



## Teneurs en polybromodiphényléthers (PBDE) dans les poissons du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008)

Avril 2011



**Photos de la page couverture (de haut en bas) :**

- Pêche au filet dans le fleuve Saint-Laurent, lac Saint-Pierre (photo : Marie-Josée Boisvert, ministère des Ressources naturelles et de la Faune)
- Au laboratoire, les fioles contenant les extraits sont placées dans l'appareil de chromatographie en phase gazeuse, pour l'analyse (photo : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec)
- Pêche au filet dans le fleuve Saint-Laurent, lac Saint-Pierre (photo : Sylvain Desloges, ministère des Ressources naturelles et de la Faune)
- Vue du fleuve Saint-Laurent, lac Saint-Louis – Îles de la Paix (photo : Yvon Richard, ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs)

**Ce document peut être consulté sur le site Internet du Ministère au [www.mddep.gouv.qc.ca](http://www.mddep.gouv.qc.ca).**

**Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec**

**ISBN 978-2-550-60987-2 (PDF)**

**© Gouvernement du Québec, 2011**

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

## **Auteur**

Denis Laliberté<sup>1</sup>

## **Révision scientifique**

David Berryman<sup>1</sup>  
Mélanie Desrosiers<sup>2</sup>

## **Analyse de laboratoire**

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

## **Échantillonnage**

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

## **Cartographie**

France Gauthier<sup>1</sup>

## **Coordination à la diffusion**

Johanne Bélanger<sup>1</sup>

## **Mise en page et graphisme**

Sylvie Boutin<sup>1</sup>

- 
1. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement.
  2. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Sainte-Foy et Laval.

## **Notice bibliographique :**

LALIBERTÉ, Denis, 2011. *Teneurs en polybromodiphényléthers (PBDE) dans les poissons du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008)*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-60987-2 (PDF), 48 p.

## **Mots clés :**

Poissons, polybromodiphényléthers, PBDE, fleuve Saint-Laurent, lacs, rivières, toxiques, persistant, Québec.

## RÉSUMÉ

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) réalisent conjointement des études sur le fleuve Saint-Laurent et sur les lacs et rivières du Québec. Ces études visent à la fois à connaître l'état des populations de poissons (MRNF) et les teneurs en substances toxiques dans la chair des poissons afin d'évaluer la qualité de l'environnement (MDDEP).

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont ajoutés dans différentes matrices plastiques et résines synthétiques ainsi que dans des fibres textiles pour réduire l'inflammabilité d'une foule de produits de consommation : les matériaux de rembourrage des meubles, les boîtiers d'appareils électroniques (téléviseurs, ordinateurs, etc.), des pièces d'automobile, etc. À la suite de leur utilisation, ces composés se retrouvent dans l'environnement et se bioaccumulent dans la chaîne alimentaire.

La présente étude a été réalisée entre les années 2002 et 2008. Elle porte sur les teneurs en PBDE dans 172 échantillons de poissons provenant de 56 sites localisés dans le fleuve Saint-Laurent et ses tributaires ainsi que dans le Nord-du-Québec. Des PBDE ont été détectés dans tous les échantillons de poissons analysés, mais à des concentrations très variables selon les sites et les espèces de poissons.

Dans le fleuve Saint-Laurent, les teneurs dans la chair varient de 0,2 à 140 µg/kg, avec une médiane de 12 µg/kg. Les poissons du fleuve Saint-Laurent, entre Montréal et Québec, présentent des teneurs plus élevées qu'en amont et généralement plus fortes que celles que l'on observe dans les poissons des lacs et rivières du Québec dont les bassins sont peu industrialisés. Dans les lacs et rivières, les teneurs en PBDE dans la chair des poissons se situent entre 0,1 µg/kg et 113 µg/kg, avec une médiane de 3,7 µg/kg. Les teneurs les plus élevées sont mesurées dans le touladi.

Quant au meunier noir entier, il contient en général des teneurs en PBDE supérieures à celles mesurées dans la chair des autres espèces. Dans le fleuve Saint-Laurent, elles varient de 5,7 à 106 µg/kg et la teneur médiane est de 53 µg/kg. Les teneurs sont beaucoup plus faibles en amont de Montréal, au lac Saint-François, qu'en aval au lac Saint-Pierre. Les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés en 2002 et en 2007 au lac Saint-Pierre ne sont pas significativement différentes. Dans les lacs et rivières, elles varient de 2,1 à 541 µg/kg, avec une médiane de 12 µg/kg. Les teneurs les plus élevées s'observent dans la rivière Saint-François, en aval de Sherbrooke et de Richmond, dans la rivière Yamaska, en aval de Granby, et dans la rivière Magog, en aval de Rock Forest.

Sur tous les sites, à l'exception de deux sites au lac Saint-François, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés dans le fleuve Saint-Laurent excèdent la valeur guide de 8,4 µg/kg estimée par Environnement Canada pour protéger la faune terrestre piscivore. Dans les lacs et rivières, les teneurs sont inférieures ou à peu près égales à la valeur guide sur plusieurs sites, à l'exception de ceux où l'on trouve les teneurs les plus élevées.

### Congénères détectés

Dans la chair des poissons, 7 congénères de PBDE représentent en moyenne de 95 à 99 % de la somme des PBDE. Par ordre d'importance, ce sont les BDE 47 (47 %), 99 (23 %), 100 (13 %), 154 (5,1 %), 49 (4,1 %), 153 (3,8 %) et 28 (0,9 %).

Parmi les congénères de PBDE présents dans l'eau, seulement 6 (BDE 28, 47, 49, 100, 153 et 154) s'accumulent en quantité significative dans les meuniers noirs entiers.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	9
Polybromodiphényléthers .....	9
Aire d'étude .....	11
1. MÉTHODOLOGIE .....	11
1.1 Échantillonnage.....	11
1.2 Préparation des échantillons.....	11
1.3 Méthodes d'analyse .....	12
1.4 Analyses statistiques.....	13
2. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	16
2.1 Teneurs en polybromodiphényléthers dans les poissons .....	16
2.1.1 <i>Fleuve Saint-Laurent</i> .....	16
2.1.2 <i>Lacs et rivières du Québec</i> .....	16
2.2 Comparaison avec un critère pour la protection de la faune terrestre piscivore .....	20
2.3 Principaux congénères détectés dans les poissons .....	20
2.4 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent.....	21
2.4.1 <i>Lac Saint-François</i> .....	21
2.4.2 <i>Lac Saint-Pierre</i> .....	24
2.4.3 <i>Aval du lac Saint-Pierre</i> .....	24
2.4.4 <i>Lac Saint-François, lac Saint-Pierre et aval du lac Saint-Pierre</i> .....	24
2.5 Autres études sur les PBDE dans le fleuve Saint-Laurent .....	25
2.5.1 <i>Teneurs en PBDE dans les matières en suspension et les sédiments dans le fleuve Saint-Laurent</i> .....	25
2.5.2 <i>Teneurs en PBDE dans les bélugas de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent</i> .....	25
2.5.3 <i>Teneurs en PBDE dans les œufs des grands hérons bleus du fleuve Saint-Laurent</i> .....	25
2.5.4 <i>Teneurs en PBDE dans les œufs de six espèces d'oiseaux marins du golfe du Saint-Laurent</i> .....	26
2.6 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers des lacs et rivières du Québec .....	26
2.7 Teneurs en PBDE dans les organismes en Amérique du Nord.....	29
2.8 Comparaison des concentrations de PBDE dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers .....	30
2.8.1 <i>Concentrations dans l'eau</i> .....	30
2.8.2 <i>Congénères détectés dans l'eau</i> .....	30
2.8.3 <i>Congénères détectés dans les meuniers noirs entiers</i> .....	31
2.8.4 <i>Relation entre les concentrations de PBDE dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers</i> .....	31
CONCLUSION.....	33
BIBLIOGRAPHIE .....	34

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1	Teneurs en PBDE dans la chair des achigans du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008) .....	36
Annexe 2	Teneurs en PBDE dans la chair des barbottes brunes du fleuve Saint-Laurent (2002-2008).....	36
Annexe 3	Teneurs en PBDE dans la chair des barbares de rivière du fleuve Saint-Laurent (2002-2008).....	37
Annexe 4	Teneurs en PBDE dans la chair des dorés jaunes du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008) .....	37
Annexe 5	Teneurs en PBDE dans la chair des dorés noirs du fleuve Saint-Laurent et des rivières du Québec (2002-2008) .....	39
Annexe 6	Teneurs en PBDE dans la chair des grands brochets du fleuve Saint-Laurent et des rivières du Québec (2002-2008) .....	40
Annexe 7	Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent (2002-2007).....	41
Annexe 8	Teneurs en PBDE dans la chair des perchaudes du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008) .....	43
Annexe 9	Teneurs en PBDE dans la chair des lottes des lacs et rivières du Québec (2002-2008).....	44
Annexe 10	Teneurs en PBDE dans la chair des touladis des lacs et rivières du Québec (2002-2008) .....	44

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Situation géographique des stations d'échantillonnage de poissons .....	13
Tableau 2	Teneurs en PBDE dans la chair et les poissons entiers du fleuve Saint-Laurent (2002-2008).....	17
Tableau 3	Teneurs en PBDE dans la chair et les poissons entiers <sup>1</sup> des lacs et rivières du Québec (2002-2008).....	18
Tableau 4	Pourcentage relatif moyen des sept principaux congénères de PBDE dans la chair des poissons et les meuniers noirs entiers.....	21
Tableau 5	Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers <sup>1</sup> du fleuve Saint-Laurent (2002-2008).....	22
Tableau 6	Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers <sup>1</sup> des lacs et rivières du Québec (2002-2008).....	28
Tableau 7	Teneurs en PBDE dans les organismes en Amérique du Nord .....	29
Tableau 8	Sommaire des concentrations de PBDE totaux dans l'eau brute.....	30
Tableau 9	Principaux congénères de PBDE (sans le congénère IUPAC 209) dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers sur 6 sites du fleuve Saint-Laurent et des rivières Saint-François et Yamaska.....	32
Tableau 10	Somme des BDE 28, 47, 49, 100, 153 et 154 détectés dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers sur 6 sites du fleuve Saint-Laurent et des rivières Saint-François et Yamaska.....	32

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Sites d'échantillonnage de poissons du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec.....	15
Figure 2	Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent et des rivières du Québec (2002-2008) .....	23

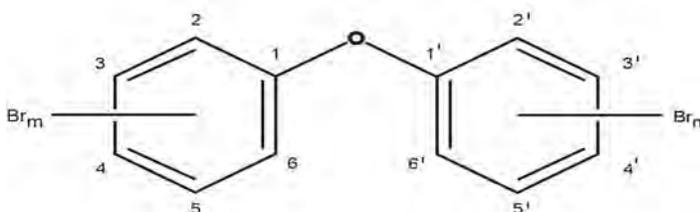


## INTRODUCTION

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) réalisent conjointement des études sur le fleuve Saint-Laurent et les lacs et rivières du Québec. Ces études visent à la fois à connaître l'état des populations de poissons (MRNF) et les teneurs en substances toxiques dans la chair des poissons afin d'évaluer la qualité de l'environnement (MDDEP). En collaboration avec le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), les résultats des études sur les substances toxiques dans la chair des poissons sont utilisés pour informer la population et établir des recommandations sur la consommation des poissons du Québec. Ces recommandations sont diffusées en format électronique dans le *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce* produit par le MDDEP et le MSSS.

C'est dans le cadre de ces études sur les contaminants que les polybromodiphényléthers (PBDE) ont été mesurés dans 172 échantillons de poissons, dont 109 échantillons de chair et 63 échantillons de meuniers noirs entiers. Les poissons provenaient de 56 sites localisés dans le fleuve Saint-Laurent et ses tributaires ainsi que dans le Nord-du-Québec.

### Polybromodiphényléthers



Les polybromodiphényléthers sont une famille de 209 congénères possibles constitués de deux cycles de benzène réunis par un atome d'oxygène. Leur nombre d'atomes de brome peut varier de 1 à 10.

Puisqu'ils sont des retardateurs de flammes, on les ajoute à différentes matrices plastiques, à des résines synthétiques et à des fibres textiles pour réduire l'inflammabilité d'une foule de produits de consommation : les matériaux de rembourrage de meubles, les boîtiers d'appareils électroniques (téléviseurs, ordinateurs, etc.), des pièces d'automobile, des tuyaux de plastique, des matériaux de construction à base de plastique, des fils électriques, des circuits imprimés, des jouets, des adhésifs, des scellants, certains tissus, etc. (Berryman *et al.*, 2009).

Les PBDE ont été mis en marché sous la forme de trois mélanges commerciaux : le pentaBDE, l'octaBDE et le décaBDE. La production mondiale de PBDE a été estimée à 67 000 tonnes en 2001 par le Bromine Science Environment Forum (Rudel, R.A. et Perovich, L. J., 2009). Le décaBDE est le plus largement utilisé avec une production estimée de 56 100 tonnes en 2001, comparativement à 7 500 tonnes pour le pentaBDE et à 3 750 pour l'octaBDE.

Les PBDE n'ont jamais été fabriqués au Canada. En raison de l'élimination progressive et volontaire entreprise par l'industrie, la production des mélanges commerciaux pentaBDE et octaBDE aux États-Unis a été abandonnée à la fin de 2004, suivie par une élimination progressive à l'échelle internationale. L'annonce par les trois plus grands fabricants de décaBDE de leur intention de volontairement réduire progressivement la production et l'importation de cette substance aux États-Unis, d'ici 2013, devrait entraîner une réduction considérable de l'utilisation de ce mélange commercial au Canada dans les prochaines années (Environnement Canada, 2010a).

Les PBDE sont persistants et bioaccumulables. On a constaté leur présence dans l'environnement aux États-Unis dès 1979, et, au cours des années 1990 et 2000, des études ont confirmé qu'ils se trouvaient dans tous les compartiments de l'écosystème (eau, air, sol, sédiments, biote) et chez l'humain. D'autres études ont révélé une forte croissance des concentrations de PBDE chez l'humain et dans l'environnement au cours des dernières décennies (Birnbaum et Staskall, 2004; Eriksson *et al.*, 2001; Lebeuf *et al.*, 2004; Pelletier *et al.*, 2008, dans Berryman *et al.*, 2009).

Seulement un petit nombre de congénères de PBDE sont fréquemment détectés. Le BDE 47 tend à être le plus souvent trouvé chez l'humain, les poissons et autres biotes, suivi des BDE 99, 100, 153 et 154. Le BDE 209 semble être dominant dans la poussière des maisons, les sédiments et l'air intérieur (United States Environmental Protection Agency, 2006).

Conformément à la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) (LCPE [1999]), le gouvernement fédéral a mené des évaluations préalables des incidences écologiques et des effets des polybromodiphényléthers (PBDE) sur la santé humaine.

Le *Rapport d'évaluation écologique préalable des polybromodiphényléthers (PBDE)* (Environnement Canada, 2006) concluait que le tétraBDE, le pentaBDE, l'hexaBDE, l'heptaBDE, l'octaBDE, le nonaBDE et le décaBDE, que l'on retrouve dans les formes commerciales du PeBDE, de l'OBDE et du DBDE, pénètrent dans l'environnement en une quantité, en une concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique et qu'ils sont donc conformes à la définition de « substances toxiques » de l'alinéa 64 a) de la LCPE (1999) (Canada, 2008).

Le *Rapport sur l'état des connaissances scientifiques sous-jacentes à une évaluation préalable des effets sur la santé – Polybromodiphényléthers (PBDE)* (Santé Canada, 2006) a conclu que les pires estimations relativement à l'exposition des Canadiens aux PBDE étaient nettement inférieures à celles qui présentent des risques pour la santé des animaux. Même si les évaluations ont permis de conclure que les PBDE n'étaient pas dangereux pour la santé humaine aux degrés d'exposition actuels, Santé Canada appuie les mesures prises par Environnement Canada en vue de limiter l'utilisation des PBDE de façon à ce qu'ils n'atteignent jamais des niveaux potentiellement nocifs pour la santé des Canadiens (Canada, 2008).

À la suite de cette évaluation, le gouvernement du Canada a adopté, le 19 juin 2008, le Règlement sur les polybromodiphényléthers en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) (LCPE [1999]). L'objectif du Règlement est de protéger l'environnement canadien contre les risques liés aux polybromodiphényléthers (PBDE) en prévenant la fabrication de cette substance, en restreignant son utilisation au Canada et en réduisant ainsi ses rejets dans l'environnement. En particulier, le Règlement : i) interdit la fabrication des PBDE (congénères tétraBDE, pentaBDE, hexaBDE, heptaBDE, octaBDE, nonaBDE et décaBDE); ii) interdit l'utilisation, la vente, la mise en vente et l'importation des PBDE qui répondent aux critères de la quasi-élimination en vertu de la LCPE (1999) [congénères tétraBDE, pentaBDE et hexaBDE], ainsi que de mélanges de polymères et de résines contenant ces substances. Le Règlement vise les matières brutes, et ne s'applique pas aux articles ni aux produits finaux manufacturés contenant des PBDE qui sont importés ou déjà en utilisation au Canada (Canada, 2008).

Un *Rapport sur l'état des connaissances scientifiques écologiques concernant le décabromodiphényléther (decaBDE)* (Environnement Canada, 2010b) concluait que le décaBDE ne répond pas aux critères de la bioaccumulation énoncés dans le Règlement sur la persistance et la bioaccumulation pris en application de la LCPE (1999). Cependant, des études récentes font état de concentrations de décaBDE en hausse constante chez certaines espèces sauvages et, parfois, les concentrations mesurées sont considérées comme élevées. Bien que certaines incertitudes demeurent, il est raisonnable de conclure que le décaBDE peut aussi contribuer à la formation de dérivés bioaccumulables ou potentiellement bioaccumulables dans les organismes et dans l'environnement. Avis a été donné le 28 août 2010 dans la *Gazette du Canada* que ces nouveaux renseignements ont été pris en considération dans la Stratégie révisée de gestion des risques pour les polybromodiphényléthers (PBDE) (Canada, 2010).

Les objectifs du présent rapport sont de présenter, pour certaines régions du Québec, un portrait des teneurs en PBDE dans différentes espèces de poissons et de décrire l'évolution spatiale et temporelle des teneurs dans le fleuve Saint-Laurent.

## **Aire d'étude**

Entre les années 2002 et 2008, des poissons ont été capturés dans le fleuve Saint-Laurent (du lac Saint-François à Kamouraska), dans des tributaires du fleuve et dans des lacs du Nord-du-Québec (figure 1 et tableau 1). Un total de 56 sites ont été échantillonnés, dont 14 dans le fleuve, 8 dans la région de Chibougamau et d'Oujé-Bougoumou, 3 dans la région de Rouyn-Noranda, 2 près du réservoir Gouin et 29 de part et d'autre du fleuve Saint-Laurent.

## **1. MÉTHODOLOGIE**

### **1.1 Échantillonnage**

Les poissons proviennent de pêches faites par le MRNF dans le cadre des activités du Réseau ichtyologique du fleuve Saint-Laurent et de programmes visant à connaître l'état des populations de poissons dans les différentes régions du Québec.

Les poissons ont été capturés à l'aide de filets maillants expérimentaux de 1,8 mètre de hauteur sur 60,8 mètres de longueur composés de 8 panneaux de 7,6 mètres de long comportant des mailles étirées de 25 mm, 38 mm, 51 mm, 64 mm, 76 mm, 102 mm, 127 mm et 152 mm.

L'espèce de tous les poissons a été déterminée. On a également noté les renseignements suivants : le poids en gramme, la longueur totale maximale (de l'extrémité antérieure du poisson jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale) en millimètre, le sexe et l'âge (seulement pour le doré jaune et le touladi, et occasionnellement pour le grand brochet). Les données concernant le sexe et l'âge ne sont pas présentées dans ce rapport.

Dans le fleuve Saint-Laurent, quatre espèces de poissons étaient recherchées en priorité pour l'analyse des contaminants organiques : le doré jaune ( $\geq 50$  cm), le grand brochet ( $\geq 70$  cm), la perchaude ( $\geq 25$  cm) et le meunier noir ( $\geq 40$  cm). Les autres espèces présentant un intérêt étaient l'achigan ( $\geq 35$  cm), la barbotte brune ( $\geq 30$  cm), la barbue de rivière ( $\geq 50$  cm) et le doré noir ( $\geq 35$  cm). Dans les lacs et rivières, le touladi ( $\geq 70$  cm) et la lotte ( $\geq 60$  cm) étaient aussi recherchés.

Les poissons de grande taille ont été préférés, car ils renferment en général des teneurs plus élevées en contaminants. Les poissons de taille moyenne ont été analysés en l'absence de gros poissons.

### **1.2 Préparation des échantillons**

Pour les espèces de grande taille, telles que le doré jaune et le grand brochet, un échantillon de chair sans la peau, pesant entre 100 et 200 grammes, a été prélevé sur chacun d'eux. Chez les espèces plus petites, comme la perchaude, ou sur les plus petits spécimens, on a extrait toute la chair des filets sans la peau. Pour chaque spécimen, la chair a été enveloppée individuellement dans du papier d'aluminium et placée dans un sac de type « whirl pack » pour éviter la perte d'humidité. Les échantillons ont ensuite été congelés. Toutefois, en ce qui concerne le meunier noir, les poissons ont été conservés entiers, enveloppés individuellement dans du papier d'aluminium et placés dans un sac en plastique.

Au laboratoire, on a broyé les spécimens entiers (meuniers noirs) ou la chair (autres espèces) au moyen d'un hache-viande en acier inoxydable. Les meuniers noirs entiers ont été homogénéisés individuellement ou en groupe de deux à neuf individus d'une même classe de taille. Pour les autres espèces, les échantillons

de chair sans la peau ont été homogénéisés individuellement ou par groupe de deux à neuf spécimens de la même espèce et de la même classe de taille. La préparation d'homogénats par groupe de spécimens visait essentiellement à réduire le nombre d'analyses par espèce et par site.

Les meuniers noirs ont été analysés entiers afin de servir d'indicateur d'estimation du risque pour la faune terrestre piscivore, qui consomme généralement le poisson au complet. Quant aux analyses sur la chair des poissons, elles ont pour objectif d'estimer les risques pour les pêcheurs sportifs.

### **1.3 Méthodes d'analyse**

Les tissus biologiques sont, dans un premier temps, séchés à froid durant 48 heures à l'aide d'un lyophilisateur. Par la suite, le tissu séché est extrait au Soxhlet avec le toluène comme solvant. Juste avant l'extraction, chaque échantillon est fortifié avec une solution de PBDE marquée au carbone 13 (13C).

L'extrait est ensuite digéré avec de l'acide sulfurique afin d'éliminer les lipides. Puis, il est purifié sur une colonne multicouche et une grande colonne d'alumine. Ces colonnes enlèvent, par réaction et absorption sélective, la plupart des composés organiques qui sont extraits avec les PBDE. L'extrait résultant est concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif, transféré dans un vial, et un volume précis d'une solution étalon pour injection (étalon volumétrique) est ajouté.

L'extrait est injecté dans un système de chromatographie en phase gazeuse, où les différents composés sont séparés. À la sortie de la colonne chromatographique, ceux-ci pénètrent dans la source du spectromètre de masse haute résolution, où ils sont ionisés pour produire un ion radicalaire. Les ions positifs formés sont par la suite séparés selon leur masse exacte et enregistrés en mode d'ions sélectifs. Le détecteur est relié à un système informatique qui permet d'enregistrer l'abondance de chaque ion tout au long de l'analyse. L'identification et la concentration des PBDE sont déterminées en comparant le signal mesuré pour une solution étalon connue avec celui de l'échantillon en regard des critères des temps de rétention, des rapports ioniques et de l'intensité des signaux correspondants. Les concentrations trouvées sont corrigées pour récupérer les étalons de recouvrement ajoutés au début des manipulations. Les résultats sont rapportés en poids humide pour 24 congénères spécifiques : BDE 17, 28, 47, 49, 66, 71, 77, 85, 99, 100, 119, 126, 138, 153, 154, 156, 183, 184, 191, 196, 197, 206, 207, 209. Les limites de détection pour les différents congénères de PBDE varient habituellement de 0,01 à 0,05 µg/kg.

Parmi les congénères de PBDE mesurés dans les poissons, 7 représentent en moyenne de 95 à 99 % de la somme totale des PBDE. Par ordre d'importance, ce sont les BDE 47, 99, 100, 154, 49, 153 et 28. Le rapport présente seulement les résultats pour ces congénères. Ceux-ci sont exprimés en poids humide pour les échantillons de chair de poisson et de poisson entier (meunier noir).

## 1.4 Analyses statistiques

Des analyses statistiques ont été conduites seulement pour les meuniers noirs entiers individuels capturés dans le fleuve Saint-Laurent; les effectifs étaient insuffisants sur les autres sites. Les autres espèces n'ont pas été analysées individuellement, mais en homogénats de plusieurs poissons. Une seule analyse par espèce et par site était disponible.

Les comparaisons entre deux groupes ont été réalisées à l'aide du test paramétrique de Student, lorsque les valeurs dans les groupes étaient distribuées normalement et que la variance des groupes n'était pas significativement différente. On a aussi utilisé le test non paramétrique de Mann Whitney, lorsque ces exigences n'étaient pas respectées. S'il y avait plus de deux groupes à comparer, les analyses étaient menées à l'aide de l'analyse de variance paramétrique, quand les valeurs dans les groupes étaient distribuées normalement et que la variance des groupes n'était pas significativement différente. Dans le cas contraire, l'analyse de variance non paramétrique sur les rangs a été utilisée. Toutes ces analyses statistiques ont été effectuées avec la version 3.1 du logiciel SigmaStat. Une différence était considérée comme significative lorsque la probabilité était inférieure à 0,05.

**Tableau 1 Situation géographique des stations d'échantillonnage de poissons**

N° séquentiel	N° BQMA	Description de la station	Coordonnées géographiques	
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>				
1	0000048	Saint-François, Lac (sud) – Île au Mouton	45,095566	-74,434094
2	0000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	45,192636	-74,251719
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	45,212097	-74,268338
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	46,110069	-73,091251
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	46,142290	-72,988816
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	46,141689	-72,856768
7	00000116	Saint-Pierre, Lac (centre)	46,214329	-72,795600
8	00004023	Saint-Pierre, Lac (nord) – Pointe du lac	46,262393	-72,722303
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	46,421517	-72,270552
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve (nord) – Portneuf	46,680913	-71,874859
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	46,638182	-71,760727
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	46,792705	-71,196403
13	00001019	Saint-Laurent, Fleuve – Grosse Île, La	47,021542	-70,676605
14	00001017	Saint-Laurent, Fleuve – Kamouraska	47,613104	-69,808062
<b>Lacs et rivières</b>				
15	03030233	Yamaska Nord, Rivière – amont Granby	45,412041	-72,644933
16	03030027	Yamaska Nord, Rivière – aval Granby	45,360299	-72,780512
17	03030220	Yamaska, Rivière – aval Farnham	45,312056	-72,994811
18	03280001	Wallace, Lac	45,015270	-71,632880
19	03020263	Lovering, Lac	45,179984	-72,158771
20	03020142	Massawippi, Lac	45,273100	-71,980086
21	03020138	Magog, Lac	45,301351	-72,041546
22	03020430	Magog, Rivière – aval Rock Forest	45,365659	-71,964297
23	03020202	Saint-François, Rivière – aval Sherbrooke	45,494970	-71,966804
24	03020227	Saint-François, Rivière – aval Richmond	45,667505	-72,162433
25	03020102	Saint-François, Petit lac	45,988381	-71,275932
26	02340024	Mégantic, Lac	45,546461	-70,903035
27	02330046	Etchemin, Rivière – Saint-Odilon	46,391349	-70,629266
28	02310004	Du Sud, Rivière	46,975097	-70,555405

**Tableau 1 Situation géographique des stations d'échantillonnage de poissons (suite)**

<b>N° séquentiel</b>	<b>N° BQMA</b>	<b>Description de la station</b>	<b>Coordonnées géographiques</b>	
<b>Lacs et rivières (suite)</b>				
29	01360001	De l'Est, Lac	47,211455	-69,571193
30	01310005	Beau, Lac	47,347840	-69,053668
31	01170008	Témiscouata, Lac	47,685892	-68,852093
32	01170006	Squatec, Lac	47,684537	-68,586311
33	01150006	Humqui, Lac	48,306223	-67,571220
34	08980019	Dasserat, Lac (secteur nord)	48,275450	-79,419300
35	08980020	Dasserat, Lac (secteur sud)	48,208840	-79,408530
36	08980021	Labyrinthe, Lac	48,236828	-79,495054
37	08070453	France, Lac	49,759520	-74,097884
38	08070287	Dorés, Lac aux (secteur nord)	49,903907	-74,273077
39	08070425	David, Lac	49,833341	-74,501509
40	08070424	Chevillon, Lac	50,007947	-74,464809
41	08070454	Sauvage, Lac du	50,108691	-74,475680
42	08080062	Waposite, Lac	50,248139	-75,322656
43	08080046	Opataca, Lac	50,392081	-74,929246
44	08100086	Cosnier, Lac	50,899994	-72,716673
45	05010497	Benjamin, Lac	48,209849	-75,046062
46	05010496	Sulte, Lac	48,260675	-74,931561
47	05220482	Archambault, Lac	46,320379	-74,242979
48	05010470	Moyre, Lac	47,096043	-74,117110
49	05010469	Légaré, Lac	46,952179	-73,959908
50	05010530	Chaumonot, Lac	47,971912	-72,799160
51	05010501	Souris, Lac des	46,580080	-72,993786
52	05010127	Saint-Maurice, Rivière – amont Grand-Mère	46,637886	-72,686989
53	05010503	Missionnaire, Lac	46,916967	-72,558610
54	05040001	Sainte-Anne, Rivière – aval barrage Chute-Panet	46,852779	-71,876154
55	05080002	Saint-Joseph, Lac	46,914171	-71,644347
56	06100137	Vert, Lac	48,364763	-71,641420

Teneurs en polybromodiphényléthers (PBDE) dans les poissons  
du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008)

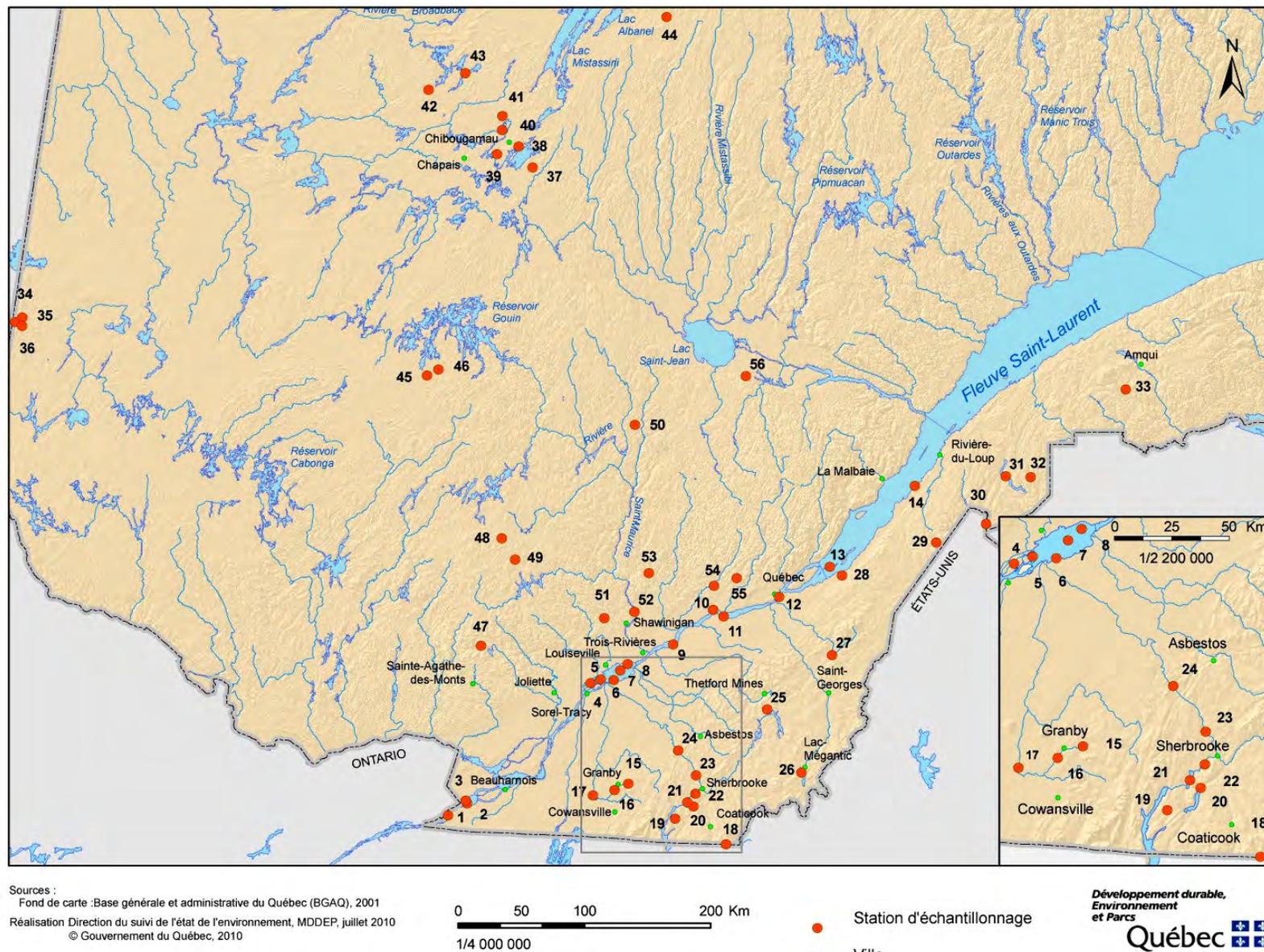


Figure 1 Sites d'échantillonnage de poissons du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec

## **2. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **2.1 Teneurs en polybromodiphényléthers dans les poissons**

#### **2.1.1 Fleuve Saint-Laurent**

Dans le fleuve Saint-Laurent, les teneurs en PBDE dans la chair des poissons varient de 0,2 à 140 µg/kg, avec une teneur médiane de 12 µg/kg (tableau 2). Les teneurs les plus élevées ont été observées dans la chair des barbues de rivière (de 26 à 140 µg/kg), alors que la teneur médiane est de 96 µg/kg. Les poissons de cette espèce renferment des quantités élevées sur presque tous les sites. Le doré jaune est la seconde espèce la plus contaminée (de 2,8 à 61 µg/kg) avec une teneur médiane de 19 µg/kg. Les teneurs les plus faibles ont été notées chez les perchaudes (de 0,2 à 2,6 µg/kg) avec une teneur médiane de 0,8 µg/kg. Pour les autres espèces (achigan, bar rayé, doré noir et grand brochet), les teneurs se situent entre 0,8 et 26 µg/kg.

Les teneurs en PBDE les plus faibles ont été enregistrées au lac Saint-François, situé en amont de Montréal (doré jaune : de 2,8 à 2,9 µg/kg; grand brochet : de 0,8 à 1,5 µg/kg et perchaude : de 0,2 à 0,4 µg/kg). Plus en aval, au lac Saint-Pierre, ces espèces renferment de plus grandes quantités de PBDE. Les teneurs atteignent de 12 à 55 µg/kg dans le doré jaune, de 4,6 à 26 µg/kg dans le grand brochet et de 0,6 à 2,6 µg/kg dans la perchaude. La barbie de rivière présente des teneurs relativement élevées au lac Saint-Pierre (de 64 à 116 µg/kg). Cette espèce n'a pas été capturée au lac Saint-François. Pour toutes les espèces, la contamination observée au lac Saint-Pierre s'étend plus en aval. Dans le secteur de Québec à Kamouraska, le bar rayé présente des teneurs en PBDE variant de 12 à 18 µg/kg.

Quant au meunier noir entier, il contient, en général, des quantités de PBDE supérieures à celles mesurées dans la chair des autres espèces. Les teneurs varient de 5,7 à 106 µg/kg, avec une moyenne et une médiane de 55 µg/kg et 53 µg/kg respectivement. Elles sont significativement plus faibles en amont de Montréal, au lac Saint-François (de 5,7 à 19 µg/kg), qu'en aval, au lac Saint-Pierre (de 46 à 106 µg/kg).

#### **2.1.2 Lacs et rivières du Québec**

Dans les lacs et rivières du Québec, les teneurs moyennes en PBDE dans la chair des poissons varient de 0,1 µg/kg à 113 µg/kg, avec une moyenne de 13 µg/kg et une médiane de 3,7 µg/kg (tableau 3). Dans la chair des poissons, les teneurs les plus élevées se trouvent dans le touladi. Des sites se distinguent des autres en raison de leurs valeurs plus élevées pour le meunier noir entier, notamment ceux sur la rivière Saint-François, en aval de Sherbrooke et de Richmond (541 et 249 µg/kg), celui de la rivière Yamaska, en aval de Granby (110 µg/kg) et celui sur la rivière Magog, en aval de Rock Forest (79 µg/kg).

**Tableau 2 Teneurs en PBDE dans la chair et les poissons entiers du fleuve Saint-Laurent (2002-2008)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	Achigan	Barbotte brune	Barbue de rivière	Doré jaune	Doré noir	Grand brochet	Bar rayé	Perchaude	Baret	Meunier noir entier	Meunier rouge entier
				≥ 35 (µg/kg)	≥ 30 (µg/kg)	≥ 50 (µg/kg)	≥ 50 (µg/kg)	≥ 35 (µg/kg)	≥ 70 (µg/kg)	≥ 50 (µg/kg)	≥ 25 (µg/kg)	≥ 25 (µg/kg)	≥ 40 (µg/kg)	≥ 40 (µg/kg)
		Classe de taille grande (cm)												
		Minimum		9,2	8,5	26	2,8	5,4	0,8	12	0,2	10	5,7	62
		Maximum		13	8,5	140	61	18	26	18	2,6	10	106	62
		Moyenne		10	8,5	93	20	13	8,3	15	1,0	10	55	62
		Médiane		9,5	8,5	96	19	12	5,7	14	0,8	10	53	62
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>														
1	0000048	Saint-François, Lac (sud) – Île au Mouton	2004				2,9 (2) <sup>1</sup>		1,5 (2)		0,3 (6) <sup>2</sup>		7,9 (2)	
2	0000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004				2,8 (2)		0,9 (6)		0,4 (5) <sup>2</sup>		19 (5)	
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004				2,8 (3)		0,8 (3)		0,2 (5) <sup>2</sup>		5,7 (5)	
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	10 (2)	8,5 (14)	110 (4)	12 (5)	18 (11)	26 (6)		2,6 (12) <sup>2</sup>		47 (9)	
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002				20 (10)		4,7 (10)		2,3 (10) <sup>2</sup>		89 (5)	
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	9,5 (5)		116 (5)	23 (8)	17 (6)	6,8 (6)		1,4 (9) <sup>2</sup>		99 (6)	
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002						4,6 (6)		1,3 (10) <sup>2</sup>		106 (5)	
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2007			110 (9)	55 (7)		16 (5)				61 (5)	
7	00000116	Saint-Pierre, Lac (centre)	2007			64 (9)	13 (9)		10 (6)		0,6 (8)		46 (6)	
8	00004023	Saint-Pierre, Lac (nord) – Pointe du lac	2002				19 (6)							
8	00004023	Saint-Pierre, Lac (nord) – Pointe du lac	2007			90 (9)	20 (7)							
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	13,2 (3)		96 (6)	28 (4)	5,4 (10)	12 (3)		1,0 (2)		84 (2)	
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008				3,8 (6) <sup>2</sup>	12 (10)					30 (3) <sup>2</sup>	
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve (nord) – Portneuf	2006			140 (7)	22 (8)	12 (11)			0,3 (3) <sup>2</sup>		86 (8)	
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	9,2 (3)		26 (3)	12 (3)	12 (10)					56 (9)	
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2006					14 (10)					53 (4)	
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2008	9,3 (5)		82 (5)	61 (5) <sup>2</sup>	10 (5)		12 (9)			53 (5)	62 (5)
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2008							14 (9) <sup>2</sup>			32 (5) <sup>2</sup>	
13	00001019	Saint-Laurent, Fleuve – Grosse Île, La	2008									10 (9)		
14	00001017	Saint-Laurent, Fleuve – Kamouraska	2007							18 (8)				

1. Les chiffres entre parenthèses désignent le nombre de poissons dans l'homogénéat.

2. Poisson de taille moyenne : meunier noir (35-40 cm), bar rayé (40-50 cm), doré jaune (40-50 cm), barbotte brune (25-30 cm) ou perchaude (20-25 cm).

Tableau 3 Teneurs en PBDE dans la chair et les poissons entiers<sup>1</sup> des lacs et rivières du Québec (2002-2008)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	Achigan	Doré jaune	Grand brochet	Lotte	Perchaude	Touladi	Ombre de Fontaine	Meunier noir entier
				≥ 35 (µg/kg)	≥ 50 (µg/kg)	≥ 70 (µg/kg)	≥ 60 (µg/kg)	≥ 25 (µg/kg)	≥ 70 (µg/kg)	≥ 40 (µg/kg)	≥ 40 (µg/kg)
		Classe de taille grande (cm)									
		Minimum		2,5	0,1	4,7	0,4	0,4	3,0	0,9	2,1
		Maximum		34	17	5,4	11	1,6	113	0,9	541
		Moyenne		18	2,7	5,0	3,2	1,1	26	0,9	88
		Médiane		17	0,4	5,0	0,6	1,3	14	0,9	12
15	03030233	Yamaska Nord, Rivière – amont Granby	2003								14 (5) <sup>2,4</sup>
15	03030233	Yamaska Nord, Rivière – amont Granby	2008								4,9 (5) <sup>2</sup>
16	03030027	Yamaska Nord, Rivière – aval Granby	2003								319 (5) <sup>2</sup>
16	03030027	Yamaska Nord, Rivière – aval Granby	2008								110 (5) <sup>3</sup>
17	03030220	Yamaska, Rivière – aval Farnham	2003		17 (4)						
18	03140001	Wallace	2007								7,3 (5)
19	03020263	Lovering, Lac	2006					1,6 (10)	45 (1)		9,3 (10)
20	03020142	Massawippi, Lac	2007			5,4 (6)			37 (7)		
21	03020138	Magog, Lac	2005								16 (9)
22	03020430	Magog, Rivière – aval Rock Forest	2006			4,7 (3)		1,3 (5)			79 (4)
23	03020202	Saint-François, Rivière – aval Sherbrooke	2002	34 (3)							541 (1)
24	03020227	Saint-François, Rivière – aval Richmond	2002	17 (3)							249 (2)
25	03020102	Saint-François, Petit lac	2006								11 (8)
26	02340024	Mégantic, Lac	2007						15 (3)		2,1 (5)
27	02330046	Etchemin, Rivière – Saint-Odilon	2004								9,9 (5)
28	02310004	Du Sud, Rivière	2008								13 (3)
29	01360001	De l'Est, Lac	2004						9,5 (10)		
30	01310005	Beau, Lac	2003						80 (3)		
31	01170008	Témiscouata, Lac	2008						113 (5)		
31	01170008	Témiscouata, Lac	2008						37 (10) <sup>2</sup>		
32	01170006	Squatec, Lac	2003						3 (1)		
33	01150006	Humqui, Lac	2003						15 (3)		

1. Poisson de grande taille, sauf indication.

2. Poisson de taille moyenne : meunier noir (35-40 cm), doré jaune (30-40 cm) ou touladi (55-70 cm).

3. Poisson de petite taille : meunier noir (30-35 cm).

4. Les chiffres entre parenthèses désignent le nombre de poissons dans l'homogénéat.

Tableau 3 Teneurs en PBDE dans la chair et les poissons entiers<sup>1</sup> des lacs et rivières du Québec (2002-2008) (suite)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	Achigan	Doré jaune	Grand brochet	Lotte	Perchaude	Touladi	Ombre de Fontaine	Meunier noir entier
				≥ 35 (µg/kg)	≥ 50 (µg/kg)	≥ 70 (µg/kg)	≥ 60 (µg/kg)	≥ 25 (µg/kg)	≥ 70 (µg/kg)	≥ 40 (µg/kg)	≥ 40 (µg/kg)
		Classe de taille grande (cm)									
		Minimum		2,5	0,1	4,7	0,4	0,4	3,0	0,9	2,1
		Maximum		34	17	5,4	11	1,6	113	0,9	541
		Moyenne		18	2,7	5,0	3,2	1,1	26	0,9	88
		Médiane		17	0,4	5,0	0,6	1,3	14	0,9	12
34	08980019	Dasserat, Lac (secteur nord)	2008		0,8 (4)						
35	08980020	Dasserat, Lac (secteur sud)	2008		1,0 (5)						
36	08980021	Labyrinthe, Lac	2008		0,2 (5)						
37	08070453	France, Lac	2007		0,2 (8)						
38	08070287	Dorés, Lac aux (secteur nord)	2008						6,2 (10) <sup>2,4</sup>		
38	08070287	Dorés, Lac aux (secteur nord)	2008						12 (3) <sup>2</sup>		
39	08070425	David, Lac	2006		17 (9)		11 (9)				
40	08070424	Chevillon, Lac	2006		1,3 (9)		0,7 (4)				
41	08070454	Sauvage, Lac du	2007		0,1 (10)		0,4 (9)				
42	08080062	Waposite, Lac	2007		0,3 (9)						
43	08080046	Opataca, Lac	2006		0,5 (9)		0,4 (2)		3,9 (2)		
44	08100086	Cosnier, Lac	2004						3,5 (3)		
45	05010497	Benjamin, Lac	2006		0,2 (4)						
46	05010496	Sulte, Lac	2006		0,1 (6)						
47	05220482	Archambault, Lac	2007						7,3 (4)		
48	05010470	Moyre, Lac	2003		0,4 (2)						
49	05010469	Légaré, Lac	2003		0,4 (4)						
50	05010530	Chaumonot, Lac	2008						3,9 (8) <sup>2</sup>		
51	05010501	Souris, Lac	2006						13 (3)		
52	05010127	Saint-Maurice, Rivière – amont Grand-Mère	2006		1,0 (9)			0,4 (4)			10 (6)
53	05010503	Missionnaire, Lac	2008						18 (3) <sup>2</sup>		
54	05040001	Sainte-Anne, Rivière – aval barrage Chute-Panet	2002								8,2 (4)
55	05080002	Saint-Joseph, Lac	2006	2,5 (3)					44 (3)		
56	06100137	Vert, Lac	2008							0,9 (2)	

1. Poisson de grande taille, sauf indication.

2. Poisson de taille moyenne : meunier noir (35-40 cm), doré jaune (30-40 cm) ou touladi (55-70 cm).

3. Poisson de petite taille : meunier noir (30-35 cm).

4. Les chiffres entre parenthèses désignent le nombre de poissons dans l'homogénat.

## **2.2 Comparaison avec un critère pour la protection de la faune terrestre piscivore**

Environnement Canada a calculé une valeur guide de 8,4 µg/kg (Environnement Canada, 2006) comme valeur estimée sans effet observé (VESEO). Cette valeur a été estimée en appliquant un facteur de sécurité de 1000 à la valeur critique de toxicité (VCT) calculée à partir de données obtenues pour des rongeurs et des lapins en laboratoire, et extrapolées pour le vison adulte. Il est à noter que Santé Canada n'a pas émis de directive concernant les PBDE pour la mise en marché des produits de la pêche destinés à la consommation humaine.

Les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés dans le fleuve Saint-Laurent excèdent la valeur guide sur tous les sites, à l'exception de deux sites au lac Saint-François. Sur les autres sites en aval, elles dépassent de 5,6 à 12,6 fois (moyenne de 9,1) la valeur guide. Les dépassements les plus importants sont observés au lac Saint-Pierre. Considérant cette valeur guide, on constate que les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent peuvent présenter un risque pour la faune terrestre piscivore, de l'aval de Montréal à Québec (dernier site où des mesures ont été prises).

Dans les lacs et les rivières étudiés, on a détecté, sur plusieurs sites, des teneurs inférieures à la valeur guide ou proches de celle-ci dans les meuniers noirs entiers, notamment sur les sites des rivières Etchemin, Saint-Maurice, Sainte-Anne et Yamaska Nord, en amont de Granby, ainsi que sur ceux des lacs Petit lac Saint-François, Lovering et Magog. Par contre, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers sont beaucoup plus élevées sur les sites de la rivière Saint-François, en aval de Sherbrooke et de Richmond, et sur la rivière Yamaska Nord, en aval de Granby. À ces trois endroits, les teneurs moyennes sont respectivement de 64, 30 et 13 fois plus élevées que la valeur guide. L'amplitude de ces dépassements révèle qu'il existe un plus grand risque pour la faune terrestre piscivore dans ces trois derniers sites que dans ceux du fleuve Saint-Laurent. Un dernier site à souligner est celui de la rivière Magog, en aval de Rock Forest, où la teneur moyenne est 9,4 fois plus élevée que la valeur guide, ce qui est similaire au fleuve Saint-Laurent.

## **2.3 Principaux congénères détectés dans les poissons**

Parmi les congénères de PBDE mesurés dans les poissons, 7 représentent en moyenne de 95 à 99 % de la somme des PBDE. Par ordre d'importance, ce sont les BDE 47 (47 %), 99 (23 %), 100 (13 %), 154 (5,1 %), 49 (4,1 %), 153 (3,8 %) et 28 (0,9 %) (tableau 4).

Le pourcentage relatif des congénères varie selon les espèces. Le meunier noir entier est l'espèce qui se démarque le plus des autres avec un pourcentage moyen supérieur pour les BDE 47 (72 %) et 28 (3,2 %), et un pourcentage négligeable pour le BDE 99 (0,2 %). Il est à noter que pour d'autres espèces, les PBDE ont été mesurés dans la chair, contrairement au meunier noir, qui a été analysé en entier.

Du côté des espèces autres que le meunier noir entier, les différences sont relativement faibles pour les BDE 47 (de 38 à 49 %), 100 (de 10 à 15 %) et 28 (de 0,3 à 1,1 %). Quant au BDE 99 (de 8,6 % à 39 %), on note des différences notables entre les espèces. La barbotte brune (39 %), la lotte (38 %) et la barbe de rivière (32 %) affichent le pourcentage le plus élevé, alors que le doré noir (28 %), le doré jaune (25 %), l'achigan (27 %) et le touladi (23 %) ont un pourcentage intermédiaire. Le grand brochet (14 %) et la perchaude (8,6 %), quant à eux, ont des valeurs qui se situent en dessous de 20 %.

On trouve davantage le BDE 154 chez le touladi (8,1 %) que parmi les autres espèces (de 2,8 à 6,6 %). Quant au BDE 153, on note des différences pour l'achigan (6,8 %) et le touladi (5,7 %), qui en contiennent davantage, alors que pour la lotte (1,4 %) et la perchaude (1,8 %), les pourcentages sont plus faibles que pour les autres espèces (de 4,0 à 4,5 %). Quant au BDE 49, le pourcentage est particulièrement élevé chez la perchaude (18 %) par rapport aux autres espèces (de 1,0 à 6,6 %).

**Tableau 4 Pourcentage relatif moyen des sept principaux congénères de PBDE dans la chair des poissons et les meuniers noirs entiers**

Espèce	PBDE (%)							7 congénères PBDE totaux
	47	99	100	154	153	49	28	(%)
<i>Minimum</i>	38	0,2	10	2,8	1,4	1,0	0,3	95
<i>Maximum</i>	72	39	15	8,1	6,8	18	3,2	99
<i>Moyenne</i>	47	23	13	5,1	3,8	4,1	0,9	98
<i>Médiane</i>	45	26	13	4,7	4,1	2,3	0,7	98
Achigan	44	27	11	4,2	6,8	4,0	1,0	98
Barbotte brune	38	39	10	3,1	4,5	1,6	0,7	98
Barbue de rivière	43	32	12	4,7	4,5	1,0	0,4	98
Doré jaune	45	25	14	6,4	4,2	2,8	0,4	97
Doré noir	44	28	13	4,6	4,0	3,1	0,7	98
Grand brochet	49	14	15	5,9	3,2	6,6	1,0	95
Lotte	40	38	13	2,8	1,4	1,6	0,5	97
Perchaude	49	8,6	15	6,6	1,8	18	0,3	99
Touladi	45	23	14	8,1	5,7	1,3	1,1	98
Meunier noir (entier)	72	0,2	13	4,6	2,0	1,8	3,2	97

## 2.4 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent

Les teneurs totales moyennes de polybromodiphényléthers dans les meuniers noirs entiers capturés dans le fleuve Saint-Laurent varient de 5,7 à 106 µg/kg, avec une teneur moyenne de 58 µg/kg. Les 7 principaux congénères détectés sont les BDE 47, 100, 154, 28, 153, 49 et 99, qui représentent en moyenne 98 % (de 92 à 100 %) de la somme des congénères dosés. À eux seuls, les BDE 47 et 100 constituent en moyenne respectivement 73 % (de 67 % à 76 %) et 13 % (de 12 % à 15 %) de cette somme (tableau 5).

Dans le fleuve Saint-Laurent, les teneurs en PBDE les plus élevées s'observent au lac Saint-Pierre, avec des teneurs moyennes qui varient de 46 à 106 µg/kg (figure 2) dans les différents sites.

L'étude des relations entre les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers et le pourcentage de lipides montre que seule la relation sur le site du lac Saint-François, à l'Île du Grenadier, est significative ( $P < 0,05$ ). Ainsi, les analyses statistiques des teneurs en PBDE ont été réalisées en utilisant l'analyse de variance qui ne tient pas compte de l'effet que pourrait avoir le pourcentage de lipides sur les teneurs en PBDE. Une analyse de variance a aussi été effectuée sur le pourcentage de lipides pour établir s'il existe des différences significatives entre les sites pour cette variable.

Afin de comparer des poissons de taille similaire sur les différents sites, les analyses statistiques ont porté uniquement sur les meuniers noirs de grande taille ( $\geq 40$  cm). Toutefois, à l'archipel du lac Saint-Pierre, on a capturé seulement des meuniers noirs de petite taille (de 30 à 35 cm). Ces poissons n'ont donc pas été considérés dans les analyses statistiques.

### 2.4.1 Lac Saint-François

Au lac Saint-François, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés en 2004 sur la rive nord, à Pointe au foin (5,7 µg/kg), et sur la rive sud, à l'Île du Grenadier (19 µg/kg), ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,690$ ). Les teneurs en lipides sont aussi similaires sur les deux sites (4,0 % et 4,8 %) ( $P = 0,507$ ).

Tableau 5 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers<sup>1</sup> du fleuve Saint-Laurent (2002-2008)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	100	154	28	153	49	99	
		<i>Minimum</i>		2	321	404	1,8	5,7	3,8	0,86	0,38	0,21	0,13	0,14	0,00	92
		<i>Maximum</i>		9	484	1479	8,1	106	81	13	4,5	3,7	1,7	1,6	0,40	100
		<i>Moyenne</i>		5,4	443	1130	5,2	58	43	7,6	2,4	1,9	0,89	0,94	0,08	98
		<i>Médiane</i>		5,0	440	1090	4,6	55	40	7,4	2,2	1,8	0,90	0,93	0,04	99
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
1	00000048	Saint-François, Lac (sud) – Île au Mouton	2004	2	483	1479	2,4	7,9	5,5	1,2	0,60	0,32	0,13	0,14	0,00	100
2	00000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004	5	465	1321	4,8	19	14	2,7	1,0	0,60	0,57	0,34	0,05	99
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004	5	465	1358	4,0	5,7	3,8	0,86	0,38	0,21	0,20	0,19	0,00	99
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel <sup>2</sup>	2003	9	321	404	1,8	47	36	6,2	1,4	1,4	1,0	0,83	0,09	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	5	426	1015	5,7	89	67	11,4	3,8	2,8	1,7	1,6	0,08	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	6	435	1073	4,1	99	69	11,6	3,6	3,2	1,1	1,6	0,02	92
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	5	439	1083	4,4	106	81	12,9	4,5	3,7	1,4	1,5	0,09	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2007	5	439	1033	3,5	61	47	8,1	2,2	2,1	0,77	0,92	0,01	99
7	00000116	Saint-Pierre, Lac – Centre	2007	6	430	1021	3,7	46	34	6,5	1,7	1,2	0,73	0,71	0,03	98
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	2	485	1451	6,3	84	63	11,3	3,5	3,5	0,80	1,4	0,01	99
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve (nord) – Portneuf	2006	8	451	1207	6,3	86	60	11,8	4,4	2,2	1,4	1,2	0,02	95
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	9	440	1097	8,1	56	41	7,4	2,9	1,6	1,2	0,94	0,07	97
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2006	4	484	1262	4,9	53	40	7,3	1,3	1,9	0,37	0,91	0,38	97
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2008	5	436	1012	12,7	53	40	6,7	2,2	1,5	1,1	0,96	0,22	99

1. Meunier noir de grande taille (plus de 40 cm), sauf indication.

2. Meunier noir de petite taille (30-35 cm).

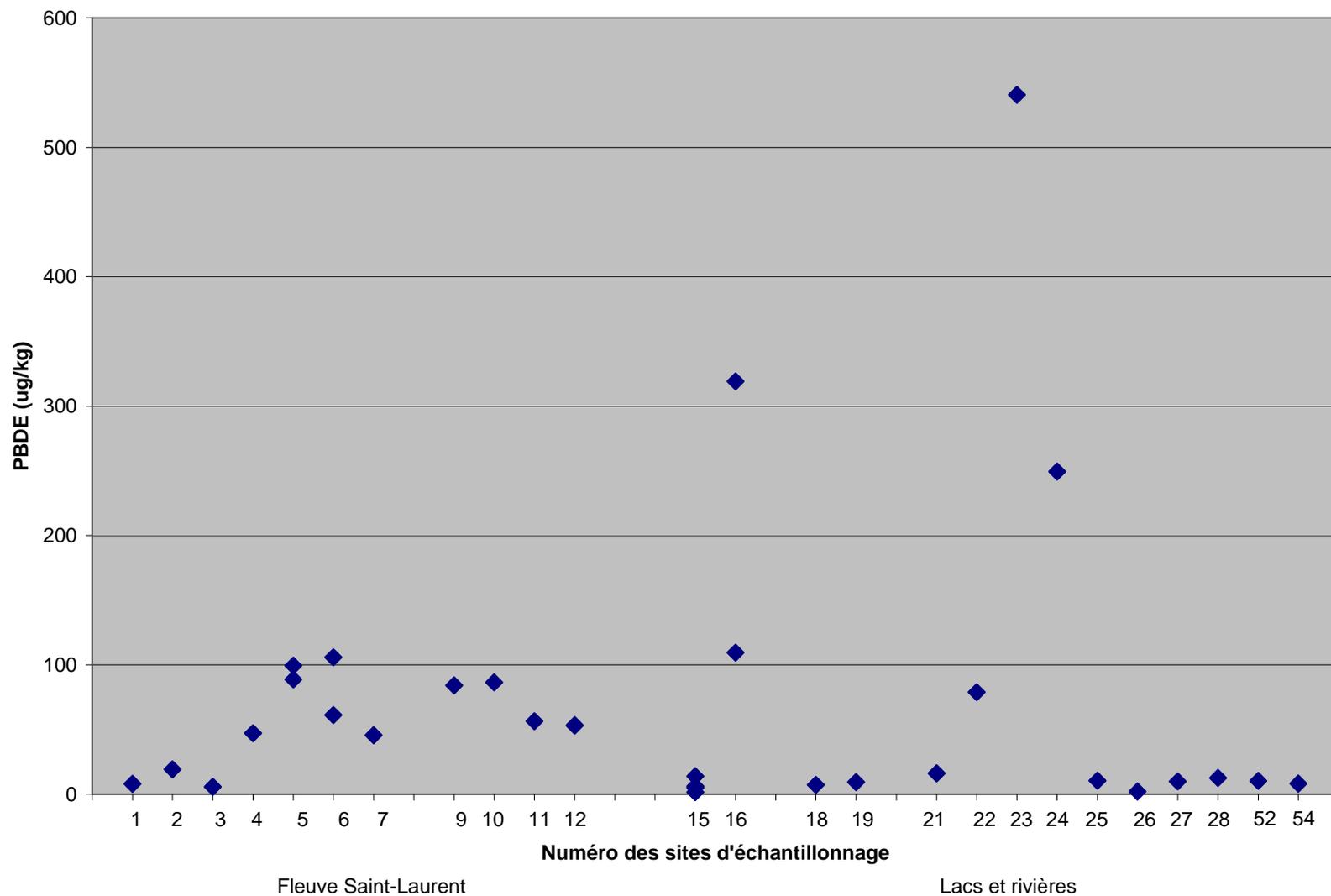


Figure 2 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent et des rivières du Québec (2002-2008)

### **2.4.2 Lac Saint-Pierre**

Au lac Saint-Pierre, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés en 2002 sur la rive nord, aux Îles de la Girodeau (89 µg/kg), et sur la rive sud, à l'Anse du Fort (106 µg/kg), ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,445$ ). Les teneurs en lipides sont aussi similaires sur les deux sites (5,7 % et 4,4 %) ( $P = 0,505$ ).

Au lac Saint-Pierre, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés en 2007 sur la rive nord, aux Îles de la Girodeau (99 µg/kg), ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,141$ ) de celles dans les meuniers pêchés sur la rive sud, à l'Anse du Fort (61 µg/kg). Cependant, elles diffèrent des teneurs mesurées dans les meuniers au centre du lac (46 µg/kg) ( $P = 0,014$ ). Par ailleurs, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés en 2007 sur la rive sud, à l'Anse du Fort, ne sont pas significativement différentes de celles dans les meuniers capturés au centre du lac ( $P = 0,28$ ). Les teneurs en lipides sont aussi similaires sur les trois sites (4,1 %, 3,5 % et 3,7 %) ( $P = 0,91$ ).

Toujours au lac Saint-Pierre, les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés aux Îles de la Girodeau en 2002 (89 µg/kg) et en 2007 (99 µg/kg) ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,663$ ). Les teneurs en lipides sont également semblables dans les deux sites (5,7 % et 4,1 %) ( $P = 0,305$ ).

Les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés sur la rive sud, à l'Anse du Fort en 2002 (106 µg/kg) et en 2007 (61 µg/kg), ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,055$ ). Toutefois, la puissance du test (0,415) est plus faible que celle désirée (0,800), ce qui indique qu'il y a plus de risque que les différences ne soient pas détectées. Les teneurs en lipides sont aussi similaires pour les deux années (4,4 % et 3,5 %) ( $P = 0,455$ ).

Globalement, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés en 2002 (97 µg/kg) et en 2007 (82 µg/kg) au lac Saint-Pierre sur la rive nord, aux Îles de la Girodeau, et sur la rive sud, à l'Anse du Fort, ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,36$ ). Les teneurs moyennes en lipides sont aussi similaires pour les deux années (5,1 % et 3,8 %) ( $P = 0,455$ ).

### **2.4.3 Aval du lac Saint-Pierre**

Dans le secteur en aval du lac Saint-Pierre, les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers capturés en 2006 sur la rive nord, à Portneuf (86 µg/kg), et sur la rive sud, à Sainte-Croix de Lotbinière (56 µg/kg), ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,265$ ). Les teneurs en lipides sont aussi similaires sur les deux sites (6,3 % et 8,1 %) ( $P = 0,229$ ).

### **2.4.4 Lac Saint-François, lac Saint-Pierre et aval du lac Saint-Pierre**

Le fleuve Saint-Laurent a été divisé en trois secteurs afin de déterminer s'il existe des différences spatiales dans les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers. Ces secteurs sont le lac Saint-François (2004), le lac Saint-Pierre (2007) et l'aval du lac Saint-Pierre (2006). Les sites ont été regroupés par secteur pour les années indiquées entre parenthèses.

Ainsi, les teneurs moyennes en PBDE dans les meuniers noirs entiers au lac Saint-Pierre en 2007 (71 µg/kg) et en aval du lac Saint-Pierre (69 µg/kg) sont similaires ( $P = 0,90$ ). Sur les deux sites, elles sont significativement plus élevées ( $P < 0,001$ ) que les teneurs observées au lac Saint-François (12 µg/kg).

Quant aux teneurs moyennes en lipides, elles sont similaires ( $P = 0,63$ ) au lac Saint-François (4,0 %) et au lac Saint-Pierre (3,8 %), mais elles sont significativement plus faibles ( $P < 0,05$ ) que les teneurs mesurées en aval du lac Saint-Pierre (6,9 %). Il est à noter que de plus fortes teneurs en lipides pourraient accroître indûment les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs et introduire un biais lors de la comparaison du niveau de contamination dans les divers sites.

En conclusion, les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers augmenteraient de six fois entre l'amont et l'aval de la grande région de Montréal et ses environs. La contamination par les PBDE s'étendrait jusqu'à Québec. Il n'y a pas de différence significative entre les teneurs en PBDE mesurées en 2002 et en 2007 au lac Saint-Pierre.

## **2.5 Autres études sur les PBDE dans le fleuve Saint-Laurent**

### **2.5.1 Teneurs en PBDE dans les matières en suspension et les sédiments dans le fleuve Saint-Laurent**

Une étude réalisée par Environnement Canada de 1995 à 2007 a permis de caractériser les concentrations de PBDE dans les matières en suspension et les sédiments du fleuve Saint-Laurent entre Kingston et Québec (Pelletier *et al.*, 2008). Elle montre qu'actuellement, les concentrations de PBDE totaux (neuf congénères)<sup>1</sup> sont trois fois plus élevées au lac Saint-Pierre qu'au lac Saint-François. Cela suggère qu'il existe un apport relativement important de congénères plus légers entre les deux lacs.

Les échantillons de matières en suspension prélevés dans le panache de l'émissaire de la ville de Montréal montraient, en 2006, des concentrations élevées de PBDE totaux (37 µg/kg)<sup>1</sup> et de BDE 209 (1000 µg/kg). Ainsi, cet émissaire pourrait représenter une des sources de PBDE pour le fleuve Saint-Laurent. Les concentrations de PBDE totaux<sup>1</sup> dans les sédiments du lac Saint-Pierre auraient légèrement diminué depuis le milieu des années 1990, ce qui viendrait appuyer les observations réalisées sur les matières en suspension à la station de Québec.

Durant la période 1995-2006, les concentrations de BDE 209 ont quintuplé dans les matières en suspension à Québec et doublé dans les sédiments des lacs fluviaux étudiés. Les résultats concernant les PBDE totaux<sup>1</sup> concordent avec ceux de la présente étude sur les meuniers noirs entiers, qui montrent aussi des teneurs plus élevées au lac Saint-Pierre (de 46 à 106 µg/kg) qu'au lac Saint-François (de 5,7 à 19 µg/kg). De plus, on n'observe pas de différence entre les concentrations mesurées dans les meuniers noirs entiers capturés en 2002 et en 2007. En ce qui concerne le BDE 209, il a été détecté dans l'eau du fleuve en aval de Montréal lors d'une étude réalisée de 2004 à 2006 (Berryman *et al.*, 2009). Dans cette étude, le BDE 209 représentait respectivement 48 % et 36 % de la somme des congénères présents dans l'eau à Lavaltrie et à Lévis. Toutefois, dans la présente étude, ce congénère ne représente qu'un pourcentage négligeable des congénères de PBDE contenus dans les poissons, et le plus souvent, il n'a pas été détecté.

### **2.5.2 Teneurs en PBDE dans les bélugas de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent**

Les teneurs en PBDE (10 congénères) ont été mesurées dans le gras de bélugas provenant de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent durant la période 1988-1999. La somme des concentrations de tous ces congénères variait de 20 à presque 1000 µg/kg (poids humide). Les principaux congénères détectés étaient les BDE 47, 99 et 100, qui représentaient 75 % de la somme des congénères mesurés. Les concentrations ont augmenté de manière exponentielle au cours de cette période (Lebeuf, M. *et al.*, 2004).

### **2.5.3 Teneurs en PBDE dans les œufs des grands hérons bleus du fleuve Saint-Laurent**

Les concentrations de PBDE ont aussi été mesurées dans des homogénats de neuf œufs de grand héron bleu provenant de sept colonies établies sur le territoire situé entre le lac Saint-François et le golfe du Saint-Laurent. Les œufs ont été prélevés en 2001 et 2002. Les concentrations de PBDE (somme de 18 congénères en 2001 et de 28 congénères en 2002) étaient les suivantes : 135 µg/kg (lac Saint-François), 1377 µg/kg (près de Montréal), 777 µg/kg (lac Saint-Pierre), 172 µg/kg (aval de Québec), 116 µg/kg (Trois-Pistoles) et 71 µg/kg (près de Baie-Trinité). Les BDE 47, 99 et 100 étaient les plus

---

1. Les PBDE totaux correspondent à la somme des congénères 28, 47, 66, 85, 99, 100, 153, 154, 183.

abondants. Les auteurs soulignent que les grands hérons bleus femelles arrivent à leur lieu de reproduction environ un mois avant de déposer leurs œufs. Les teneurs en contaminants dans les œufs reflètent partiellement celles trouvées dans la nourriture sur le site de reproduction (Champoux, L., 2010).

L'évolution des concentrations de PBDE dans les œufs entre le lac Saint-François et Québec correspond à celle observée dans les poissons analysés pour les besoins de la présente étude. L'ordre d'importance des trois principaux congénères de PBDE est aussi le même que dans le gras de bélugas (Lebeuf, M. *et al.*, 2004) et que dans la chair des poissons examinés lors de cette étude. Le meunier noir entier fait toutefois exception, car le BDE 99 y est le moins abondant des 7 principaux congénères de PBDE.

#### **2.5.4 Teneurs en PBDE dans les œufs de six espèces d'oiseaux marins du golfe du Saint-Laurent**

Les concentrations de 13 PBDE ont été mesurées dans les œufs de 6 espèces d'oiseaux marins du golfe du Saint-Laurent. Les œufs ont été prélevés en 2006 et en 2007 à l'île Corossol dans le golfe du Saint-Laurent. Les 5 principaux congénères rapportés sont, par ordre d'importance, les BDE 47, 99, 100, 153 et 154. Ils représentaient, selon les espèces, de 83,8 à 93,6 % de la somme des 13 congénères analysés. Les teneurs moyennes les plus élevées de la somme des congénères exprimées par poids de lipides ont été mesurées dans des œufs de goéland argenté ( $4181 \pm 1340 \mu\text{g/kg}$ ), de petit pingouin ( $1908 \pm 202 \mu\text{g/kg}$ ) et de goéland marin ( $1834 \pm 203 \mu\text{g/kg}$ ). Le guillemot à miroir ( $764 \pm 78 \mu\text{g/kg}$ ), la mouette tridactyle ( $607 \pm 86 \mu\text{g/kg}$ ) et l'eider à duvet ( $160 \pm 42 \mu\text{g/kg}$ ) présentaient des teneurs moyennes plus faibles. Pour ces espèces, les pourcentages moyens en gras dans les œufs étaient respectivement de  $6,8 \pm 0,8$ ,  $11,3 \pm 0,3$  et  $6,6 \pm 0,4$  pour le premier groupe et de  $8,5 \pm 0,7$ ,  $7,0 \pm 0,6$  et  $15,1 \pm 1,1$  pour le second groupe. Comme les oiseaux marins étudiés migrent pour l'hiver, seulement une certaine proportion des PBDE présents dans ces oiseaux est attribuable à leurs activités sur le site de reproduction.

#### **2.6 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers des lacs et rivières du Québec**

Les teneurs en PBDE totaux moyennes dans les meuniers noirs entiers capturés dans les rivières du Québec varient de 8,2 à 541  $\mu\text{g/kg}$ , avec une teneur moyenne de 78  $\mu\text{g/kg}$ . Les 7 principaux congénères détectés sont les BDE 47, 100, 154, 28, 153, 49 et 99, qui représentent en moyenne 97 % (de 86 à 99 %) de la somme des congénères dosés. À eux seuls, les BDE 47 et 100 correspondent en moyenne à 73 % (de 59 % à 80 %) et à 12 % (de 9 % à 15 %) respectivement de cette somme (tableau 6). Les pourcentages de ces deux congénères sont les mêmes que dans les meuniers noirs entiers capturés dans le fleuve Saint-Laurent.

Parmi les rivières étudiées, les teneurs en PBDE les plus élevées s'observent dans la rivière Saint-François, en aval de Sherbrooke (541  $\mu\text{g/kg}$ ) et de Richmond (249  $\mu\text{g/kg}$ ), ainsi que dans la rivière Yamaska Nord, en aval de Granby (319  $\mu\text{g/kg}$ ) (figure 2). Sur ce dernier site, on observait, en 2003, une augmentation importante des teneurs en PBDE comparativement à l'amont de Granby (13,9  $\mu\text{g/kg}$ ). Des mesures plus récentes obtenues en 2008 montrent toujours une grande augmentation des teneurs en PBDE entre l'amont (4,9  $\text{mg/kg}$ ) et l'aval (110  $\text{mg/kg}$ ) de Granby. Toutefois, la teneur en PBDE était plus faible en 2008 qu'en 2003, mais les poissons étaient de petite taille plutôt que de taille moyenne et le pourcentage de gras était moins élevé en 2008 (5,4 %) qu'en 2003 (8,0 %). Ces deux facteurs peuvent avoir influencé les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers.

Dans le bassin de la rivière Magog, on note aussi une augmentation entre le lac Magog (16  $\mu\text{g/kg}$ ) et la rivière Magog en aval de Rock Forest (79  $\mu\text{g/kg}$ ).

Les autres sites étudiés présentent des teneurs en PBDE similaires (de 7,3  $\mu\text{g/kg}$  à 13  $\mu\text{g/kg}$ ), à l'exception du lac Mégantic (2,1  $\mu\text{g/kg}$ ). La teneur y est négligeable et beaucoup plus faible que celle observée dans les rivières précédentes. Ces teneurs sont comparables à celles mesurées dans le fleuve Saint-Laurent, au lac Saint-François.

Les teneurs en PBDE observées dans les rivières Saint-François, Yamaska Nord et Magog indiquent clairement une contamination par ces substances.

Les teneurs en PBDE les plus élevées ont été observées dans les rivières Saint-François, en 2002 (541 µg/kg), et Yamaska, en 2003 (319 µg/kg). Elles étaient de 3,3 à 5,6 fois plus grandes que la teneur moyenne mesurée dans les meuniers noirs entiers capturés en 2002 (97 µg/kg) dans le fleuve Saint-Laurent, en aval de Montréal, le secteur le plus contaminé du fleuve.

Les fortes teneurs mesurées dans la rivière Yamaska, en aval de Granby, s'expliquent par l'importance du secteur des plastiques et des textiles dans cette ville et par la faible capacité de dilution de la rivière Yamaska Nord (Berryman *et al.*, 2009). De même, il est probable que les teneurs élevées dans la rivière Saint-François sont causées par l'activité industrielle dans la ville de Sherbrooke.

Tableau 6 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers<sup>1</sup> des lacs et rivières du Québec (2002-2008)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	100	154	28	153	49	99	
		Minimum		1	384	627	1,4	1,6	1,2	0,15	0,10	0,05	0,02	0,07	0,00	86
		Maximum		10	488	1244	9,5	541	410	77	14	23	10	5,7	1,7	99
		Moyenne		5,4	442	979	5,4	78	60	9,1	2,5	2,7	1,6	0,87	0,27	97
		Médiane		5	452	998	5,5	10	7	1,4	0,6	0,3	0,22	0,24	0,03	98
<b>Rivières du Québec</b>																
15	03030233	Yamaska Nord, Rivière – amont Granby <sup>2</sup>	2003	5	384	627	6,5	13,9	9,8	1,6	0,50	0,46	0,31	0,36	0,00	94
15	03030233	Yamaska Nord, Rivière – amont Granby <sup>2</sup>	2008	5	380	620	5,6	4,9	3,7	0,55	0,28	0,16	0,09	0,15	0,00	100
15	03030233	Yamaska Nord, Rivière – amont Granby	2008	4	420	883	6,0	6,1	4,5	0,63	0,35	0,18	0,14	0,21	0,00	99
15	03030233	Yamaska Nord, Rivière – amont Granby <sup>3</sup>	2008	3	330	394	4,5	1,6	1,2	0,15	0,10	0,05	0,02	0,10	0,00	100
16	03030027	Yamaska Nord, Rivière – aval Granby <sup>2</sup>	2003	5	391	712	8,0	319	250	31	14	7,2	10	2,1	1,7	98
16	03030027	Yamaska Nord, Rivière – aval Granby <sup>3</sup>	2008	5	332	431	5,4	109	87	10	4,4	1,9	3,4	1,0	0,80	99
18	03140001	Wallace, Lac	2007	5	445	851	5,4	7,3	4,8	1,0	0,64	0,21	0,18	0,28	0,00	98
19	03020263	Loving, Lac	2006	10	443	987	5,7	9,3	5,5	1,1	0,67	0,29	0,21	0,24	0,11	86
21	03020138	Magog, Lac	2005	9	458	1120	3,1	16	12	2,00	0,58	0,69	0,22	0,37	0,00	98
22	03020430	Magog, Rivière – aval Rock Forest	2006	4	442	1110	9,5	79	60	9,20	2,30	2,40	1,70	1,20	0,13	97
23	03020231	Saint-François, Rivière – aval Sherbrooke	2002	1	460	878	1,4	541	410	77	14	23	7,6	5,7	0,23	99
24	03020227	Saint-François, Rivière – aval Richmond	2002	2	452	998	9,4	249	200	23	4,4	11	4,3	3,1	1,7	99
25	03020102	Saint-François, Petit lac	2006	8	460	1134	5,8	11	6,5	1,6	0,79	0,28	0,24	0,18	0,01	91
26	02340024	Mégantic, Lac	2007	5	424	815	3,9	2,1	1,5	0,29	0,14	0,05	0,07	0,05	0,00	100
27	02330046	Etchemin, Rivière – Saint-Odilon	2004	5	488	1209	4,2	9,9	7,5	1,1	0,31	0,34	0,20	0,23	0,04	97
28	02310004	Du Sud, Rivière	2008	3	441	944	6,3	13	9,6	1,6	0,56	0,34	0,20	0,15	0,07	99
52	05010127	Saint-Maurice, Rivière – amont Grand-Mère	2006	6	467	1244	4,7	10	7,3	1,3	0,44	0,22	0,25	0,16	0,06	91
54	05040001	Sainte-Anne, Rivière – aval barrage Chute-Panet	2002	4	421	752	2,3	8,2	6,0	1,1	0,32	0,21	0,19	0,07	0,00	96

1. Meunier noir de grande taille (plus de 40 cm), sauf indication.

2. Meunier noir de taille moyenne (35-40 cm).

3. Meunier noir de petite taille (30-35 cm).

## 2.7 Teneurs en PBDE dans les organismes en Amérique du Nord

Les études réalisées en Amérique du Nord montrent que les teneurs en PBDE dans la faune canadienne sont à la hausse et que des augmentations extrêmement importantes des concentrations dans les tissus sont survenues au cours des deux dernières décennies (Environnement Canada, 2006) (tableau 7). Des concentrations élevées dans le biote sont observées dans les régions industrialisées, mais l'incidence accrue des PBDE dans le biote de l'Arctique indique de plus en plus l'existence d'un transport atmosphérique de ces composés sur une grande distance (Stern et Ikonou, 2000 dans Environnement Canada, 2006). Au lac Ontario, des touladis entiers (5 individus par année; 4 en 1979) ont été analysés en 1979, 1983, 1988, 1993, 1998 et 2004. La somme des concentrations en poids humide des BDE 47, 99, 100 et 153 est passée de  $20 \pm 3 \mu\text{g/kg}$  en 1979 à  $281 \pm 11 \mu\text{g/kg}$  en 1998, et à  $220 \pm 11 \mu\text{g/kg}$  en 2004 (Ismail *et al.*, 2009). Pour les lacs du Québec étudiés entre les années 2003 et 2008, la somme des concentrations en poids humide des 7 principaux congénères dans la chair des touladis a varié de 3 à  $113 \mu\text{g/kg}$ . Les concentrations de PBDE sont inférieures à celles mesurées dans les touladis du lac Ontario, mais elles n'ont pas été mesurées dans les mêmes tissus.

Tableau 7 Teneurs en PBDE dans les organismes en Amérique du Nord

Organismes	Endroit	Année	Concentration de PBDE totaux		Références
			$\mu\text{g/kg}$	Tissu	
Faucon pèlerin (œufs) <sup>1</sup>	Californie, É.-U.	1986-2007	1 610-20 600	Lipides	Park <i>et al.</i>
Fulmar (œufs) <sup>2</sup>	Nord du Canada	1975-1998	0,212-2,37	Poids humide	Wakeford <i>et al.</i> , 2002
Goéland argenté (œufs) <sup>2</sup>	Grands Lacs	1981-2000	9,4-1 544	Poids humide	Norstrom <i>et al.</i> , 2002
Guillemot marmette (œufs) <sup>2</sup>	Nord du Canada	1975-1998	0,442-2,93	Poids humide	Wakeford <i>et al.</i> , 2002
Héron (œufs) <sup>2</sup>	Colombie-Britannique	1983-2000	1,308-288	Poids humide	Wakeford <i>et al.</i> , 2002
Béluga (graisse) <sup>2</sup>	Arctique canadien		81,2-160	Lipides	Alaee <i>et al.</i> , 1999
Carpe <sup>2</sup>	Virginie, É.-U.	1998-1999	1 140	Poids humide	Hale <i>et al.</i>
Ménomini de montagne <sup>2</sup> (muscles)	Fleuve Columbia, Colombie-Britannique	1992-2000	0,726-131	Poids humide	Rayne <i>et al.</i> , 2003
Ménomini de montagne <sup>2</sup>	Rivière Spokane, Washington, É.-U.	1999	1 250	Poids humide	Johnson et Olson, 2001
Meunier à grandes écailles <sup>2</sup>	Rivière Spokane, Washington, É.-U.	1999	105	Poids humide	Johnson et Olson, 2001
Touladi <sup>2</sup>	Lac Ontario	1997	95	Poids humide	Luross <i>et al.</i> , 2002
	Lac Érié	1997	27	Poids humide	
	Lac Supérieur	1997	56	Poids humide	
	Lac Huron	1997	50	Poids humide	
Touladi <sup>3</sup>	Lac Ontario	1998	281 + 11	Poids humide	Ismail <i>et al.</i> , 2009
	Lac Ontario	2004	220 + 11	Poids humide	
Truite arc-en-ciel <sup>2</sup>	Rivière Spokane, Washington, É.-U.	1999	297	Poids humide	Johnson et Olson, 2001
Crabe dormeur <sup>2</sup> (hépatopancreas)	Côte ouest, Canada	1993-1995	4,2-480	Lipides	Ikonou <i>et al.</i> , 2002

1. Source : Park *et al.*

2. Source : Environnement Canada, 2006

3. Source : Ismail *et al.*, 2009

## 2.8 Comparaison des concentrations de PBDE dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers

### 2.8.1 Concentrations dans l'eau

Une étude sur les concentrations de PBDE dans l'eau (Berryman *et al.*, 2009) rapportait les résultats de trois études réalisées au Québec entre 2004 et 2007, sur le fleuve Saint-Laurent ainsi que sur les rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet. Les concentrations de PBDE ont été mesurées dans des échantillons prélevés dans l'eau brute de stations d'eau potable, à l'exception de ceux recueillis en amont et en aval de Granby.

Le tableau 8 indique les concentrations obtenues aux différentes stations d'échantillonnage de l'eau. Les concentrations les plus élevées ont été observées en aval de Granby et varient de 1 870 pg/l à 10 700 pg/l, avec une valeur médiane de 2 530 pg/l. Viennent ensuite Lavaltrie, Lévis, Saint-Hyacinthe et Terrebonne, où les médianes se situent entre 600 pg/l et 900 pg/l. Quant à Drummondville, à Tracy et à l'amont de Granby, on y a observé des concentrations médianes de 262 pg/l à 369 pg/l. Les valeurs médianes les plus faibles ont été mesurées à Montréal et à Nicolet (14 pg/l et 48 pg/l). Soulignons qu'un seul échantillon a été prélevé à Nicolet.

**Tableau 8 Sommaire des concentrations de PBDE totaux dans l'eau brute**

Station	Nombre d'échantillons	Moyenne	Médiane	Minimum		Maximum		
		(pg/l)	(pg/l)	(pg/l)	Mois	(pg/l)	Mois	
Drummondville	1	369	369	369	5	369	5	
Granby	Amont	4	262	262	237	9	290	10
Granby	Aval	4	4 400	2 530	1 870	10	10 700	7
Lavaltrie	6	1 350	864	312	5	4 010	7	
Lévis	8	1 060	629	60	8	3 370	12	
Montréal	6	14	14	0	3	24	5	
Nicolet	1	48	48	48	5	48	5	
Saint-Hyacinthe	11	918	587	185	9	3 350	3-4	
Terrebonne	6	657	610	498	3	966	7	
Tracy	11	339	316	111	6,7	696	3-4	

Source : Berryman *et al.*, 2009.

### 2.8.2 Congénères détectés dans l'eau

Trois congénères représentaient la majorité des PBDE détectés dans les échantillons d'eau prélevés, soit le BDE 47 du groupe des tétraBDE, le BDE 99 du groupe des pentaBDE et le BDE 209, qui était le seul congénère décaBDE. Selon les stations d'échantillonnage, le BDE 47 représentait de 7,8 à 43 % des PBDE totaux et le BDE 99, de 5,4 à 42 %. Le BDE 209 n'a pas été décelé dans 3 des 10 stations échantillonnées (Drummondville, Nicolet et Montréal), mais aux endroits où il était présent, il constituait de 27 à 85 % des PBDE détectés.

Les BDE 17, 28, 49, 66, 85, 100, 138, 153, 154, 183, 196, et 197 ont aussi été détectés dans les échantillons d'eau, mais leurs teneurs individuelles ne représentaient jamais plus de 11 % des PBDE totaux. Les BDE 71, 77, 119, 126, 156, 184 et 191 n'ont pas été détectés.

### 2.8.3 Congénères détectés dans les meuniers noirs entiers

Dans les meuniers noirs entiers, le BDE 47 est le plus abondant (73 %), suivi du BDE 100 (13 %). Viennent ensuite les BDE 154 (4,6 %), 28 (3,2 %), 153 (2,0 %), 49 (1,8 %) et 99 (0,2 %), dont l'importance est bien moindre. Dans la chair des poissons, le BDE 99 est le deuxième plus important. Toutefois, la plupart de ces poissons sont des poissons piscivores, alors que le meunier noir est essentiellement benthivore. Dans l'étude qu'ils ont menée sur la rivière Hudson en 2008, Xia *et al.* mentionnait que, pour les meuniers noirs, le BDE 47 représentait environ 90 % des PBDE totaux, alors que le BDE 100 ne contribuait que pour 8 % du total. Les BDE 99, 153 et 154 étaient rarement détectés.

Le BDE 209 (0,01 %) ne représente qu'un pourcentage négligeable des congénères présents dans les meuniers noirs. Il n'a été détecté que dans 7 échantillons sur 50 et ne semble pas s'accumuler dans les meuniers noirs entiers, même lorsqu'il est le congénère le plus abondant dans l'eau. Berryman *et al.* indique, pour le BDE 209, des proportions de 68 % en aval de Granby et de 48 % à Lavaltrie, alors que ces dernières ne représentent que 0,01 % et 0,03 % dans les meuniers noirs entiers capturés près des mêmes sites. De même, le BDE 99, dont les proportions de la somme des congénères dans l'eau varient de 5,4 % à 42 %, s'accumule très peu dans les meuniers noirs (moyenne de 0,2 %).

Le tableau 9 montre le pourcentage relatif des principaux congénères dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers, excluant le BDE 209, dont la quantité est nulle ou négligeable dans les poissons. On y note que pour les congénères présents en quantité significative dans les meuniers noirs entiers, les proportions sont presque similaires à celles détectées dans l'eau. À l'exclusion du BDE 99, l'accumulation de ces congénères dans les meuniers noirs semble intimement liée à leur abondance dans l'eau.

L'analyse des meuniers noirs entiers ne permet pas de détecter adéquatement les BDE 99 et 209 dans l'eau, même lorsqu'ils constituent les principaux congénères présents. Toutefois, elle permet de bien déceler les BDE 28, 47, 49, 100, 153 et 154, qui semblent les plus susceptibles de s'accumuler dans les poissons et de présenter un risque accru pour la faune terrestre piscivore.

### 2.8.4 Relation entre les concentrations de PBDE dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers

L'étude des différents congénères de PBDE détectés dans l'eau montre que seulement 6 congénères (BDE 28, 47, 49, 100, 153 et 154) s'accumulent en quantité significative dans les meuniers noirs entiers et qu'ils représentent en moyenne 98 % (fleuve Saint-Laurent) et 97 % (rivières du Québec) de la somme des congénères présents dans ces poissons. En considérant seulement ces six congénères, et en supposant que les concentrations dans l'eau sont du même ordre que celles auxquelles les meuniers noirs ont été exposés dans le milieu, le tableau 10 présente les relations entre les concentrations de PBDE dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers. Le BDE 99 n'a pas été considéré, car contrairement aux autres, il s'accumule très peu dans les meuniers noirs entiers en comparaison des concentrations dans l'eau (tableaux 4 et 9).

Les concentrations de ces 6 congénères de PBDE dans les meuniers noirs entiers seraient en moyenne de  $0,7 \times 10^6$  fois plus élevées que celles mesurées dans l'eau. Lorsque les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers sont ajustées pour 3 % de lipides, elles équivalent en moyenne à  $0,4 \times 10^6$  fois celles observées dans l'eau. Cette évaluation demeure approximative puisqu'il y a très peu de mesures dans l'eau et les meuniers noirs entiers et qu'elles n'ont pas été faites durant la même période de temps.

Suivant cette approximation, on a calculé le rapport entre les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers (3 % gras) et celles dans l'eau. Ainsi, la somme des concentrations des 6 congénères de PBDE dans l'eau ne devrait pas excéder 21 pg/l pour que la quantité ne dépasse pas, dans le meunier noir entier, la valeur guide de 8,4 µg/kg estimée par Environnement Canada afin de protéger la faune terrestre piscivore.

**Tableau 9 Principaux congénères de PBDE (sans le congénère IUPAC 209) dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers sur 6 sites du fleuve Saint-Laurent et des rivières Saint-François et Yamaska**

Numéro IUPAC	Eau	Sites						Moyennes (%)
		Montréal	Lavaltrie	Québec	Amont Granby	Aval Granby	Drummondville	
		Lac Saint-François (%)	Lac Saint-Pierre (%)	Québec (%)	Amont Granby (%)	Aval Granby (%)	Aval Richmond (%)	
28	Eau	0	0,8	0	0	0,5	1,3	0,4
	Poissons	3,6	3,3	3,6	3,3	2,3	4,3	3,4
47	Eau	43	38	64	53	33	37	45
	Poissons	69	74	75	71	78	78	74
49	Eau	0	1,5	0	0	1,6	1,8	0,8
	Poissons	2,2	1,6	1,7	2,6	0,7	1,1	1,7
99	Eau	30	38	31	37	39	42	36
	Poissons	0,1	1,4	0,7	0	0,6	0,4	0,5
100	Eau	7,5	8,2	1,4	10	8,2	9	7,4
	Poissons	15	12	14	12	9,7	12	12
153	Eau	0	4,2	1,6	0	6,6	4	2,7
	Poissons	2,7	1,5	0,7	2,2	3,1	1,6	2,0
154	Eau	3,1	3,4	1,2	0	3,6	3,9	2,5
	Poissons	6,5	4,1	2,4	3,6	4,4	2,2	3,9

**Tableau 10 Somme des BDE 28, 47, 49, 100, 153 et 154 détectés dans l'eau et dans les meuniers noirs entiers sur 6 sites du fleuve Saint-Laurent et des rivières Saint-François et Yamaska**

Eau	Sites					
	Montréal	Lavaltrie	Québec	Amont Granby	Aval Granby	Drummondville
	Lac Saint-François	Lac Saint-Pierre	Québec	Amont Granby	Aval Granby	Aval Richmond
Eau <sup>1</sup> (pg/l) (A)	10	244	122	23	569	209
Meunier noir (µg/kg) (B)	11	90	52	13	314	246
▪ lipides (%)	3,7	4,7	4,9	6,5	8,0	9,4
Rapport (B) / (A) x 10 <sup>6</sup> (non ajusté)	1,1	0,4	0,4	0,6	0,6	1,2
Rapport (B) / (A) x 10 <sup>6</sup> pour 3 % de lipides	0,9	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4
Meunier noir (teneurs en PBDE en µg/kg de lipides)	291	1900	1053	200	3929	2612

1. Berryman *et al.*, 2009, concentration médiane.

## **CONCLUSION**

Bien que les PBDE n'existent pas naturellement dans l'environnement, ils ont été détectés dans tous les échantillons de chair et de poissons entiers analysés dans le fleuve Saint-Laurent et dans les lacs et rivières du Québec.

Les poissons du fleuve Saint-Laurent, entre Montréal et Québec, présentent généralement des teneurs plus élevées qu'ailleurs au Québec. Dans ce secteur, les teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers excèdent de 5,6 à 12,6 fois la valeur estimée sans effet observé (VESEO) de 8,4 µg/kg, qui est considérée par Environnement Canada comme la valeur guide pour assurer la protection de la faune terrestre piscivore. Des échantillons de matières en suspension prélevés dans le panache de l'émissaire de la ville de Montréal contenaient, en 2006, des concentrations élevées de PBDE totaux (37µg/kg) et de BDE 209 (1000 µg/kg), suggérant que cet émissaire représentait une des sources de PBDE pour le fleuve Saint-Laurent.

Toutefois, les teneurs les plus élevées ont été mesurées dans les meuniers noirs entiers de la rivière Saint-François, en aval de Sherbrooke et de Richmond, et de la rivière Yamaska Nord en aval de Granby. Celles-ci sont respectivement de 64, 30 et 13 fois plus élevées que la valeur guide. L'amplitude des dépassements révèle que le risque pour la faune terrestre piscivore est plus grand sur ces trois sites que sur les sites du fleuve Saint-Laurent.

Dans la chair des poissons, 7 congénères de PBDE représentent en moyenne de 95 à 99 % de la somme des PBDE. Par ordre d'importance, ce sont les BDE 47 (47 %), 99 (23 %), 100 (13 %), 154 (5,1 %), 49 (4,1 %), 153 (3,8 %) et 28 (0,9 %).

Parmi les congénères de PBDE présents dans l'eau, seulement 6 (BDE 28, 47, 49, 100, 153, 154) s'accumulent en quantité significative dans les meuniers noirs entiers.

## BIBLIOGRAPHIE

BERRYMAN, David, Joannie BEAUDOIN, Sylvie CLOUTIER, Denis LALIBERTÉ, François MESSIER, Hélène TREMBLAY, Andrea Diana MOISSA, 2009. *Les polybromodiphényléthers (PBDE) dans quelques cours d'eau du Québec méridional et dans l'eau de consommation produite à deux stations de traitement d'eau potable*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 978-2-550-57377-7 (PDF), 18 pages et 3 annexes.

CANADA, 2008. « *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999). Règlement sur les polybromodiphényléthers* », C.P. 2008-1271, 19 juin 2008, DORS/2008-218, *Gazette du Canada*. Partie II, vol. 142, n 14, p. 1663-1664. <http://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p2/2008/2008-07-09/pdf/g2-14214.pdf#page=39>. (page consultée le 11 janvier 2011).

CANADA, 2010. « *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999). Règlement sur les polybromodiphényléthers* », *Publication des résultats des enquêtes et des recommandations pour la substance – Décabromodiphényléther*, 28 août 2010, *Gazette du Canada*. Partie I, vol. 144, n 35, p. 2318-2320. <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2010/2010-08-28/pdf/g1-14435.pdf#page=14> (page consultée le 11 janvier 2011).

CHAMPOUX, Louise, John MOISEY et Derek C. G. MUIR, 2010. *Polybrominated diphenyl ethers, toxaphenes, and other halogenated organic pollutants in great blue heron eggs*, *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 29, n° 2, p. 243-249.

ENVIRONNEMENT CANADA, 2006. *Rapport d'évaluation écologique préalable des polybromodiphényléthers (PBDE)*, Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999), dans le site d'Environnement Canada, [http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/substances/pbde/rep\\_pbde-fra.pdf](http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/substances/pbde/rep_pbde-fra.pdf) (page consultée le 11 janvier 2011).

ENVIRONNEMENT CANADA, 2010a. *Stratégie de gestion du risque pour les polybromodiphényléthers (PBDE) – Août 2010*. [http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/substances/decabde/rapport\\_cse\\_decabde-fra.pdf](http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/documents/substances/decabde/rapport_cse_decabde-fra.pdf) (page consultée le 11 janvier 2011).

ENVIRONNEMENT CANADA, 2010b. *Rapport sur l'état des connaissances scientifiques concernant la bioaccumulation et la transformation du décabromodiphényléther*. <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=B901A9EB> (page consultée le 11 janvier 2011).

ISMAIL, Nargis, Sarah B. GEWURTZ, Kerri PLESKACH, D. Michael WHITTLE, Paul A. HELM, Chris H. MARVIN and Gregg T. TOMY, 2009. *Brominated and Chlorinated flame retardants in lake Ontario, Canada, Lake Trout (Salvelinus namaycush) between 1979 and 2004 and possible influences of food-web changes*, *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 28, n° 5, pp. 910-920.

LAVOIE, Raphael A., Louise CHAMPOUX, Jean-François RAIL, David R.S. LEAN, 2010. *Organochlorine, brominated flame retardants and mercury levels in six seabird species from the Gulf of St. Lawrence (Canada): Relationships with feeding ecology, migration and molt*, *Environmental Pollution*, vol. 158, pp. 2189-2199.

LEBEUF, Michel, Bruno GOUTEUX, Lena MEASURES et Steve TROTTIER, 2004. *Levels and Temporal Trends (1988-1999) of Polybrominated Diphenyl Ethers in Beluga Whales (Delphinapterus leucas) from the St. Lawrence Estuary*, Canada. *Environmental Science & Technology*, vol. 38, n° 11, p. 2971-2977.

PARK, June-Soo, Arthur HOLDEN, Vivian CHU, Michele KIM, Alexandra RHEE, Puja PATEL, Yating SHI, Janet LINTHICUM, Brian J. WALTON, Karen MCKEOWN, Nicholas P. JEWELL, and Kim HOOPER, 2009. *Time-Trend and Congener Profiles of PBDEs and PCBs in California Peregrine Falcons (Falco peregrinus)*, *Environmental Science & Technology*, vol. 43, pp. 8744-8751.

PELLETIER, M., B. RONDEAU, C. GAGNON, et F. MESSIER, 2008. *Les polybromodiphényléthers (PBDE) dans le Saint-Laurent : de nouveaux contaminants à surveiller*, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie de l'eau, chapitre Saint-Laurent, 12<sup>e</sup> colloque annuel, Québec, 29 et 30 mai 2008.

RUDEL, Ruthann A. et Laura J. PEROVICH, 2009. *Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air*, Atmospheric Environment, vol. 43, p. 170-181.

Santé Canada. 2006. *Rapport sur l'état des connaissances scientifiques sous-jacentes à une évaluation préalable des effets sur la santé – polybromodiphényléthers (PBDE)*. [http://hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt\\_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/pbde/pbde-fra.pdf](http://hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/pbde/pbde-fra.pdf). (page consultée le 11 janvier 2011).

United States Environmental Protection Agency, 2006. *Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs), Project Plan*.

XIA Kang, Ming Bo LUO, Christina LUSK, Kevin ARMBRUST, Lawrence SKINNER and Ronald SLOAN, 2008. *Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Biota Representing Different Trophic Levels of the Hudson River, New York: From 1999 to 2005*, Environmental Science and Technology, vol. 42, pp. 4331-4337.

**Annexe 1 Teneurs en PBDE dans la chair des achigans du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)						7 congénères PBDE totaux (%)	
									47	99	100	154	153	49		28
		<i>Minimum</i>		2	316	436	0,33	2,47	0,84	0,81	0,33	0,22	0,15	0,05	0,01	96
		<i>Maximum</i>		5	438	1641	1,6	34	16	12	2,3	0,54	3,7	0,77	0,60	99
		<i>Moyenne</i>		3,4	373	896	1,0	13	6,0	3,7	1,3	0,38	0,85	0,49	0,15	97
		<i>Médiane</i>		3,0	370	855	1,0	9,9	5,0	2,4	1,2	0,39	0,37	0,55	0,08	98
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	2	359	691	0,66	10	5,0	2,5	1,2	0,34	0,28	0,61	0,08	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	5	411	1213	0,58	9,5	4,9	1,9	1,1	0,42	0,36	0,52	0,09	97
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	3	438	1641	1,4	13	5,8	3,6	1,6	0,46	0,76	0,61	0,07	96
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	3	361	795	1,4	9,2	4,3	1,7	1,4	0,51	0,37	0,57	0,06	97
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2008	5	389	915	1,6	9,3	4,4	2,2	1,2	0,35	0,36	0,44	0,07	97
<b>Rivières du Québec</b>																
23	03020202	Saint-François, Rivière – aval Sherbrooke	2002	3	334	550	0,86	34	16	12	2,3	0,54	0,85	0,77	0,60	98
24	03020228	Saint-François, Rivière – aval Richmond	2002	3	316	436	0,33	17	6,5	5,0	0,98	0,22	3,7	0,31	0,24	98
55	05080002	Saint-Joseph, Lac	2006	3	378	923	1,1	2,5	0,84	0,81	0,33	0,23	0,15	0,05	0,01	98

**Annexe 2 Teneurs en PBDE dans la chair des barbottes brunes du fleuve Saint-Laurent (2002-2008)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)						7 congénères PBDE totaux (%)	
									47	99	100	154	153	49		28
		<i>Minimum</i>		5	270	261	1,2	8,3	3,0	3,4	0,87	0,25	0,36	0,11	0,05	98
		<i>Maximum</i>		9	276	289	1,5	9,0	3,6	3,4	0,91	0,28	0,42	0,16	0,07	98
		<i>Moyenne</i>		7,0	273	275	1,3	8,6	3,3	3,4	0,89	0,27	0,39	0,14	0,06	98
		<i>Médiane</i>		7,0	273	275	1,3	8,6	3,3	3,4	0,89	0,27	0,39	0,14	0,06	98
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	9	270	272	1,2	8,3	3,0	3,4	0,87	0,25	0,42	0,11	0,05	98
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	5	276	289	1,5	9,0	3,6	3,4	0,91	0,28	0,36	0,16	0,07	98

### Annexe 3 Teneurs en PBDE dans la chair des barbes de rivière du fleuve Saint-Laurent (2002-2008)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
		<i>Minimum</i>		3	520	1456	1,5	26	11	8,8	3,1	1,3	1,3	0,24	0,16	97
		<i>Maximum</i>		7	595	2254	10,4	140	64	44	19	8,5	6,5	1,7	0,69	98
		<i>Moyenne</i>		5,0	558	1842	6,2	95	43	29	11	4,3	4,1	0,96	0,46	98
		<i>Médiane</i>		5,0	552	1827	6,9	103	46	31	12	4,0	4,6	0,89	0,56	98
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	4	559	1968	1,5	110	42	44	12	3,5	4,8	0,81	0,19	97
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	5	595	2254	6,6	116	53	34	14	5,3	4,8	1,7	0,53	98
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	6	543	1582	10	96	49	23	11	4,5	4,3	0,91	0,62	97
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve – Portneuf	2006	7	587	2109	7,3	140	64	37	19	8,5	6,5	1,2	0,59	98
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	3	520	1456	4,0	26	11	8,8	3,1	1,3	1,3	0,24	0,16	98
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2008	5	544	1685	7,5	82	37	27	9,0	2,8	3,0	0,87	0,69	98

### Annexe 4 Teneurs en PBDE dans la chair des dorés jaunes du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
		<i>Minimum</i>		2	349	295	0,0	0,06	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9
		<i>Maximum</i>		10	703	3376	2,0	61	24	30	8,8	3,2	3,6	1,7	0,30	100
		<i>Moyenne</i>		5,4	541	1689	0,8	9,9	4,5	2,7	1,4	0,53	0,49	0,37	0,11	94
		<i>Médiane</i>		4	554	1693	0,9	2,0	1,2	0,38	0,46	0,20	0,15	0,23	0,09	98
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
1	00000048	Saint-François, Lac (sud) – Île au Mouton	2004	2	664	3121	1,1	2,9	1,2	0,51	0,46	0,26	0,21	0,12	0,01	96
2	00000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004	2	517	1299	1,0	2,8	1,3	0,43	0,50	0,21	0,15	0,16	0,03	99
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004	3	612	2328	1,2	2,8	1,2	0,43	0,47	0,20	0,15	0,23	0,03	97
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	9	437	803	0,1	11	5,4	2,9	1,5	0,33	0,34	0,43	0,07	98
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	4	457	670	0,0	10	5,6	2,3	1,3	0,28	0,29	0,47	0,07	98
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	2	550	1663	0,5	19	10	4,2	2,5	0,71	0,69	0,73	0,10	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	10	606	2225	1,0	20	11	3,1	2,7	1,0	0,77	0,78	0,18	98
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	8	604	2237	1,4	23	12	4,5	3,2	0,96	0,69	1,0	0,15	98
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	9	586	2152	1,1	55	24	14	7,0	3,2	2,3	1,7	0,30	95

Annexe 4 Teneurs en PBDE dans la chair des dorés jaunes du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008) (suite)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	29	
		<i>Minimum</i>			349	295	0,0	0,06	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9
		<i>Maximum</i>			703	3376	2,0	61	24	30	8,8	3,2	3,6	1,7	0,30	100
		<i>Moyenne</i>			541	1689	0,8	9,9	4,5	2,7	1,4	0,53	0,49	0,37	0,11	94
		<i>Médiane</i>			554	1693	0,9	2,0	1,2	0,38	0,46	0,20	0,15	0,23	0,09	98
8	00004023	Saint-Pierre, Lac (nord) – Pointe du lac	2002	6	614	2363	0,9	19	9,3	4,3	2,6	1,1	0,74	0,90	0,22	97
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	6	465	976	0,3	3,8	1,8	0,9	0,51	0,15	0,16	0,17	0,01	97
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	4	613	2173	0,3	28	14	6,0	4,3	1,6	1,5	0,41	0,19	99
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve (nord) – Portneuf	2006	8	623	2303	0,6	22	12	4,3	3,0	1,3	0,92	0,43	0,23	98
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	3	440	755	0,7	12	5,4	3,3	1,7	0,56	0,51	0,40	0,06	98
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2008	5	540	1497	1,3	61	15	30	8,8	2,7	3,6	0,59	0,13	99
<b>Rivières du Québec</b>																
17	03030220	Yamaska, Rivière – aval Farnham	2003	4	349	389	0,5	17	7,1	7,0	1,5	0,46	0,82	0,15	0,06	99
34	08980019	Dasserat, Lac (secteur nord)	2008	4	568	1881	2,0	0,84	0,26	0,20	0,08	0,06	0,02	0,01	< 0,01	75
35	08980020	Dasserat, Lac (secteur sud)	2008	5	603	2273	1,3	0,99	0,34	0,33	0,13	0,08	0,08	0,01	0,01	99
36	08980021	Labyrinthe, Lac	2008	5	594	2393	1,2	0,11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	9
37	08070453	France, Lac	2007	8	541	1429	0,7	0,22	0,09	0,11	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	100
39	08070425	David, Lac	2006	9	631	2893	1,6	17	11	0,11	3,0	0,99	0,91	0,47	0,16	96
40	08070424	Chevrillon, Lac	2006	9	548	1567	0,9	1,3	0,61	0,38	0,17	0,06	0,02	0,03	< 0,01	99
41	08070454	Sauvage, Lac du	2007	10	557	1723	1,0	0,14	0,06	0,05	0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	100
42	08080062	Waposite, Lac	2007	9	517	1243	0,9	0,30	0,12	0,12	0,04	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	100
43	08080046	Opataca, Lac	2006	9	548	1510	0,5	0,45	0,13	0,13	0,07	0,08	0,04	< 0,01	< 0,01	100
45	05010497	Benjamin, Lac	2006	4	527	1383	1,0	0,15	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	< 0,01	80
46	05010496	Sulte, Lac	2006	6	578	2045	0,5	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	100
48	05010470	Moyre, Lac	2003	5	360	295	0,1	0,14	0,05	0,05	0,03	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	100
48	05010470	Moyre, Lac	2003	3	435	734	0,5	0,24	0,12	0,06	0,04	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	100
48	05010470	Moyre, Lac	2003	2	703	3376	1,0	0,36	0,15	0,01	0,06	0,12	0,01	0,01	< 0,01	100
49	05010469	Légaré, Lac	2003	5	376	459	0,7	0,21	0,06	0,08	0,04	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	90
49	05010469	Légaré, Lac	2003	5	424	654	0,3	0,25	0,08	0,08	0,04	< 0,01	0,01	0,01	< 0,01	88
49	05010469	Légaré, Lac	2003	4	628	2506	1,1	0,41	0,19	0,11	0,07	0,01	0,01	0,01	< 0,01	98
52	05010127	Saint-Maurice, Rivière – amont Grand-Mère	2006	9	583	1912	0,2	0,95	0,41	0,24	0,15	0,06	0,04	0,04	< 0,01	99

**Annexe 5 Teneurs en PBDE dans la chair des dorés noirs du fleuve Saint-Laurent et des rivières du Québec (2002-2008)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
		<i>Minimum</i>		2	370	416	0,27	5,4	2,5	1,4	0,71	0,19	0,19	0,19	0,03	96
		<i>Maximum</i>		11	472	917	1,7	18	7,6	5,9	2,2	0,97	0,80	0,67	0,13	99
		<i>Moyenne</i>		7,6	405	603	0,88	13	5,8	3,7	1,7	0,57	0,51	0,41	0,09	98
		<i>Médiane</i>		9,0	399	576	0,76	12	5,7	3,1	1,8	0,62	0,52	0,42	0,09	98
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	9	384	471	0,79	18	7,6	5,9	2,2	0,97	0,80	0,47	0,09	99
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	2	385	470	0,73	16	7,1	5,2	1,8	0,43	0,56	0,41	0,10	98
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	6	395	564	0,73	17	7,3	5,0	2,2	0,68	0,61	0,67	0,09	97
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	10	403	615	1,3	12	5,7	3,0	1,7	0,42	0,37	0,43	0,06	99
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	10	402	587	0,27	5,4	2,5	1,4	0,71	0,19	0,19	0,19	0,03	96
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve – Portneuf	2006	11	414	707	0,27	12	5,6	2,9	1,8	0,57	0,39	0,48	0,10	98
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	10	450	854	1,4	12	5,5	3,0	1,8	0,67	0,47	0,38	0,09	98
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2006	6	379	430	0,66	15	6,6	4,1	2,1	0,73	0,64	0,50	0,11	97
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2006	4	472	917	1,1	12	5,7	3,1	1,7	0,68	0,63	0,27	0,13	98
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2008	5	370	416	1,7	10	4,6	3,0	1,4	0,36	0,41	0,31	0,06	98

Annexe 6 Teneurs en PBDE dans la chair des grands brochets du fleuve Saint-Laurent et des rivières du Québec (2002-2008)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
		<i>Minimum</i>		2	731	1959	0,00	0,76	0,29	0,10	0,14	0,08	0,04	0,08	< 0,01	78
		<i>Maximum</i>		10	961	5303	0,97	59	35	7,5	9,3	2,6	1,7	1,7	0,70	99
		<i>Moyenne</i>		4,6	780	2918	0,28	10,0	5,7	1,3	1,5	0,46	0,28	0,40	0,14	96
		<i>Médiane</i>		4,0	766	2528	0,25	4,7	2,6	0,73	0,66	0,21	0,14	0,30	0,08	98
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
1	0000048	Saint-François, Lac – Île au Mouton	2004	2	731	2091	0,00	1,5	0,47	0,19	0,25	0,12	0,06	0,11	< 0,01	78
2	0000063	Saint-François, Lac – Île du Grenadier	2004	6	770	2528	0,00	0,88	0,33	0,17	0,16	0,08	0,04	0,09	< 0,01	99
3	00000164	Saint-François, Lac – Pointe au Foin	2004	3	739	2476	0,33	0,76	0,29	0,10	0,14	0,08	0,04	0,08	0,01	97
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	4	759	2595	0,40	9,3	5,7	1,3	1,2	0,37	0,21	0,35	0,11	99
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	2	961	5303	0,07	59	35	7,5	9,3	2,6	1,7	1,7	0,70	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	10	749	2288	0,26	4,7	2,3	0,84	0,69	0,22	0,14	0,36	0,04	98
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	6	766	2344	0,06	6,8	4,0	0,73	1,0	0,38	0,17	0,30	0,08	98
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	6	739	1959	0,13	4,6	2,2	1,0	0,66	0,21	0,14	0,29	0,04	98
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	3	766	2696	0,25	12	7,1	1,2	1,8	0,57	0,33	0,41	0,13	99
<b>Rivières du Québec</b>																
20	03020142	Massawippi, Lac	2007	6	773	3214	0,57	5,4	3,0	0,49	0,63	0,20	0,12	0,26	0,11	89
22	03020430	Magog, Rivière – aval Rock Forest	2006	3	832	4607	0,97	4,7	2,6	0,60	0,58	0,20	0,13	0,40	0,07	98

**Annexe 7 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent (2002-2007)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	100	154	28	153	49	99	
		<i>Minimum</i>			321	404	1,4	3,6	2,3	0,62	0,24	0,15	0,03	0,09	< 0,01	69
		<i>Maximum</i>			507	1634	9,2	170	130	22	6,3	6,8	2,4	2,2	2,2	100
		<i>Moyenne</i>			445	1163	4,8	62	45	7,9	2,7	2,0	1,0	1,0	1,0	97
		<i>Médiane</i>			444	1106	4,0	56	41	7,7	2,7	1,9	1,0	0,90	0,90	99
Fleuve Saint-Laurent																
1	0000048	Saint-François, Lac (sud) – Île au Mouton	2004	1	463	1373	3,3	12	8,7	1,8	0,79	0,44	0,23	0,18	< 0,01	99
1	0000048	Saint-François, Lac (sud) – Île au Mouton	2004	1	502	1585	1,4	3,6	2,3	0,62	0,41	0,19	0,03	0,09	< 0,01	100
2	0000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004	1	435	1040	2,4	4,4	2,8	0,7	0,36	0,17	0,14	0,14	< 0,01	98
2	0000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004	1	440	1228	3,9	10	7,1	1,5	0,64	0,39	0,29	0,29	< 0,01	99
2	0000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004	1	475	1560	8,4	57	41	8,1	2,9	1,7	1,6	0,79	0,19	99
2	0000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004	1	476	1298	3,9	3,9	2,6	0,62	0,24	0,15	0,10	0,13	< 0,01	99
2	0000063	Saint-François, Lac (sud) – Île du Grenadier	2004	1	500	1479	5,3	21	15	2,8	1,0	0,60	0,71	0,36	0,06	99
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004	1	442	1106	2,8	4,9	3,2	0,82	0,33	0,17	0,14	0,15	< 0,01	99
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004	1	443	1267	3,1	4,4	2,9	0,72	0,34	0,15	0,14	0,11	< 0,01	99
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004	1	466	1398	4,1	5,0	3,3	0,76	0,34	0,16	0,21	0,17	< 0,01	99
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004	1	468	1386	5,3	8,9	6,1	1,2	0,54	0,28	0,36	0,27	0,01	99
3	00000164	Saint-François, Lac (nord) – Pointe au Foin	2004	1	507	1634	4,6	5,6	3,7	0,82	0,37	0,29	0,14	0,23	< 0,01	99
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	9	321	404	1,8	47	36	6,2	1,4	1,4	1,0	0,83	0,09	99
7	00000116	Saint-Pierre, Lac – Centre	2007	1	434	965	3,4	29	22	3,9	1,2	0,34	0,41	0,52	< 0,01	99
7	00000116	Saint-Pierre, Lac – Centre	2007	1	447	1135	4,1	58	42	9,4	2,2	2,1	0,59	1,0	0,04	99
7	00000116	Saint-Pierre, Lac – Centre	2007	1	435	1025	3,3	86	65	12	3,0	2,3	1,5	1,0	0,02	99
7	00000116	Saint-Pierre, Lac – Centre	2007	1	411	919	4,5	20	14	3,0	0,92	0,47	0,47	0,55	< 0,01	99
7	00000116	Saint-Pierre, Lac – Centre	2007	1	439	1229	2,6	43	30	6,0	1,4	1,4	0,60	0,63	< 0,01	94
7	00000116	Saint-Pierre, Lac – Centre	2007	1	412	851	4,3	39	30	4,9	1,6	0,63	0,83	0,58	0,09	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	1	403	763	2,8	68	50	9,0	3,6	2,0	1,7	1,5	0,07	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	1	411	1061	9,1	55	41	7,2	2,4	1,7	1,2	1,3	0,10	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	1	422	908	3,7	127	97	17	4,6	4,5	1,6	1,4	0,01	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	1	446	1106	3,8	93	70	12	4,1	3,2	1,5	1,5	0,01	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	1	450	1235	8,9	100	76	12	4,2	2,7	2,4	2,1	0,20	99

Annexe 7 Teneurs en PBDE dans les meuniers noirs entiers du fleuve Saint-Laurent (2002-2007) (suite)

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	100	154	28	153	49	99	
		<i>Minimum</i>			321	404	1,4	3,6	2,3	0,62	0,24	0,15	0,03	0,09	< 0,01	69
		<i>Maximum</i>			507	1634	9,2	170	130	22	6,3	6,8	2,4	2,2	2,2	100
		<i>Moyenne</i>			445	1163	4,8	62	45	7,9	2,7	2,0	1,0	1,0	1,0	97
		<i>Médiane</i>			444	1106	4,0	56	41	7,7	2,7	1,9	1,0	0,90	0,90	99
Fleuve Saint-Laurent																
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	1	413	1056	3,9	48	36	5,8	1,9	1,9	0,78	1,3	0,03	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	1	425	1016	3,8	170	130	22	6,3	6,8	1,6	2,2	< 0,01	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	1	435	1095	7,1	140	75	12	4,0	3,6	1,0	1,7	< 0,01	69
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	1	442	1069	3,3	77	57	11	3,5	2,6	0,90	1,3	0,01	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	1	446	1188	4,2	88	67	11	3,2	2,6	1,5	2,0	< 0,01	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	1	446	1016	2,5	73	48	8,0	2,9	1,9	1,1	1,3	0,05	87
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	1	409	850	5,0	112	87	13	4,0	3,2	2,1	1,9	0,17	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	1	437	1102	3,8	52	39	6,5	2,3	2,0	0,70	0,89	< 0,01	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	1	444	1071	1,6	87	61	14	6,2	3,6	0,59	0,67	0,06	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	1	450	1189	3,6	127	97	15	5,2	4,7	1,7	2,1	0,04	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	1	457	1205	8,2	151	120	16	5,0	5,2	1,9	2,0	0,17	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2007	1	440	957	5,0	94	72	12	3,3	3,1	1,3	1,6	< 0,01	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2007	1	418	892	3,5	75	57	10	2,9	2,5	1,0	0,90	< 0,01	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2007	1	447	1126	3,5	44	33	5,8	1,5	1,7	0,50	0,80	< 0,01	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2007	1	444	1118	1,8	55	41	7,8	2,1	2,3	0,43	0,80	0,05	99
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2007	1	447	1071	3,7	38	30	4,7	1,2	0,80	0,64	0,50	< 0,01	99
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve (nord) – Portneuf	2006	3	414	925	6,8	75	52	11	4,1	1,9	1,4	0,86	< 0,01	96
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve (nord) – Portneuf	2006	3	436	1092	7,4	124	84	16	5,8	3,4	1,6	1,6	< 0,01	90
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve (nord) – Portneuf	2006	2	503	1604	4,7	60	44	8,4	3,3	1,4	1,3	1,0	0,06	99
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	3	424	976	6,1	81	58	11	4,9	2,3	1,6	1,5	0,03	97
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	3	434	1023	9,2	46	33	6,0	1,9	1,3	1,1	0,75	0,12	97
11	00001013	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Sainte-Croix	2006	3	461	1291	9,0	42	31	5,3	1,9	1,2	0,77	0,56	0,05	97
12	00001181	Saint-Laurent, Fleuve – Québec	2006	4	484	1262	4,9	53	40	7,3	1,3	1,9	0,37	0,91	0,38	97

**Annexe 8 Teneurs en PBDE dans la chair des perchaudes du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
		<i>Minimum</i>		2	213	112	0,00	0,23	0,09	0,00	0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	97
		<i>Maximum</i>		10	294	322	0,71	2,68	1,40	0,27	0,37	0,14	0,05	0,56	0,01	100
		<i>Moyenne</i>		5,8	240	188	0,27	1,22	0,64	0,10	0,18	0,06	0,02	0,21	< 0,01	99
		<i>Médiane</i>		5,0	226	146	0,27	1,27	0,62	0,10	0,17	0,05	0,01	0,20	< 0,01	99
<b>Fleuve Saint-Laurent</b>																
1	0000048	Saint-François, Lac – Île au Mouton	2004	6	228	149	0,00	0,31	0,14	0,00	0,07	0,05	0,01	0,03	< 0,01	97
2	0000063	Saint-François, Lac – Île du Grenadier	2004	5	213	112	0,20	0,37	0,17	0,04	0,06	0,04	< 0,01	0,06	< 0,01	100
3	00000164	Saint-François, Lac – Pointe au Foin	2004	5	218	123	0,33	0,23	0,09	0,00	0,05	0,04	0,01	0,04	< 0,01	100
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	3	218	131	0,20	2,5	1,4	0,27	0,35	0,08	0,05	0,31	0,01	100
4	00004053	Saint-Pierre, Lac – Archipel	2003	9	218	141	0,27	2,7	1,4	0,20	0,37	0,08	0,04	0,56	0,01	99
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2002	10	221	135	0,37	2,3	1,2	0,15	0,31	0,08	0,04	0,46	0,01	97
5	00000056	Saint-Pierre, Lac (nord) – Îles de la Girodeau	2007	9	226	143	0,07	1,4	0,78	0,05	0,20	0,07	0,01	0,24	0,01	98
6	00000055	Saint-Pierre, Lac (sud) – Anse du Fort	2002	10	218	137	0,28	1,3	0,66	0,11	0,17	0,05	0,01	0,27	0,01	98
9	00000144	Saint-Laurent, Fleuve (sud) – Bécancour	2008	2	261	265	0,40	0,98	0,53	0,05	0,14	0,04	< 0,01	0,20	< 0,01	98
10	00000003	Saint-Laurent, Fleuve – Portneuf	2006	3	225	167	0,26	0,32	0,13	0,00	0,01	0,01	0,01	0,16	< 0,01	100
<b>Rivières du Québec</b>																
19	03020261	Lovering, Lac	2006	5	294	322	0,20	1,8	1,0	0,08	0,35	0,14	0,04	0,20	0,01	99
19	03020263	Lovering, Lac	2006	5	274	252	0,52	1,3	0,59	0,19	0,23	0,10	0,03	0,12	< 0,01	99
22	03020430	Magog, Rivière – aval Rock Forest	2006	5	279	313	0,71	1,3	0,65	0,16	0,16	0,05	0,01	0,22	0,01	99
52	05010502	Saint-Maurice, Rivière – amont Grand-Mère	2006	4	265	237	0,00	0,4	0,19	0,13	0,05	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	100

**Annexe 9 Teneurs en PBDE dans la chair des lottes des lacs et rivières du Québec (2002-2008)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
		<i>Minimum</i>		2	626	1481	0,26	0,40	0,13	0,16	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	95
		<i>Maximum</i>		9	668	1982	0,73	11	4,6	4,2	1,2	0,43	0,34	0,24	0,08	100
		<i>Moyenne</i>		6,0	647	1773	0,41	3,2	1,3	1,2	0,36	0,15	0,18	0,14	0,05	97
		<i>Médiane</i>		6,5	648	1815	0,33	0,57	0,26	0,19	0,09	0,02	0,18	0,14	0,05	97
<b>Lotte</b>																
39	08070425	David, Lac	2006	9	642	1982	0,26	11	4,6	4,2	1,2	0,43	0,34	0,24	0,08	98
40	08070424	Chevillon, Lac	2006	4	668	1861	0,40	0,71	0,37	0,16	0,11	< 0,01	< 0,01	0,03	0,01	96
41	08070454	Sauvage, Lac du	2007	9	653	1768	0,73	0,40	0,13	0,21	0,04	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	100
43	08080046	Opataca, Lac	2006	2	626	1481	0,26	0,42	0,15	0,16	0,07	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	95

**Annexe 10 Teneurs en PBDE dans la chair des touladis des lacs et rivières du Québec (2002-2008)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
		<i>Minimum</i>		1	565	1499	0,5	3,0	1,1	0,79	0,41	0,18	0,15	< 0,01	0,03	96
		<i>Maximum</i>		10	822	7067	7,2	113	52	34	15	5,9	4,3	1,5	1,1	99
		<i>Moyenne</i>		4,3	709	3782	4,8	28	14	5,8	4,0	1,9	1,3	0,45	0,24	98
		<i>Médiane</i>		3,0	734	3784	5,3	15	6,0	3,9	2,1	1,1	0,69	0,31	0,12	98
<b>Touladi</b>																
19	03020263	Lovering, Lac	2006	1	700	1707	0,52	45	22	4,5	8,1	5,3	3,9	0,31	0,07	98
20	03020142	Massawippi, Lac	2007	7	633	2508	6,5	37	22	6,2	4,6	1,6	0,99	0,70	0,39	98
26	02340024	Mégantic, Lac	2007	3	803	5180	4,8	15	8,4	1,8	2,3	0,96	0,56	0,44	0,13	97
29	01360001	Est, Lac de l'	2004	10	621	2850	7,2	9,5	3,3	3,2	1,2	0,66	0,56	0,15	0,12	96
30	01310005	Beau, Lac	2003	3	760	5000	6,6	80	52	6,0	13	3,8	2,4	1,0	1,1	99
31	01170008	Témiscouata, Lac	2008	10	638	2180	4,2	36	18	9,2	4,3	1,5	1,5	0,95	0,24	98
31	01170008	Témiscouata, Lac	2008	5	789	4760	5,1	113	49	34	15	5,9	4,3	1,5	0,51	98
32	01170006	Squatec, Lac	2003	1	733	4200	5,8	3,0	1,2	0,88	0,41	0,18	0,15	0,06	0,03	98
33	01150006	Humqui, Lac	2003	3	785	4772	5,4	15	6,3	5,4	1,8	0,56	0,58	0,23	0,12	98
43	08080046	Opataca, Lac	2006	2	735	3368	2,8	3,9	1,2	1,1	0,64	0,57	0,32	< 0,01	0,04	98

**Annexe 10 Teneurs en PBDE dans la chair des touladis des lacs et rivières du Québec (2002-2008) (suite)**

Site	Numéro BQMA	Description des sites	Année	N <sup>bre</sup>	Long. (mm)	Poids (g)	Lipides (%)	PBDE totaux (µg/kg)	PBDE (µg/kg)							7 congénères PBDE totaux (%)
									47	99	100	154	153	49	28	
<b>Touladi</b>																
44	08100086	Cosnier, Lac	2004	3	798	5312	5,9	3,5	1,1	1,1	0,45	0,34	0,29	0,05	0,06	97
47	05220082	Archambault, Lac	2007	4	603	2238	2,6	7,3	4,3	0,95	0,91	0,41	0,34	0,10	0,06	97
50	05010530	Chaumonot, Lac	2008	8	584	1855	3,5	3,9	1,4	0,79	0,72	0,43	0,19	0,13	0,05	96
51	05010501	Souris, Lac	2006	3	822	7067	5,7	13	5,5	3,1	1,8	1,2	0,80	0,21	0,19	98
53	05010503	Missionnaire, Lac	2008	3	565	1499	5,0	18	5,7	6,1	2,4	1,4	1,1	0,39	0,10	96
55	05080002	Saint-Joseph, Lac	2006	3	773	6021	5,7	44	18	8,8	6,7	5,6	2,7	0,52	0,61	98