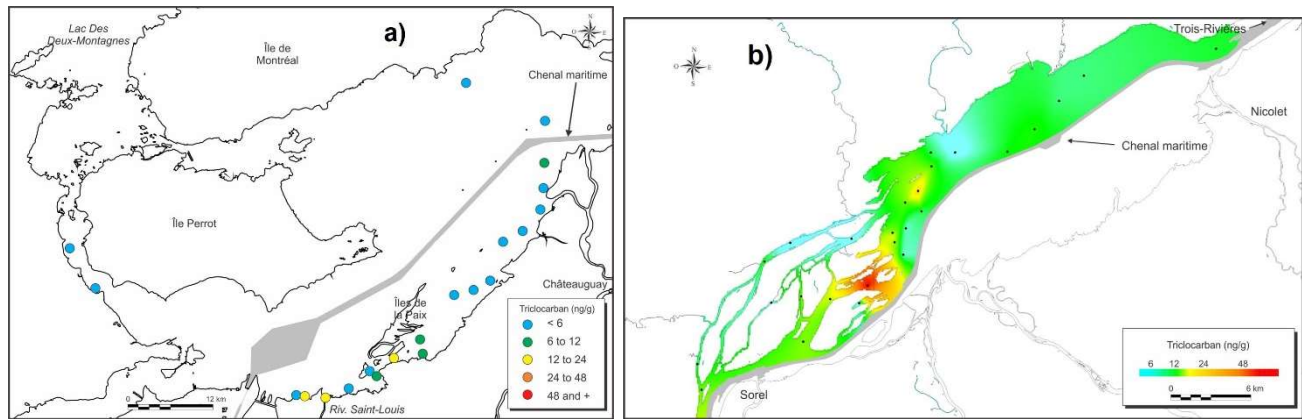


Figure 4 : Distribution des concentrations de triclocarban dans les sédiments de surface du lac Saint-Louis (a) et du lac Saint-Pierre (b).

Tableau 2. Statistiques de base pour le triclocarban

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
Triclocarban	Sédiments surface	49	92	< 1	10,7	11,5	72,0

Nonylphénols et nonylphénols éthoxylés

Les nonylphénols et leurs dérivés éthoxylés sont utilisés comme détergents, émulsifiants, agents de mouillage et agents dispersants. Le critère de qualité des sédiments pour ces substances est de 1 400 ng/g (CCME, 2002). Un échantillonnage exploratoire des sédiments de surface a été effectué à Princeville, Berthierville, Saint-Victor et Saint-Joseph-de-Beauce. Quatre nonylphénols différents ont été analysés (tableau 3). Tous les échantillons ont présenté des concentrations détectables pour le 4-nonylphénol, dont la plus élevée se situait à Berthierville avec 496 ng/g. Le 4-nonylphénol monoéthoxylé a été détecté à deux reprises à Princeville. Les deux autres (4-nonylphénol diéthoxylé et le 4-n-octylphénol) n'ont pas été détectés.

Tableau 3. Statistiques de base pour les nonylphénols et nonylphénols éthoxylés

Substances	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
4-nonylphénol	Sédiments surface	8	100	0,9	118	189	496
4-nonylphénol monoéthoxylé	Sédiments surface	8	25	<ldm*	7	15	43
4-nonylphénol diéthoxylé	Sédiments surface	8	0	<ldm	-	-	-
4-n-octylphénol	Sédiments surface	8	0	<ldm	-	-	-

* <ldm : Plus petit que la limite de détection de la méthode

Les substances perfluorées

Les substances perfluorées ont été ajoutées historiquement à de nombreux produits de consommation afin de les rendre hydrofuges, oléofuges et antisalissures. Des analyses de 13 de ces substances (N-Et PFOSA; N-Me PFOSA; PFOSA; FDUEA; FOUEA; FHUEA; PFUDA; PFDA; PFNA; PFOA; PFDS; PFOS et PFHxS) ont été effectuées pour 18 échantillons du tronçon fluvial et 10 échantillons du lac Saint-Pierre. Seul le PFOS (sulfonate de perfluorooctane) a été détecté à deux reprises au lac Saint-Pierre et à trois reprises dans le tronçon fluvial. Les concentrations maximum observées étaient de 0,4 ng/g et de 0,8 ng/g au lac Saint-Pierre et dans le tronçon fluvial, respectivement.

Bisphénols

Le bisphénol A (BPA) est utilisé dans la fabrication des plastiques et est commercialisé depuis 1957. Depuis 2008, plusieurs industries ont adopté les bisphénols S et F dans leurs procédés de fabrication. La recommandation fédérale pour le BPA est de 25 ng/g dans les sédiments (ECCC, 2018). Dans les sédiments de surface et les sédiments en suspension, le BPA est le plus fréquemment détecté et est généralement associé aux effluents urbains.

Les concentrations les plus élevées dans les sédiments de surface sont observées à l'embouchure de la rivière Saint-Louis (18 ng/g), dans le secteur de Contrecoeur (32 ng/g) et au centre du lac Saint-Pierre (33 ng/g). Dans les sédiments en suspension, la concentration la plus élevée est observée près de l'effluent de la ville de Montréal avec 97 ng/g. Enfin, une carotte de sédiments prélevée dans les îles de Boucherville montre une augmentation des concentrations depuis le début des années 2000 atteignant 50 ng/g en 2008.

Les bisphénols S et F sont plus fréquemment détectés dans les sédiments en suspension que dans les sédiments et atteignent 55 ng/g près de l'effluent de la ville de Montréal.

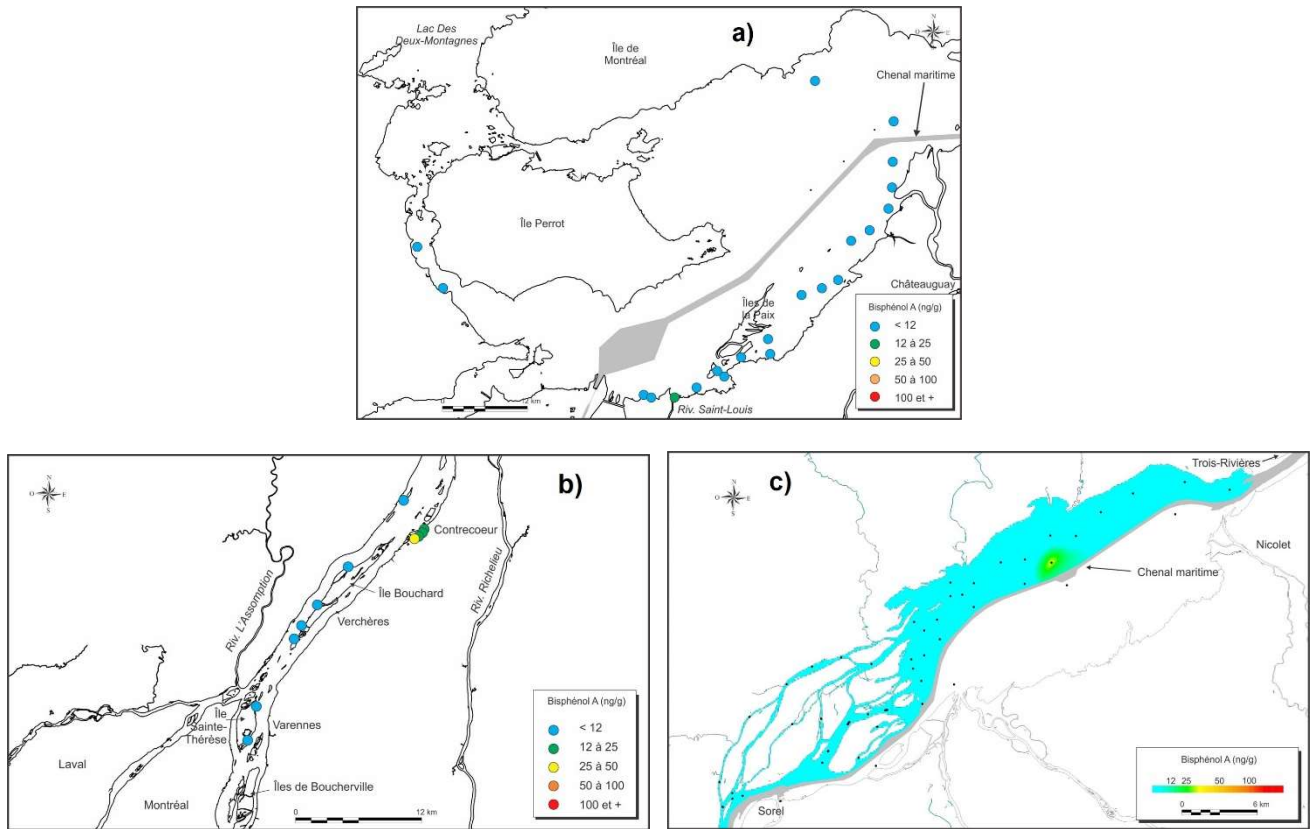


Figure 5 : Distribution des concentrations de bisphénol A dans les sédiments de surface du lac Saint-Louis (a), du tronçon fluvial (b) et du lac Saint-Pierre (c).

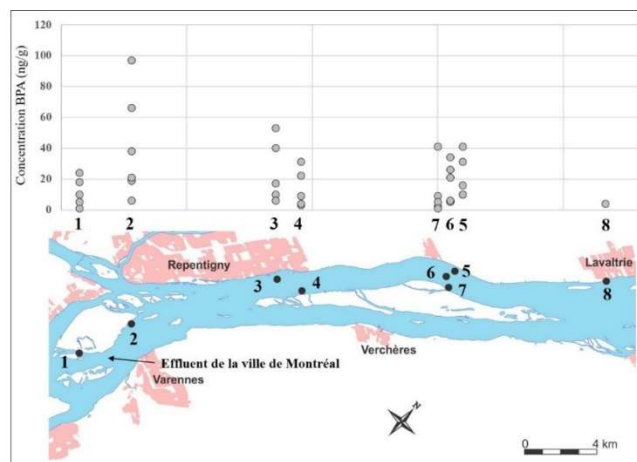


Figure 6 : Distribution des concentrations de bisphénol A (BPA) dans les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal.

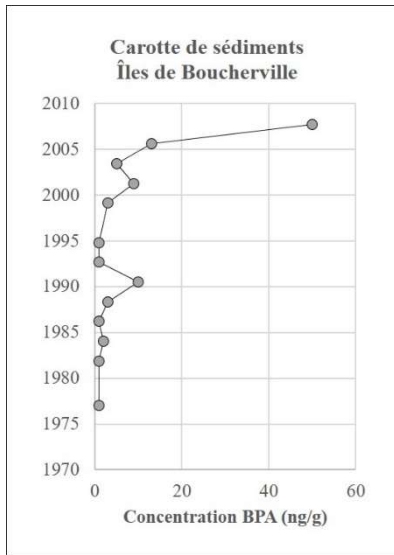


Figure 7 : Profil du BPA dans une carotte de sédiments provenant des îles de Boucherville (-73,4898 : 45,5927).

Tableau 4. Statistiques de base pour les bisphénols

Substances	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
BPA	Sédiments surface	86	43	<2	4,3	6,3	33
	Sédiments suspension	37	95	<2	20,6	20,4	97
BPF	Sédiments surface	78	12	<2	<2	2,8	22
	Sédiments suspension	37	49	<2	6,7	11,7	55
BPS	Sédiments surface	78	0	<2	-	-	-
	Sédiments suspension	37	14	<2	2,8	8,9	55

Siloxanes

Les siloxanes sont utilisés, entre autres, pour assouplir, lisser et humidifier les produits cosmétiques. Le siloxane D5 est le plus abondant dans les sédiments et les sédiments en suspension, suivi du D4 et du D6. Ces substances sont principalement liées aux effluents urbains comme celui de la ville de Montréal.

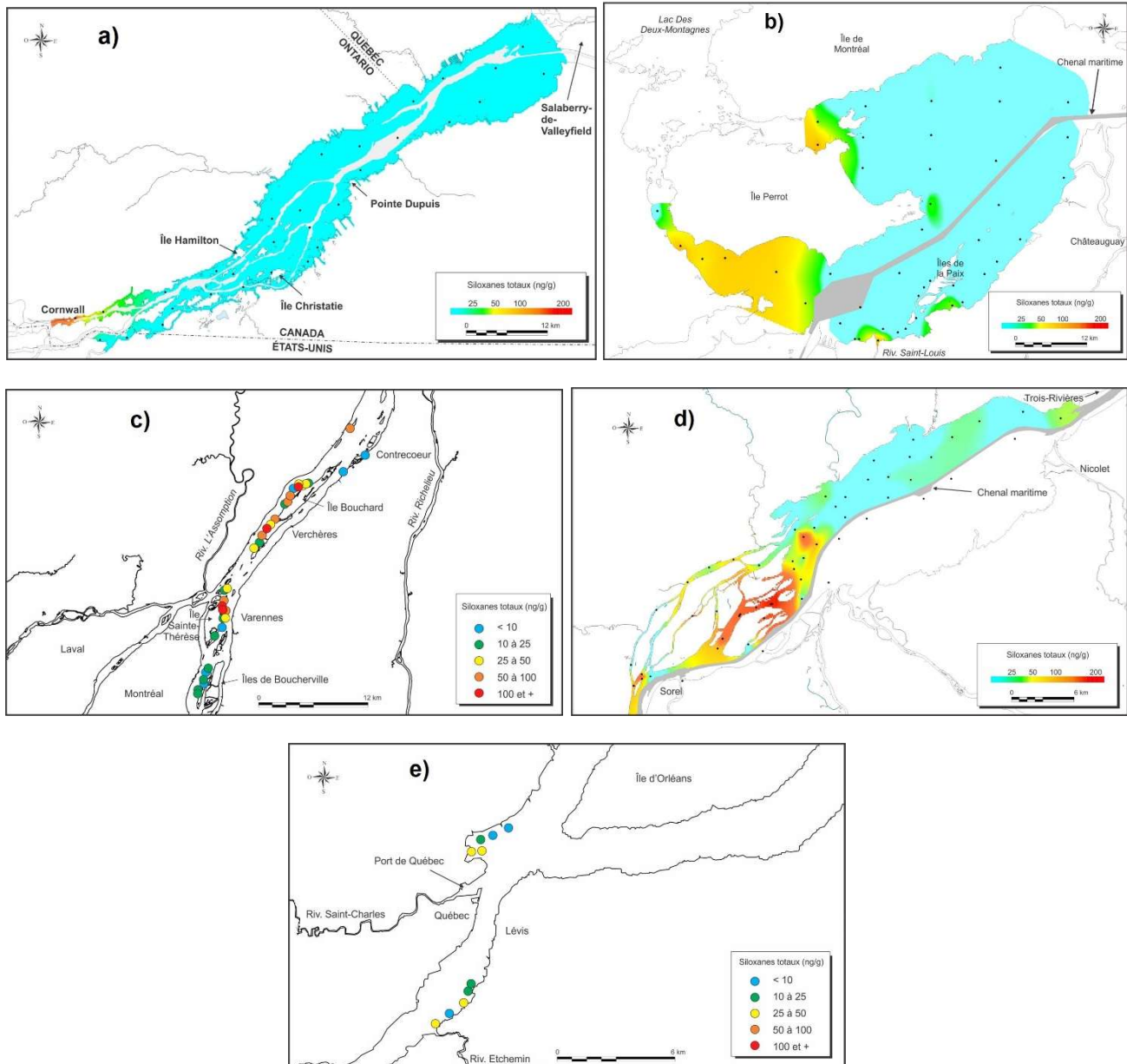


Figure 8 : Distribution des concentrations des siloxanes totaux dans les sédiments de surface du lac Saint-François (a), du lac Saint-Louis (b), du tronçon fluvial (c), du lac Saint-Pierre (d) et de la région de Québec (e).

Les sédiments de surface en aval de la ville de Cornwall, de chaque côté de l'île Perrot en aval de la ville de Vaudreuil-Dorion, dans le tronçon fluvial en aval de l'effluent de la ville de Montréal et en aval de Contrecoeur, entre les îles Berthier-Sorel, et dans le secteur de Québec présentent tous des concentrations élevées de siloxanes dépassant 25 ng/g et parfois plus de 100 ng/g.

La concentration la plus élevée est observée près de l'effluent de la ville de Montréal, avec 654 ng/g constitués à 83 % de siloxane D5. Le secteur nord-ouest de l'île Bouchard présente également des concentrations très élevées de 436 ng/g et de 277 ng/g. Le secteur de Contrecoeur ne semble pas affecté par ces contaminants par rapport au BPA. La partie amont du lac Saint-Pierre contient également des concentrations élevées dépassant 200 ng/g pour 6 échantillons prélevés entre les îles Berthier-Sorel. La concentration la plus élevée était de 516 ng/g au nord de l'île de Grâce.

Les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal montrent les effets de l'effluent; ils présentent des concentrations variant entre 1 230 ng/g et 4 367 ng/g à quelques kilomètres du point de rejet, et entre 600 ng/g et 1 000 ng/g à plus de 20 km en aval. Au deux endroits, les concentrations totales sont constituées à 80 % de D5 et à 17 % de D6.

Les carottes de sédiments prélevées au lac Saint-Pierre et dans les îles de Boucherville présentent des profils similaires avec des augmentations de concentration à la fin des années 1900 et des pics respectifs de 278 ng/g et de 65 ng/g en 2006 et en 2003. Les concentrations diminuent rapidement ensuite à l'approche des années 2010.

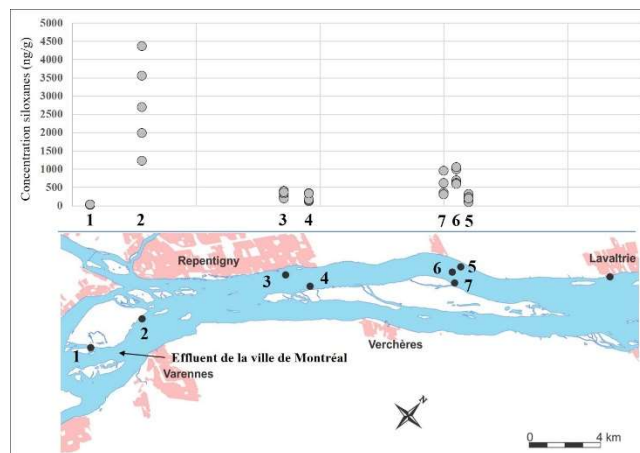


Figure 9 : Distribution des concentrations des siloxanes dans les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal.

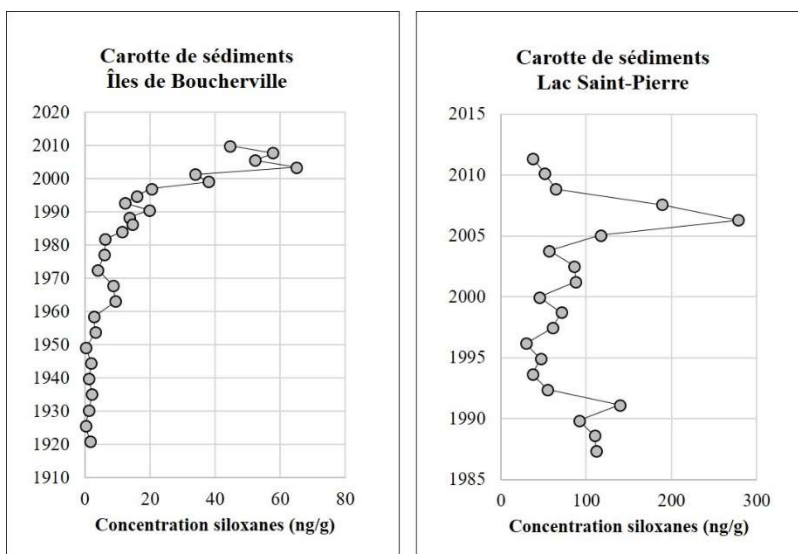


Figure 10 : Profils des siloxanes dans des carottes de sédiments provenant des îles de Boucherville (-73,4898 : 45,5927) et du lac Saint-Pierre (-72,9726 : 46,1339).

Tableau 5. Statistiques de base pour les siloxanes

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
Siloxanes totaux	Sédiments surface	182	74	<ldm	41	85	654
	Sédiments suspension	34	100	22	714	1 004	4 367
Hexaméthyl-cyclotrisiloxane (D3)	Sédiments surface	170	1	<ldm	-	-	1,8
	Sédiments suspension	34	0	<ldm	-	-	-
Octaméthyl-cyclotétrasiloxane (D4)	Sédiments surface	182	14	<ldm	1,7	3,5	26
	Sédiments suspension	34	85	<ldm	17	24	97
Décaméthyl-cyclopentasiloxane (D5)	Sédiments surface	182	67	<ldm	33	67	540
	Sédiments suspension	34	100	18	561	771	3 300
Dodécaméthyl-cyclohexasiloxane (D6)	Sédiments surface	182	42	<ldm	7,4	18	150
	Sédiments suspension	34	100	4	126	199	950
Hexaméthyl-disiloxane (L2)	Sédiments surface	170	8	<ldm	1,1	0,5	4,4
	Sédiments suspension	34	0	<ldm	-	-	-
Octaméthyl-trisiloxane (L3)	Sédiments surface	170	3	<ldm	<ldm	-	2,7
	Sédiments suspension	34	0	<ldm	-	-	-
Décaméthyl-tétrasiloxane (L4)	Sédiments surface	170	1	<ldm	<ldm	-	3,6
	Sédiments suspension	34	18	<ldm	2,0	2,5	11
Dodécaméthyl-pentasiloxane (L5)	Sédiments surface	170	4	<ldm	1,1	0,6	7,2
	Sédiments suspension	34	68	<ldm	9,0	17	91
Tétrakis(triméthylsilyloxy)silane (M4Q)	Sédiments surface	170	2	<ldm	<ldm	-	5,2
	Sédiments suspension	34	0	<ldm	-	-	-

* <ldm : Plus petit que la limite de détection de la méthode

Phtalates

Les résultats concernant les phtalates sont similaires à ceux des siloxanes. Ces substances sont utilisées comme plastifiants pour augmenter la flexibilité, la transparence, la durabilité et la longévité des plastiques. Les effluents sont les principales sources d'introduction de ces substances dans l'environnement. Pour cette raison, le secteur de Cornwall et le prolongement du panache de dispersion de l'effluent de la ville de Montréal dans le lac Saint-Pierre présentent respectivement des concentrations élevées de phtalates totaux de 4 650 ng/g et de 843 ng/g. La substance la plus abondante est le DEHP, qui représente environ 90 % des concentrations totales. Les autres substances parfois abondantes sont le DBP et le DIBP.

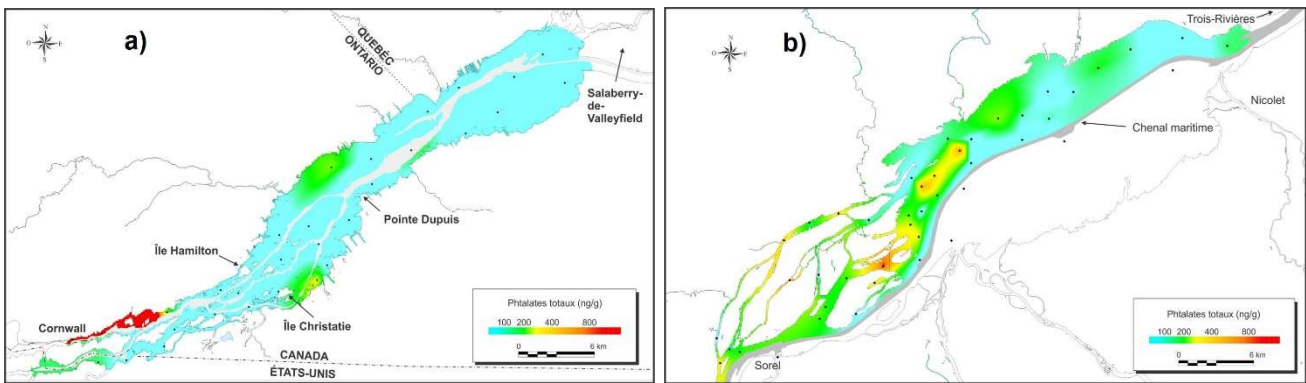


Figure 11 : Distribution des concentrations des phtalates totaux dans les sédiments de surface du lac Saint-François (a) et du lac Saint-Pierre (b).

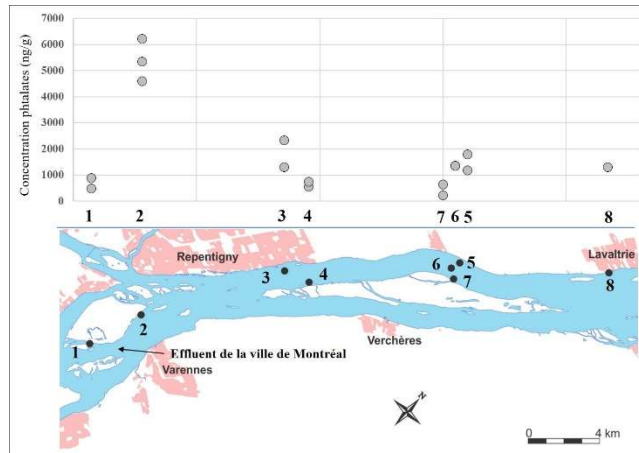


Figure 12 : Distribution des concentrations des phtalates dans les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal.

Les sédiments en suspension, prélevés en amont et en aval de l'effluent de Montréal, présentent tous des concentrations supérieures à 200 ng/g de phtalates totaux ainsi que les mêmes proportions de DEHP et de DBP et DIBP que ce que l'on trouve dans les sédiments de surface. Les concentrations les plus élevées se situent à proximité de l'effluent de la ville de Montréal et varient entre 4 593 ng/g et 6 214 ng/g. Il est à noter que le DOP et le DNP ont été détectés dans 100 % des échantillons, sauf dans un cas pour le DNP, et présentent des moyennes respectives de 40 ng/g et de 60 ng/g.

Tableau 6. Statistiques de base pour les phtalates

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
Phtalates totaux	Sédiments surface	74	80	<ldm	242	571	4 651
	Sédiments suspension	16	100	217	1 305	1 834	6 214
Phtalate de benzyl-butyle (BBP)	Sédiments surface	74	32	<ldm	5,0	10,7	68
	Sédiments suspension	16	63	<ldm	17,0	25,1	95
Phtalate de bis(2-éthoxyéthyle) (BEEP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Phtalate de bis(2-éthylhexyle) (DEHP)	Sédiments surface	74	66	<ldm	210	566	4 634
	Sédiments suspension	16	100	210	1 680	1 748	5 975
Phtalate de bis(2-méthoxyéthyle) (BMEP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Phtalate de bis(2-n-butoxyéthyle) (DBEP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Phtalate de bis(4-méthyle-2-pentyle) (DMPP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Phtalate de dibenzyle (DBZP)	Sédiments surface	74	3	<ldm	<ldm	0,2	2
	Sédiments suspension	16	31	<ldm	8,3	16,2	67
Phtalate de dicyclohexyle (DCHP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Phtalate de diéthyle (DEP)	Sédiments surface	74	19	<ldm	1,8	4,7	33
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Phtalate de di-isobutyle (DIBP)	Sédiments surface	74	12	<ldm	3,8	13,4	90
	Sédiments suspension	16	69	<ldm	5,9	5,7	20
Phtalate de diméthyle (DMP)	Sédiments surface	74	14	<ldm	0,6	1,7	10
	Sédiments suspension	16	13	<ldm	1,2	2,2	9
Phtalate de di-n-butyle (DBP)	Sédiments surface	74	27	<ldm	19,1	85,0	659
	Sédiments suspension	16	38	<ldm	87,0	206,7	806
Phtalate de di-n-hexyle (DHP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	6	<ldm	1,2	1,0	5
Phtalate de di-n-octyle (DOP)	Sédiments surface	74	8	<ldm	1,3	2,9	18
	Sédiments suspension	16	100	7,1	39,8	28,8	110
Phtalate de dinonyle (DNP)	Sédiments surface	74	14	<ldm	2,8	8,3	52
	Sédiments suspension	16	94	<ldm	56,9	53,9	178
Phtalate de di-n-pentyle (DPP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Phtalate de di-n-propyle (DnPP)	Sédiments surface	74	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-

* <ldm : Plus petit que la limite de détection de la méthode

Antioxydants

Le groupe des antioxydants peut être divisé en trois sous-groupes de substances : les diphénylaminés substitués (SDPA), les p-phénylènediamine (PPD) et les autres antioxydants. Dans les sédiments, les SDPA sont le plus souvent détectés, tandis que dans les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal, les SDPA et les PPD sont détectés dans plus de 80 % des échantillons. Comme le montrent les sédiments du lac Saint-Pierre, les SDPA ne sont pas uniquement liés au panache des eaux usées de la ville de Montréal s'écoulant au centre du lac avec une valeur de 69 ng/g, car plusieurs concentrations élevées dépassant 50 ng/g se situent dans la masse d'eau de l'Outaouais s'écoulant dans la rive nord du lac et sont possiblement liées à des sources locales.

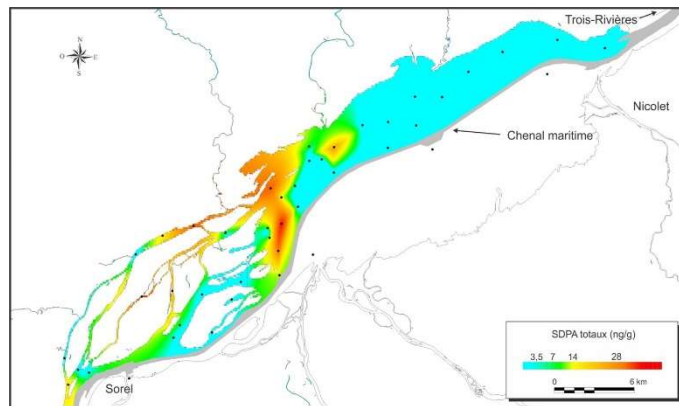


Figure 13 : Distribution des concentrations des SDPA totaux dans les sédiments de surface du lac Saint-Pierre.

Les sédiments en suspension montrent un lien direct avec les eaux de l'effluent de la ville de Montréal et atteignent près de 600 ng/g près de l'effluent. Cependant les PPD montrent également des concentrations élevées dans la masse d'eau de l'Outaouais provenant des rivières de La Prairie et des Mille-Îles qui recueillent quelques effluents urbains de la couronne nord de Montréal.

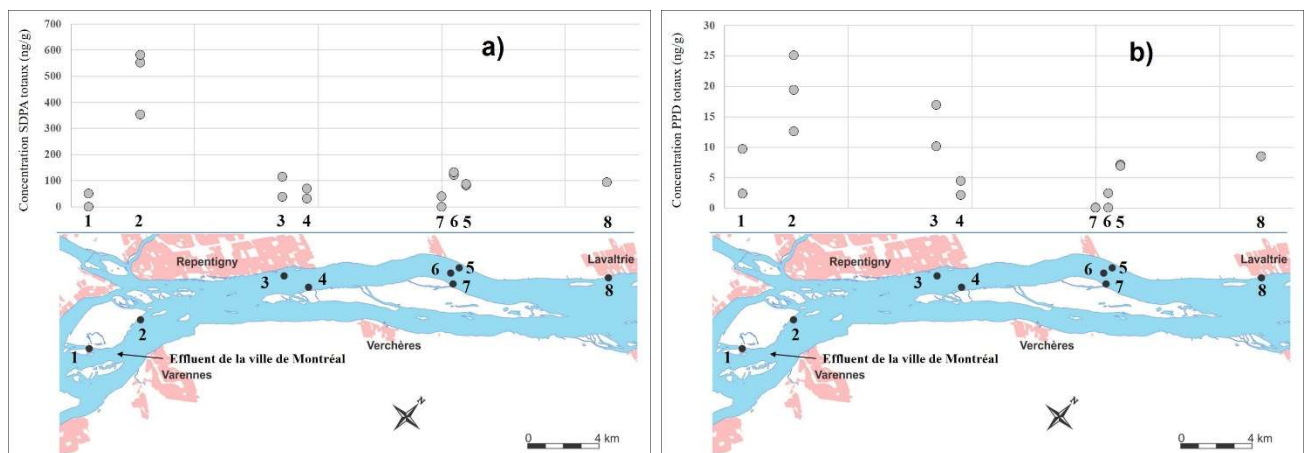


Figure 14 : Distribution des concentrations des SDPA totaux (a) et des PPD totaux (b) dans les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal.

Tableau 7. Statistiques de base pour les antioxydants

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
Antioxydants totaux	Sédiments surface	44	52	<ldm	13,7	25,2	96,0
	Sédiments suspension	16	94	<ldm	155,1	189,2	601,8
Diphénylamines substituées (SDPA) totaux	Sédiments surface	44	52	<ldm	13,7	25,2	96,0
	Sédiments suspension	16	94	<ldm	155,1	189,2	601,8
Monobutyl DPA / <i>Vanlube</i>	Sédiments surface	44	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	6	<ldm	0,7	2,3	9,3
Monostyrenated DPA 1 / <i>BNST</i>	Sédiments surface	44	5	<ldm	0,3	1,0	6,4
	Sédiments suspension	16	81	<ldm	8,6	10,4	34,0
Monoocetyl DPA / <i>BNST</i> + <i>Vanlube</i>	Sédiments surface	44	9	<ldm	0,7	2,2	11,0
	Sédiments suspension	16	31	<ldm	4,1	7,8	22,3
Dibutyl DPA / <i>Vanlube</i>	Sédiments surface	44	7	<ldm	0,3	0,8	3,9
	Sédiments suspension	16	25	<ldm	2,1	4,1	11,0
Monononyl-DPA / <i>Irganox</i>	Sédiments surface	44	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	19	<ldm	14,0	34,0	100,0
Monostyrenated-DPA 2 / <i>BNST</i>	Sédiments surface	44	2	<ldm	<ldm	1,1	7,3
	Sédiments suspension	16	50	<ldm	4,9	5,5	15,0
Monobutyl-monoocetyl DPA / <i>Vanlube</i>	Sédiments surface	44	25	<ldm	2,2	6,1	32,0
	Sédiments suspension	16	63	<ldm	9,8	13,4	43,0
Monoocetyl-monostyrenated DPA 1 / <i>BNST</i>	Sédiments surface	44	9	<ldm	0,4	1,0	5,3
	Sédiments suspension	16	6	<ldm	0,2	0,6	2,3
Monoocetyl-monostyrenated DPA 2 / <i>BNST</i>	Sédiments surface	44	5	<ldm	0,2	0,6	3,5
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Dioctyl DPA / <i>BNST</i> + <i>Vanlube</i>	Sédiments surface	44	16	<ldm	1,3	3,7	17,6
	Sédiments suspension	16	44	<ldm	10,7	19,7	65,0
Dinonyl DPA / <i>Irganox</i>	Sédiments surface	44	11	<ldm	3,8	11,3	46,0
	Sédiments suspension	16	75	<ldm	82,0	105,5	360,0
Monoocetyl-monostyrenated DPA 3 / <i>BNST</i>	Sédiments surface	44	16	<ldm	0,5	1,1	4,6
	Sédiments suspension	16	19	<ldm	0,7	1,7	6,6
Dioctyl-monostyrenated DPA / <i>BNST</i>	Sédiments surface	44	11	<ldm	0,8	2,1	8,4
	Sédiments suspension	16	13	<ldm	0,5	1,1	4,0
Dimethyl-distyrenated DPA / <i>Naugalube</i>	Sédiments surface	44	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	44	<ldm	9,7	17,6	69,0
p-phénylènediamine (PPD) totaux	Sédiments surface	44	25	<ldm	1,4	4,5	28,0
	Sédiments suspension	16	81	<ldm	8,0	7,4	25,1
Diphenyl PPD / <i>Benpat</i>	Sédiments surface	44	23	<ldm	1,0	2,3	13,0
	Sédiments suspension	16	63	<ldm	2,7	2,7	7,8
Phenyl-tolyl PPD / <i>Benpat</i>	Sédiments surface	44	7	<ldm	0,6	2,3	15,0
	Sédiments suspension	16	63	<ldm	4,1	3,8	12,0
Ditolyl PPD / <i>Benpat</i>	Sédiments surface	44	2	<ldm	<ldm	0,1	1,0
	Sédiments suspension	16	25	<ldm	1,4	2,4	7,3
Autres antioxydants	Sédiments surface	44	11	<ldm	2,5	14,5	96,0
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Diphenylamine (DPA) / <i>BNST</i> + <i>Prepod</i> + <i>Vanlube</i>	Sédiments surface	44	2	<ldm	<ldm	0,3	2,3
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Isopropyl DPA / <i>Prepod</i>	Sédiments surface	44	5	<ldm	0,2	0,3	1,6
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
9,9-diméthylacrydan / <i>Prepod</i>	Sédiments surface	44	2	<ldm	<ldm	0,6	3,9
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
Isopropyl diméthylacridan / <i>Prepod</i>	Sédiments surface	44	2	<ldm	<ldm	0,3	2,3
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
di-isopropyl-diméthylacridan / <i>Prepod</i>	Sédiments surface	44	0	<ldm	-	-	-
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-
DPA Dimer 1 / <i>Prepod</i>	Sédiments surface	44	2	<ldm	2,3	14,5	96,0
	Sédiments suspension	16	0	<ldm	-	-	-

* <ldm : Plus petit que la limite de détection de la méthode

Naphtalènes polychlorés (PCN)

Les naphtalènes polychlorés (PCN) ont été utilisés comme substances ignifuges depuis l'interdiction des BPC sur les marchés commerciaux. Quelques analyses des PCN avaient été réalisées dans le cadre d'une étude universitaire (Boyer, 2003), mais aucun suivi n'avait été effectué. En 2012, l'analyse de ces substances est devenue de plus en plus importante afin d'en dresser un portrait plus exhaustif. Bien que l'utilisation de ces substances ait été très limitée, les sédiments du lac Saint-Louis en ont gardé une empreinte assez similaire à celle des BPC, avec un pic de concentration au début des années 1970. Les PCN les plus abondants, avec des concentrations supérieures à 0,6 ng/g, sont les octo-PCN. Toutefois, les groupes qui sont toujours détectés sont les tétra-PCN et les penta-PCN. Globalement, les concentrations les plus élevées se situaient dans le secteur de Beauharnois, entre le canal de Beauharnois et la rivière Saint-Louis, et s'établissaient entre 0,5 ng/g et 2,5 ng/g.

Tableau 8. Statistiques de base pour les naphtalènes polychlorés

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
Naphtalènes polychlorés totaux (PCN)	Sédiments surface	23	100	0,028	0,402	0,554	2,586
Tri-PCN	Sédiments surface	23	4	<ldm*	-	-	0,007
Tétra-PCN	Sédiments surface	23	100	0,017	0,084	0,083	0,130
Penta-PCN	Sédiments surface	23	100	0,006	0,077	0,086	0,150
Hexa-PCN	Sédiments surface	23	96	<ldm	0,110	0,125	0,240
Hepta-PCN	Sédiments surface	23	96	<ldm	0,081	0,157	0,410
Octa-PCN	Sédiments surface	23	78	<ldm	0,049	0,141	0,680

* <ldm : Plus petit que la limite de détection de la méthode

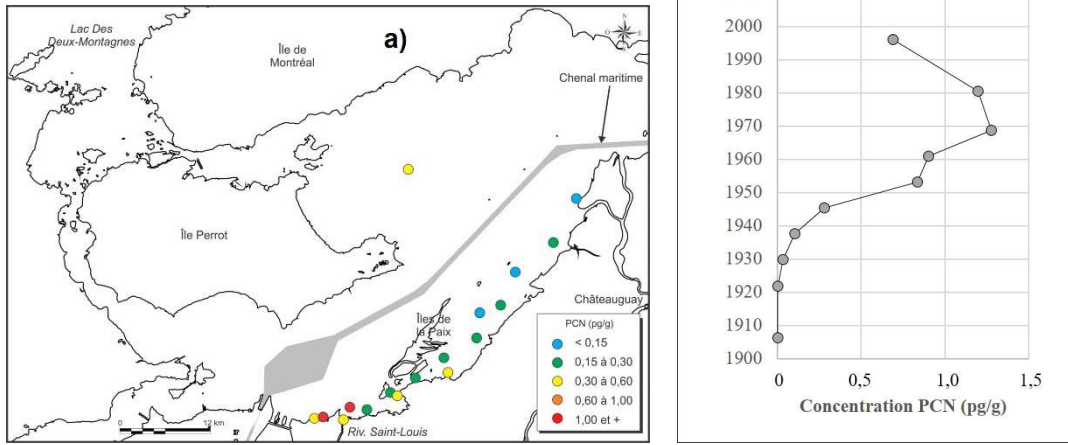


Figure 15 : Distribution des concentrations des naphtalènes polychlorés (PCN) totaux dans les sédiments de surface du lac Saint-Louis (a) et dans une carotte de sédiments du lac Saint-Louis (-73,8356 : 45,3358) (b).

Polybromodiphényléthers (PBDE)

Les polybromodiphényléthers ont été abondamment utilisés au début des années 2000 comme substances ignifuges dans de nombreux produits commerciaux. Aujourd'hui réglementées et interdites d'utilisation, ces substances sont principalement entrées dans l'environnement par les effluents municipaux, le lessivage des sites d'enfouissement et les poussières provenant de l'usure des biens de consommation. Parmi les 209 congénères de PBDE, les BDE 99 et 100 sont deux PBDE à 5 bromes particulièrement délétères pour la faune aquatique et provoquant des perturbations endocriniennes. La réglementation canadienne a établi à 0,4 ng/g la concentration dans les sédiments pouvant produire des effets pour ces deux substances (ECCC, 2011).

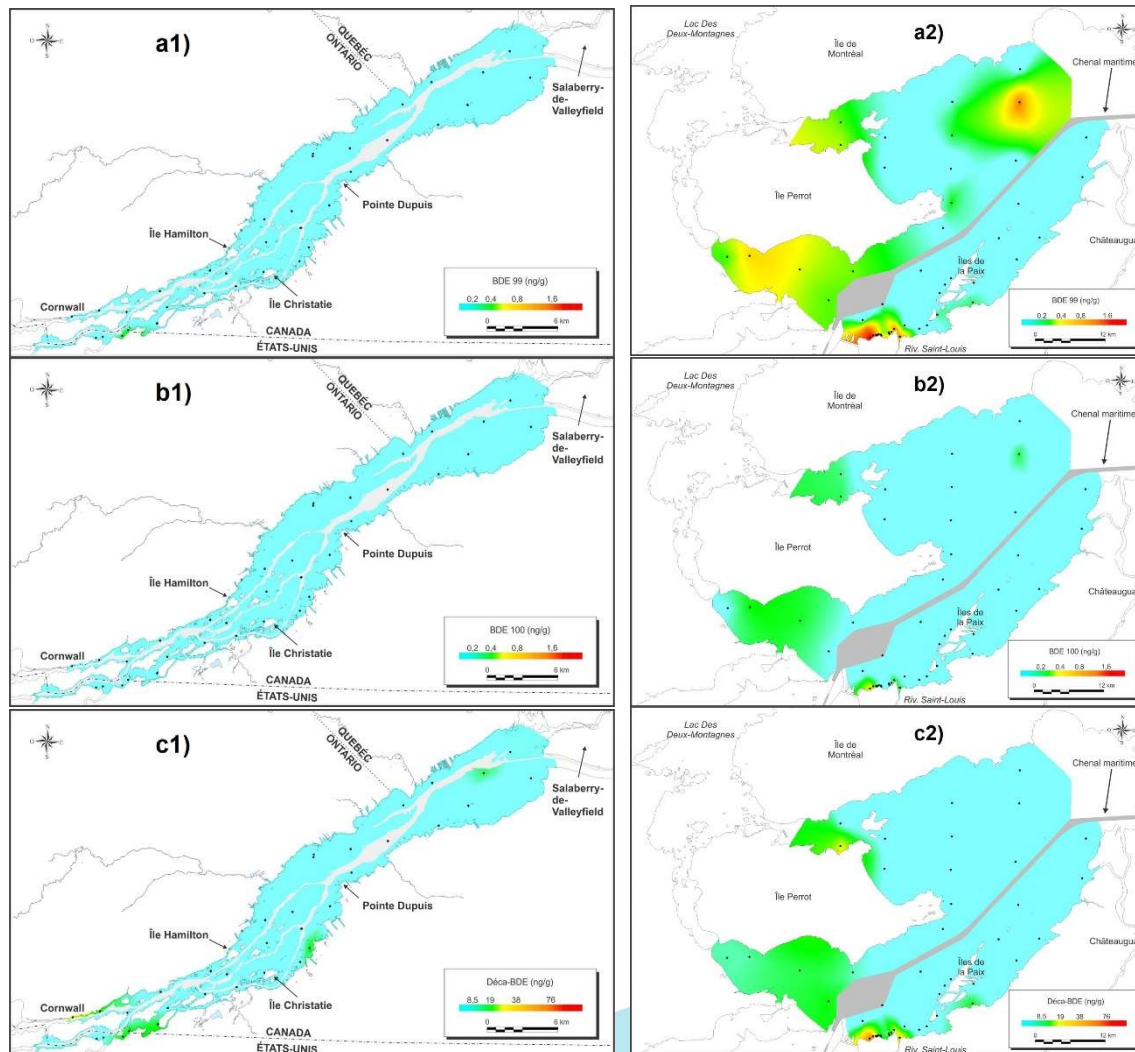


Figure 16. Distribution des concentrations de BDE 99 (a), de BDE 100 (b) et de déca-BDE (c) dans les sédiments de surface du lac Saint-François (1) et du lac Saint-Louis (2).

Tableau 9. Statistiques de base pour les polybromodiphényléthers (PBDE)

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)	
Polybromodiphényléthers totaux (PBDE)	Sédiments surface	249	98	<ldm	15,9	29,5	356,100	
	Sédiments suspension	36	100	6,65	38,1	18,2	127,220	
Tri-BDE	BDE-17/25	Sédiments surface	249	14	<ldm*	0,021	0,034	0,240
		Sédiments suspension	36	58	<ldm	0,074	0,092	0,370
	BDE-28/33	Sédiments surface	249	24	<ldm	0,023	0,062	0,920
		Sédiments suspension	36	86	<ldm	0,129	0,168	1,000
Tétra-BDE	BDE-47	Sédiments surface	249	87	<ldm	0,606	0,759	6,500
		Sédiments suspension	36	100	0,600	4,058	3,206	13,000
	BDE-49	Sédiments surface	249	42	<ldm	0,086	0,179	1,300
		Sédiments suspension	36	94	<ldm	0,248	0,211	0,870
	BDE-66	Sédiments surface	249	7	<ldm	0,015	0,021	0,218
		Sédiments suspension	36	81	<ldm	0,073	0,069	0,280
	BDE-71	Sédiments surface	249	3	<ldm	0,014	0,036	0,500
		Sédiments suspension	36	0	<ldm	-	-	-
	BDE-77	Sédiments surface	249	1	<ldm	0,011	0,007	0,120
		Sédiments suspension	36	0	<ldm	-	-	-
Penta-BDE	BDE-85	Sédiments surface	249	4	<ldm	0,014	0,040	0,620
		Sédiments suspension	36	64	<ldm	0,166	0,432	2,600
	BDE-99	Sédiments surface	249	86	<ldm	0,546	0,740	5,800
		Sédiments suspension	36	100	0,510	3,461	3,153	12,000
	BDE-100	Sédiments surface	249	67	<ldm	0,126	0,175	1,300
		Sédiments suspension	36	97	<ldm	0,743	0,610	2,300
	BDE-119/120	Sédiments surface	249	1	<ldm	0,012	0,024	0,395
		Sédiments suspension	36	3	<ldm	0,011	0,008	0,060
BDE-126	Sédiments surface	249	3	<ldm	0,017	0,063	0,840	
	Sédiments suspension	36	0	<ldm	-	-	-	
Hexa-BDE	BDE-138/166	Sédiments surface	249	7	<ldm	0,046	0,220	2,500
		Sédiments suspension	36	6	<ldm	0,021	0,049	0,280
	BDE-153	Sédiments surface	249	43	<ldm	0,101	0,193	1,600
		Sédiments suspension	36	92	<ldm	0,339	0,283	1,100
	BDE-154	Sédiments surface	249	43	<ldm	0,068	0,113	0,822
		Sédiments suspension	36	89	<ldm	0,254	0,227	0,910
BDE-156	Sédiments surface	249	5	<ldm	0,056	0,292	3,300	
	Sédiments suspension	36	3	<ldm	0,014	0,025	0,160	
Hepta-BDE	BDE-183	Sédiments surface	249	44	<ldm	0,173	0,475	4,700
		Sédiments suspension	36	92	<ldm	0,148	0,113	0,630
	BDE-184	Sédiments surface	249	11	<ldm	0,037	0,154	1,800
		Sédiments suspension	36	0	<ldm	-	-	-
BDE-191	Sédiments surface	249	8	<ldm	0,059	0,243	2,400	
	Sédiments suspension	36	0	<ldm	-	-	-	
Octa-BDE	BDE-196	Sédiments surface	249	11	<ldm	0,086	0,346	3,100
		Sédiments suspension	36	50	<ldm	0,091	0,104	0,350
	BDE-197	Sédiments surface	249	17	<ldm	0,112	0,380	2,700
		Sédiments suspension	36	75	<ldm	0,128	0,111	0,530
Nona-BDE	BDE-206	Sédiments surface	249	32	<ldm	0,391	0,994	6,800
		Sédiments suspension	36	75	<ldm	0,388	0,345	1,200
	BDE-207	Sédiments surface	249	36	<ldm	0,407	1,042	7,400
		Sédiments suspension	36	75	<ldm	0,364	0,332	1,100
Déca-BDE	BDE-209	Sédiments surface	249	93	<ldm	13,238	28,089	350,000
		Sédiments suspension	36	100	3,500	27,453	17,970	93,000

* <ldm : Plus petit que la limite de détection de la méthode

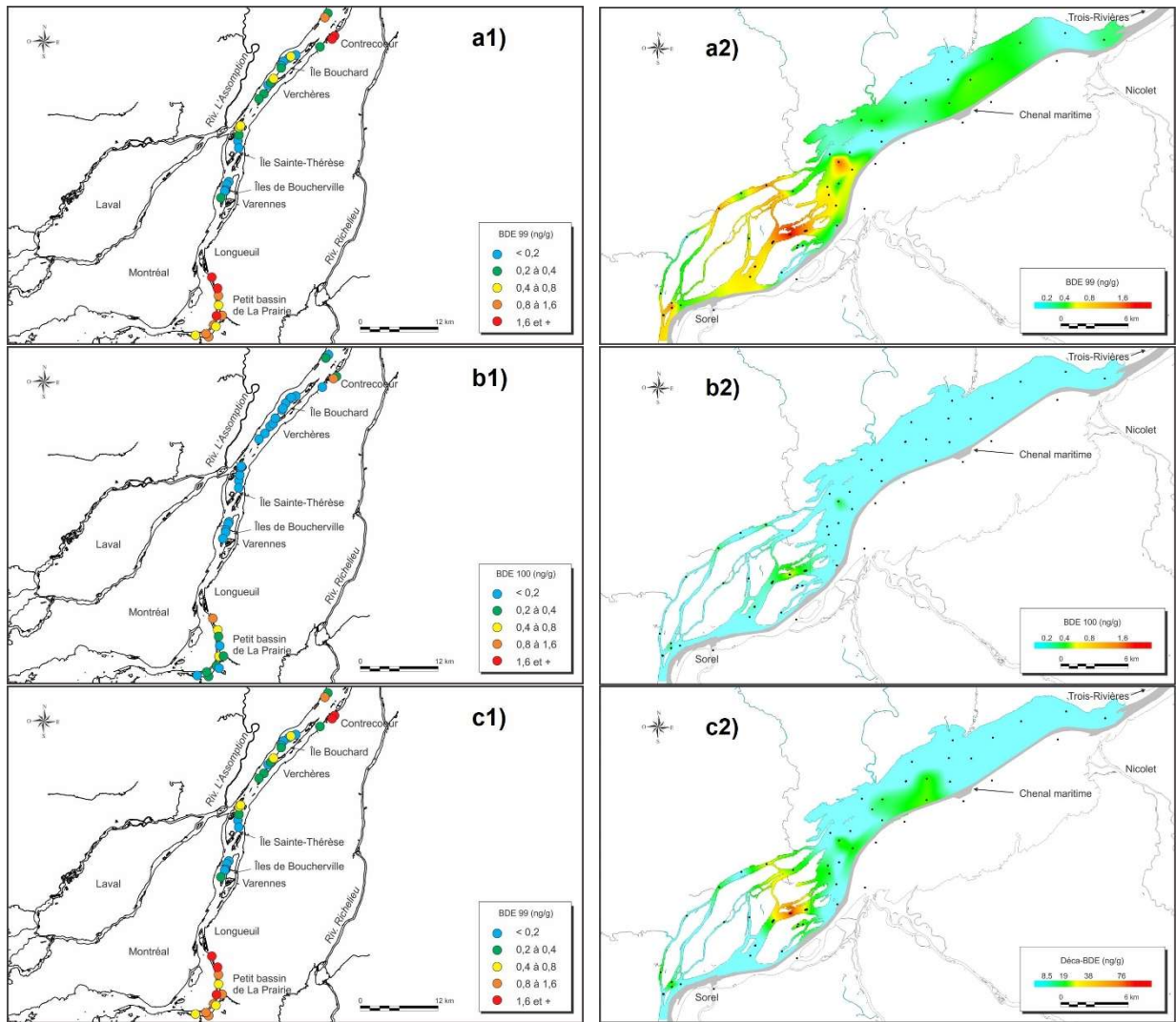


Figure 17. Distribution des concentrations de BDE 99 (a), de BDE 100 (b) et de déca-BDE (c) dans les sédiments de surface du tronçon fluvial (1) et du lac Saint-Pierre (2).

Le BDE 209 est le plus abondant de l'ensemble des PBDE et représente environ 80 % du total de tous les PBDE dans les sédiments. Le BDE 209 se dégrade en perdant des bromes de sa structure et en formant des nona-BDE (PBDE à 9 bromes). La réglementation canadienne pour la protection de l'environnement a établi une ligne directrice à 19 ng/g pour la présence du déca-BDE dans les sédiments (ECCC, 2011).

Au lac Saint-Pierre, les concentrations de BDE 99 dépassent la ligne directrice pour cette substance dans 45 % des échantillons récoltés en 2013. La concentration la plus élevée de BDE 209 était de 57 ng/g, et celle de BDE-99, de 1,8 ng/g. La majorité des concentrations élevées se situe entre les îles de Berthier-Sorel, dans le prolongement du panache de dispersion de l'effluent de la ville de Montréal.

Les 11 échantillons prélevés dans le secteur du Petit Bassin de La Prairie en 2014 présentaient tous des concentrations supérieures à la ligne directrice du BDE 99, avec une moyenne de 1,6 ng/g et une concentration maximum de 5,8 ng/g.

Plus de 50 % de ces échantillons affichaient également des concentrations dépassant la ligne directrice du déca-BDE, avec une moyenne de 55 ng/g et une concentration maximum de 350 ng/g. La source de ces PBDE dans le Petit Bassin de La Prairie demeure inconnue.

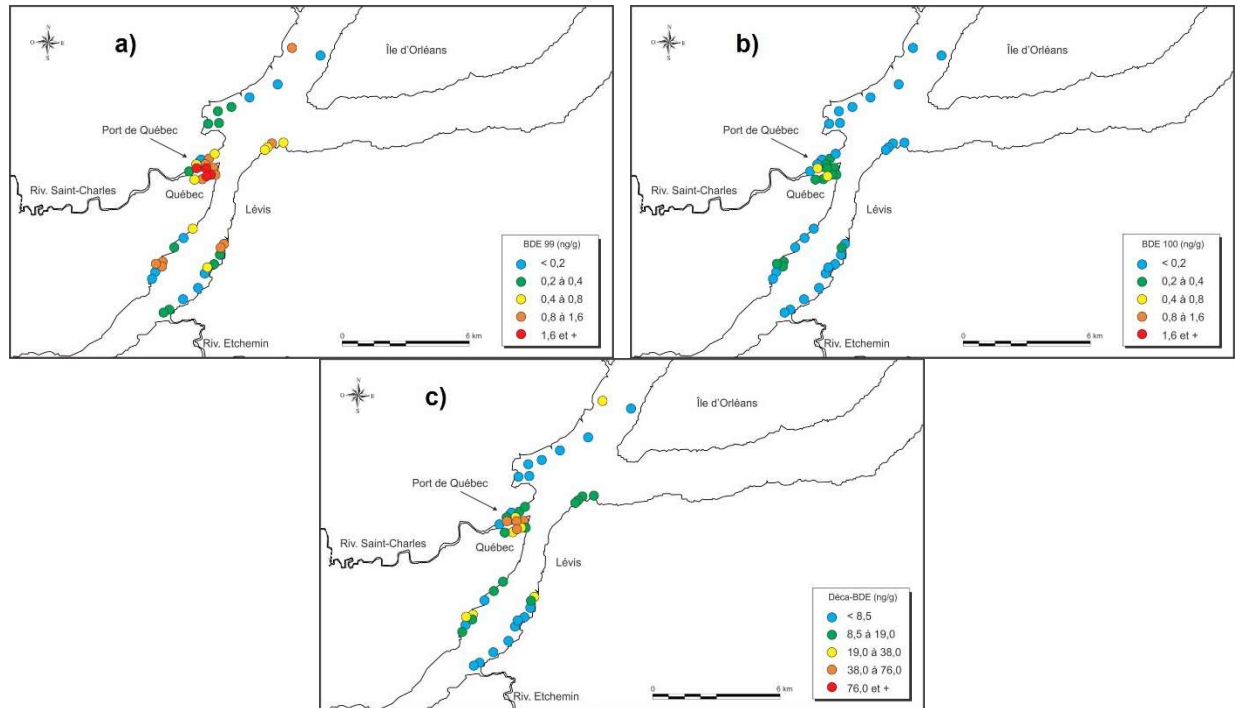


Figure 18. Distribution des concentrations de BDE 99 (a), de BDE 100 (b) et de déca-BDE (c) dans les sédiments de surface de la région de Québec.

Le secteur de Québec est principalement affecté par les PBDE dans sa zone portuaire pour le déca-BDE, mais le BDE-99 se trouve également un peu partout le long des deux rives. Les concentrations maximales observées pour le BDE-99, le BDE-100 et le BDE-209 étaient respectivement de 2,8 ng/g, de 0,6 ng/g et de 50 ng/g. Les sources principales de ces concentrations de PBDE sont vraisemblablement l'effluent de la ville de Québec et ses zones de surverse ainsi que les effluents des villes avoisinantes.

Les sédiments en suspension recueillis en aval de l'effluent des eaux usées de la ville de Montréal présentent presque tous des concentrations dépassant les lignes directrices pour les sédiments. Pour le BDE-99, le BDE 10 et le déca-BDE, les concentrations les plus élevées mesurées près de l'effluent étaient respectivement de 12 ng/g, de 2,3 ng/g et de 93 ng/g.

Dans le même ordre, les concentrations moyennes pour l'ensemble de l'étude, amont et aval confondus, étaient respectivement de 3,5 ng/g, de 0,7 ng/g et de 27,5 ng/g. Il faut noter que ces concentrations sont relativement peu élevées par rapport aux concentrations moyennes et maximales mesurées dans le Petit Bassin de La Prairie.

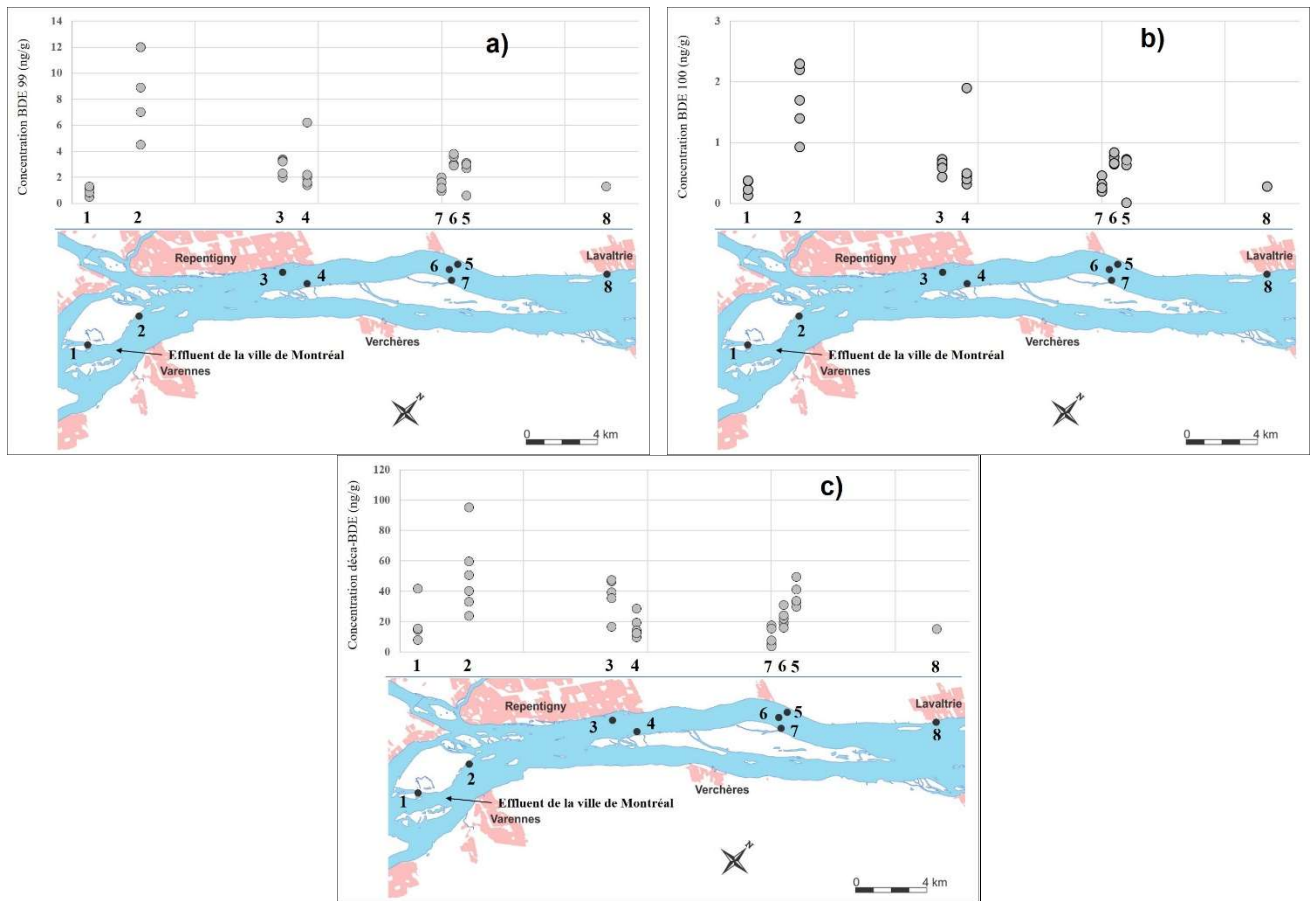


Figure 19 : Distribution des concentrations de BDE-99 (a), de BDE-100 (b) et de déca-BDE (c) dans les sédiments en suspension du site multimédia de Montréal.

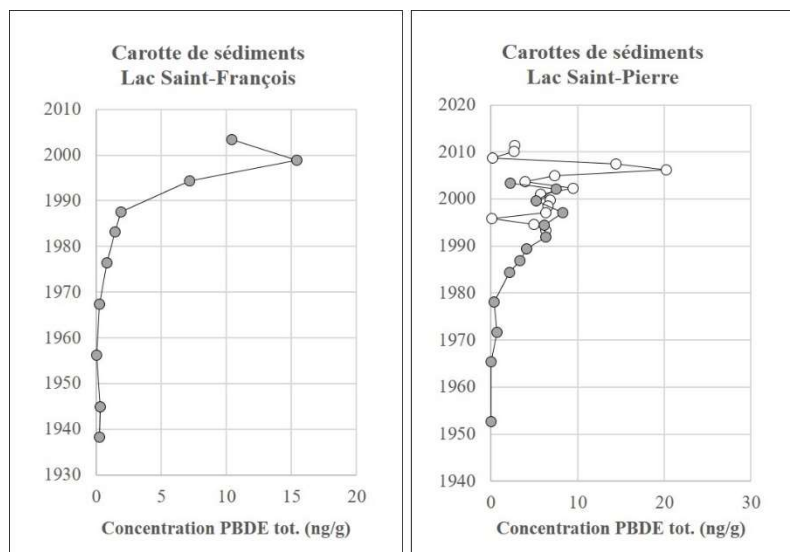


Figure 20 : Profils des PBDE totaux dans des carottes de sédiments provenant du lac Saint-François (-74,1923 : 45,2433) et du lac Saint-Pierre (-72,9726 : 46,1339 et -72,9784 : 46,1434).

Les profils des PBDE totaux obtenus à partir des carottes de sédiments des lacs Saint-François et Saint-Pierre montrent que les concentrations ont progressivement augmenté dans les sédiments à partir des années 1980. Des concentrations maximales presque similaires de 15 ng/g et de 22 ng/g ont été observées respectivement en 2000 dans le lac Saint-François et en 2006 dans le lac Saint-Pierre. Il faut noter que la carotte de sédiments du lac Saint-François a été prélevée avant le maximum obtenu au lac Saint-Pierre. Il serait pertinent de refaire cet échantillonnage d'une carotte de sédiments afin de mettre à jour le portrait de la contamination et d'établir la date du pic maximum. Au lac Saint-Pierre, les concentrations diminuent très rapidement à l'approche de la surface pour se situer environ à 2,5 ng/g vers le début des années 2010. Ceci corrobore les résultats obtenus pour les sédiments de surface au cours des collectes de 2003 et de 2013. En effet, on notait une diminution de plus de 59 % des concentrations de surface du BDE-99 entre ces deux campagnes de surveillance (Pelletier, 2018).

Retardateurs de flamme halogénés (FRH)

Les retardateurs de flamme halogénés ont fait l'objet d'analyses dans deux secteurs du fleuve Saint-Laurent afin de vérifier leur présence et d'établir des niveaux de références de ces substances pour la suite des travaux de surveillance. Plusieurs de ces substances sont peu ou pas détectées dans les sédiments de surface. Le BEHTBP (bis(2-éthyl-1-hexyle) tétrabromophtalate) est détecté dans 72 % des échantillons avec une concentration moyenne de 0,5 ng/g et une concentration maximale de 6,4 ng/g. Toutefois, les concentrations les plus élevées sont liées au γ -1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododécane (γ -HBCD), principalement présent dans le port de Québec avec une concentration de 18 ng/g.

Parmi les autres retardateurs de flamme halogénés, il faut noter la présence de 2-éthylhexyl-2,3,4,5-tétrabromobenzoate (EHTBB), de décabromodiphényléthane (DBDPE), d'allyle 2,4,6-tribromophényle éther (ATE) et de pentabromotoluène (PBT). Toutes ces substances devraient faire l'objet d'études subséquentes compte tenu de leurs effets potentiels sur la faune aquatique.

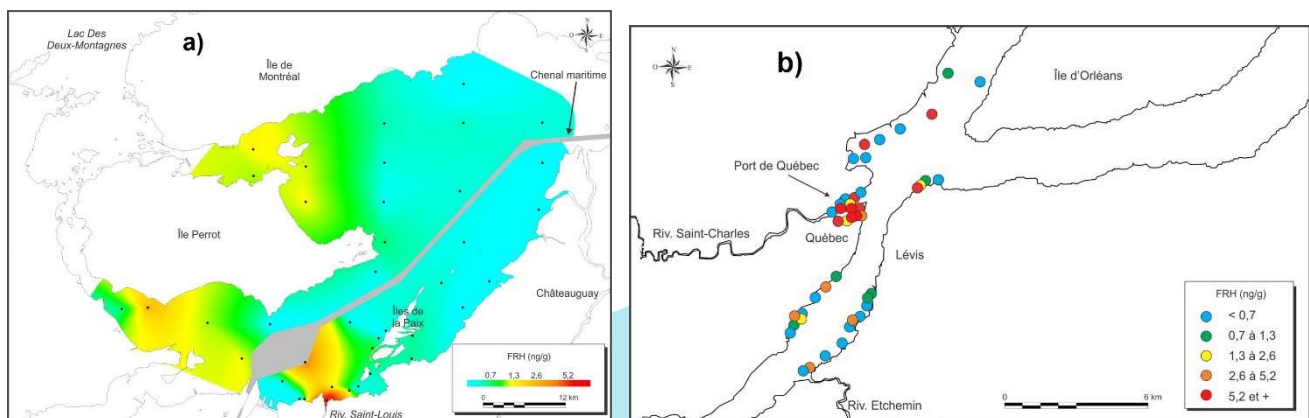


Figure 21 : Distribution des concentrations des retardateurs de flamme halogénés (FRH) totaux dans les sédiments de surface du lac Saint-Louis (a) et le secteur de Québec (b).

Tableau 10. Statistiques de base pour les retardateurs de flamme halogénés (FRH)

Substance	Matériel	Nombre d'échantillons analysés	% de détection	Minimum (ng/g)	Moyenne (ng/g)	Écart-type (ng/g)	Maximum (ng/g)
Retardateurs de flamme halogénés (FRH)	Sédiments surface	88	92	<ldm	1,894	3,362	18,050
1,2,3,4,5-pentabromobenzène (PBBe)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
1,2-Bis(2,4,6-tribromophénoxy) éthane (BTBPE)	Sédiments surface	88	2	<ldm	0,010	0,064	0,530
2,2',4,5,5'-pentabromobiphényle (BB-101)	Sédiments surface	88	2	<ldm	0,002	0,007	0,066
2,3,5,6-tétrabromo-p-xylène (pTBX)	Sédiments surface	88	1	<ldm	<ldm	0,001	0,012
2,3-dibromopropyle 2,4,6-tribromophényle éther (DPTE)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
2-bromoallyle 2,4,6-tribromophényle éther (BATE)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
2-éthylhexyl-2,3,4,5-tétrabromobenzoate (EHTBB)	Sédiments surface	88	38	<ldm	0,048	0,087	0,460
α-1,2,5,6-tétrabromocyclooctane (α-TBCO)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
Allyle 2,4,6-tribromophényle éther (ATE)	Sédiments surface	88	18	<ldm	0,023	0,139	1,300
anti-Dechlorane Plus® (anti-DP)	Sédiments surface	88	2	<ldm	0,113	0,089	0,870
α-tétrabromoéthylcyclohexane (α-TBECH)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
Bis(2-éthyl-1-hexyle) tétrabromophtalate (BEHTBP)	Sédiments surface	88	72	<ldm	0,512	0,944	6,400
Décabromodiphényléthane (DBDPE)	Sédiments surface	88	18	<ldm	0,290	0,627	5,200
Hexabromobenzène (HBB)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
Hexachlorocyclopentenyl-dibromocyclooctane (HCDBCO)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
Octabromotriméthylphénylindane (OBIND)	Sédiments surface	88	6	<ldm	0,028	0,097	0,830
Pentabromobenzyle acrylate (PBBA)	Sédiments surface	88	1	<ldm	0,002	0,006	0,057
Pentabromoéthylbenzène (PBEB)	Sédiments surface	88	2	<ldm	0,005	0,041	0,390
Pentabromotoluène (PBT)	Sédiments surface	88	18	<ldm	<ldm	0,003	0,013
β-tétrabromoéthylcyclohexane (β-TBECH)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
syn-Dechlorane Plus® (syn-DP)	Sédiments surface	88	0	<ldm	-	-	-
Tétrabromo-o-chlorotoluène (TBCT)	Sédiments surface	88	1	<ldm	<ldm	0,001	0,010
γ-1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododécane (γ-HBCD)	Sédiments surface	88	25	<ldm	0,991	2,857	18,000

* <ldm : Plus petit que la limite de détection de la méthode

Conclusion

Les concentrations dans les sédiments des différentes substances d'intérêt émergent peuvent varier considérablement entre les différents secteurs du fleuve Saint-Laurent. Ces nouvelles substances sont généralement en lien direct avec la présence d'effluents municipaux. La présence de ces contaminants dans l'environnement est considérée comme diffuse, car les apports sont multiples et ne sont pas directement liés à une usine de fabrication, mais plutôt à l'utilisation de produits commerciaux par la population. Contrairement aux biphényles polychlorés (BPC) ou au mercure (Hg), des contaminants très abondants dans l'environnement durant le dernier siècle, ces nouveaux contaminants sont plus difficiles à cibler et à circonscrire afin d'en éliminer les sources. Le programme du PGPC permet en premier lieu d'identifier les substances les plus problématiques pour la faune aquatique, puis de dresser un portrait de la situation en vue d'intervenir au besoin dans le milieu. Les mesures de restriction et d'interdiction promulguées par le gouvernement du Canada permettent de limiter les répercussions sur l'environnement canadien. Toutefois, il faudra que les générations à venir restent vigilantes afin de préserver le milieu pour la vie aquatique de nos lacs et rivières.

Bibliographie

- Boyer, J., L., Poissant, M. Garmouma, et M. Pilote. 2003. *Physical and Chemical Study in Lake St. Louis (Quebec): Results from Multi-Media and Multi-Species Survey*. Résumé de présentation, 2^{ème} Symposium international sur les sédiments contaminés : caractérisation, évaluation, atténuation/restauration, gestion stratégique de la performance, 26-28 mai, 2003, Québec, Canada.
- Desrosiers, M. M. Houde et M. Pelletier, (en préparation). *Les contaminants organiques d'intérêt émergent : une préoccupation pour les écosystèmes d'eau douce du Québec – Une nouvelle réalité, de nouveaux défis*. Fiche d'information du Plan d'action Saint-Laurent publié par le ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec et Environnement et Changement climatique Canada. 27p.
- CCME – Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2002. *Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : Protection de la vie aquatique – Le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés*, dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. Winnipeg.
- ECCC, 2011. *Les polybromodiphényléthers dans l'environnement canadien*. Fiche d'information sur le monitoring et la surveillance de l'environnement à l'appui du Plan de gestion des produits chimiques. Environnement et Changement climatique Canada, 10p. ISBN : 978-1-100-98177-2.
- ECCC, 2018. *Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement - Bisphénol A*. Fiche d'information de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999). Environnement et Changement climatique Canada, 14p.
- Pelletier M. 2018. *État de la qualité des sédiments du lac Saint-Pierre en 2013*. Fiche d'information du Suivi de l'état du Saint-Laurent, Environnement et Changement climatique Canada. 8p. ISBN : 978-0-660-25235-3.

Rédaction

Magella Pelletier

Environnement et Changement climatique Canada,
Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau.

Remerciement

Un merci particulier à Mélanie Desrosiers du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, pour ses commentaires et ses précieux conseils.

N° de cat. En154-128/2021F-PDF
ISBN : 978-0-660-37525-0

Publié avec l'autorisation de

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2021

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec

© Gouvernement du Québec, 2021

Also available in English under the title: Status of substances of emerging concern in bottom sediments and suspended sediments in the St. Lawrence.