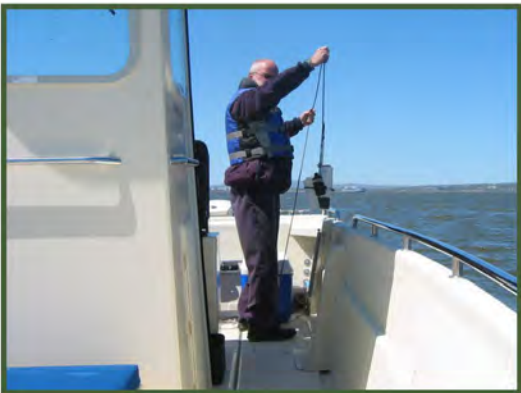




## Les composés perfluorés dans les cours d'eau et l'eau potable du Québec méridional

Septembre 2012



*Développement durable,  
Environnement,  
Faune et Parcs*

Québec 

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

### 1. Échantillonnage à la station d'eau potable de Drummondville le 1<sup>er</sup> août 2007

Aux stations d'eau potable, l'eau brute du cours d'eau d'approvisionnement et l'eau potable après traitement peuvent généralement être échantillonnées à des robinets dans le laboratoire des stations. (Source : David Berryman, MDDEFP).

### 2. Échantillonnage dans le fleuve Saint-Laurent

Pour obtenir des données sur les concentrations de composés perfluorés dans le fleuve Saint-Laurent à d'autres sites que les stations d'eau potable, des prélèvements sont faits à partir du bateau *La Sentinelle* du Ministère. (Source : Francine Rochette, MDDEFP).

### 3. Analyse des composés perfluorés au laboratoire

Les composés perfluorés contenus dans un échantillon d'eau de 250 ou 500 ml sont extraits sur cartouche solide et concentrés dans une solution d'un volume final de 0,2 ml. Celle-ci est mise dans une fiole que le technicien place dans un instrument qui alimente l'appareil de chromatographie liquide couplé à un spectromètre de masse en tandem. (Source : Christian DeBlois, CEAEQ).

### 4. Le fleuve Saint-Laurent à la hauteur des rapides de Lachine

Les composés perfluorés ont été analysés à 19 sites d'échantillonnage, dont la station d'eau potable Charles-J.-Des Bailleurs de la Ville de Montréal. La prise d'eau de cette station est située au centre du fleuve Saint-Laurent, un peu en amont des rapides de Lachine. (Source : Denis Chabot, Le monde en images, CCDMD).

Ce document peut être consulté sur le site Internet du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs [www.mddefp.gouv.qc.ca](http://www.mddefp.gouv.qc.ca).

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2012

ISBN 978-2-550-65565-7 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2012

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

### Rédaction

David Berryman<sup>1</sup>  
Chaker Salhi<sup>1</sup>  
Anouka Bolduc<sup>2</sup>  
Christian DeBlois<sup>3</sup>  
Hélène Tremblay<sup>2</sup>

### Échantillonnage

Guillaume Desrosiers<sup>1</sup>  
Sylvie Legendre<sup>1</sup>  
Francine Rochette<sup>1</sup>  
Marie-Ève Thériault<sup>1</sup>  
René Therreault<sup>1</sup>  
André Thibault<sup>1</sup>

### Analyses au laboratoire

Jacques Bélanger<sup>3</sup>  
Martin Duchesneau<sup>3</sup>

### Cartographie et graphisme

France Gauthier<sup>1</sup>  
Mona Frenette<sup>1</sup>

### Coordination à la diffusion

Johanne Bélanger<sup>1</sup>

### Mise en page

Murielle Gravel<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement;

<sup>2</sup> Direction des politiques de l'eau;

<sup>3</sup> Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

### Référence bibliographique :

BERRYMAN, David, Chaker SALHI, Anouka BOLDUC, Christian DEBLOIS et Hélène TREMBLAY, 2012. *Les composés perfluorés dans les cours d'eau et l'eau potable du Québec méridional*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-65565-7 (PDF), 35 p. et 2 annexes.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier M<sup>me</sup> Céline Campagna et M. Denis Gauvin, de l'Institut national de santé publique du Québec, M<sup>me</sup> Isabelle Guay, du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, et M. Christian Gagnon, d'Environnement Canada, qui ont lu et judicieusement commenté la version préliminaire de ce rapport. Des remerciements sont également adressés à la direction et au personnel des stations d'eau potable des villes de Drummondville, de Farnham, de Lavaltrie, de Lévis, de Montréal et de Saint-Hyacinthe, qui ont autorisé et facilité l'accès à leurs installations.

## RÉSUMÉ

Les composés perfluorés sont des produits chimiques utilisés notamment comme enduits imperméabilisants et antitaches sur une grande gamme de biens de consommation courants : papiers et cartons d'emballage d'aliments, intérieur des boîtes de conserve, tissus, vêtements, tapis, meubles, etc. Certains de ces composés sont très persistants dans l'environnement, bioaccumulables et ont des effets toxiques. C'est pourquoi une réglementation fédérale, adoptée en 2008, interdit désormais au Canada la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation du PFOS et des produits manufacturés qui en contiennent<sup>1</sup>. De plus, des restrictions visant le PFOA sont en préparation.

Ce rapport présente les résultats de deux suivis de composés perfluorés réalisés de 2007 à 2009 dans 10 cours d'eau du Québec méridional, dont le fleuve Saint-Laurent. En tout, 19 sites ont été échantillonnés, dont sept stations d'eau potable, où des prélèvements ont été faits mensuellement à l'eau brute et à l'eau traitée durant un an. Au total, 84 échantillons d'eau potable traitée et 172 échantillons d'eau de surface ou d'eau brute de station d'eau potable ont été analysés.

Les résultats démontrent que les composés perfluorés sont présents en quantités mesurables dans les cours d'eau du Québec. Le PFOA, le PFOS, le PFNA et le PFUDA ont été détectés dans respectivement 68, 46, 33 et 10 % des échantillons, alors que le PFHxS, le FHUEA, le FOUEA, le PFOSA et le N-Et PFOSA n'ont été détectés qu'à l'occasion. À la majorité des sites d'échantillonnage, les concentrations mesurées pour chacun des composés varient d'inférieures aux limites de détection à 10 ng/l. Dans le bassin de la rivière Yamaska, des concentrations entre 30 et 100 ng/l ont été mesurées.

Il est difficile d'évaluer si les composés perfluorés sont dommageables pour l'environnement à ces concentrations, car pour ces substances, il n'existe pas encore de critères de qualité de l'eau visant la protection de l'environnement. Chose certaine, les concentrations mesurées au Québec ne sont pas plus élevées que celles constatées ailleurs dans le monde.

Les concentrations mesurées à l'eau potable traitée, tant pour le PFOA que pour le PFOS, sont de loin inférieures aux critères provisoires pour la qualité de l'eau potable établis par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis. Au Québec comme ailleurs, les stations d'eau potable ne sont pas en mesure de retenir ou de détruire les composés perfluorés. Ainsi, à une station de traitement donnée, les concentrations de ces produits dans l'eau brute et l'eau traitée sont essentiellement les mêmes.

Les agglomérations urbaines de Montréal et de Trois-Rivières sont peut-être des sources de composés perfluorés pour le fleuve Saint-Laurent, car les concentrations mesurées à leur aval semblent légèrement plus élevées qu'en amont, quoique les différences observées ne soient pas statistiquement significatives. Par ailleurs, les concentrations de PFOS mesurées en 2009 dans la région de Montréal et à son aval sont légèrement moins élevées qu'en 2007. Cette diminution est peut-être attribuable à la réglementation fédérale sur cette substance adoptée en 2008. D'autres échantillonnages, sur une plus longue période, seraient nécessaires pour confirmer s'il y a véritablement une tendance à la baisse des concentrations de composés perfluorés dans les cours d'eau du Québec.

---

<sup>1</sup> Le nom au long des composés perfluorés est présenté au tableau 2.



## TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	MÉTHODOLOGIE .....	3
2.1	Échantillonnage.....	3
2.2	Analyses au laboratoire .....	4
2.3	Contrôle de qualité.....	6
2.4	Interprétation des données .....	7
3.	RÉSULTATS .....	8
3.1	Fréquences de détection et concentrations dans les cours d'eau.....	8
3.1.1	Composés détectés fréquemment : PFOA, PFOS, PFNA et PFUDA.....	8
3.1.2	Composés détectés occasionnellement : PFHxS, FHUEA, FOUEA et PFOSA .....	14
3.1.3	Résultats de 2009 dans le fleuve Saint-Laurent.....	14
3.2	Fréquences de détection et concentrations dans l'eau potable .....	17
4.	CONCLUSION .....	20
5.	BIBLIOGRAPHIE.....	21

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Sites, périodes d'échantillonnage et nombre d'échantillons .....	4
Tableau 2	Composés perfluorés analysés et limites de détection .....	7
Tableau 3	Concentrations (ng/l) médianes, maximales et minimales de PFOA, de PFOS, de PFNA et de PFUDA mesurées à chacun des sites d'échantillonnage en 2007-2008.....	9
Tableau 4	Concentrations maximales de PFOS et de PFOA rapportées par différentes études sur ces produits.....	12
Tableau 5	Valeurs au-dessus des limites de détection obtenues pour les composés perfluorés détectés occasionnellement en 2007-2008 .....	14
Tableau 6	Comparaison statistique des concentrations de PFOA et de PFOS aux cinq stations d'échantillonnage du Saint-Laurent en 2009 .....	16
Tableau 7	Valeurs au-dessus des limites de détection obtenues pour les composés perfluorés détectés occasionnellement en 2009 .....	16
Tableau 8	Comparaison statistique des concentrations de composés perfluorés dans l'eau brute et dans l'eau traitée en 2007-2008 .....	19

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Un exemple de composé perfluoré : le PFOS .....	1
Figure 2	Emplacement des sites d'échantillonnage.....	5
Figure 3	Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOA dans l'eau de surface aux 16 sites échantillonnés en 2007-2008 .....	10
Figure 4	Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOS dans l'eau de surface aux 16 sites échantillonnés en 2007-2008 .....	11
Figure 5	Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFNA dans l'eau de surface aux 11 sites autres que ceux du Saint-Laurent échantillonnés en 2007-2008.....	13
Figure 6	Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFUDA dans l'eau de surface aux 11 sites autres que ceux du Saint-Laurent échantillonnés en 2007-2008.....	13
Figure 7	Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOA et de PFOS dans le fleuve Saint-Laurent en amont et en aval de Montréal et de Trois-Rivières en 2009 .....	15
Figure 8	Concentrations moyennes de PFOA et de PFOS dans le fleuve Saint-Laurent de mai à octobre en 2007 et 2009 .....	17
Figure 9	Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOA et de PFOS dans les eaux brutes (B) et traitées (T) des 7 stations d'eau potable en 2007-2008 .....	18
Figure 10	Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFNA et de PFUDA dans les eaux brutes (B) et traitées (T) des 7 stations d'eau potable en 2007-2008 .....	19

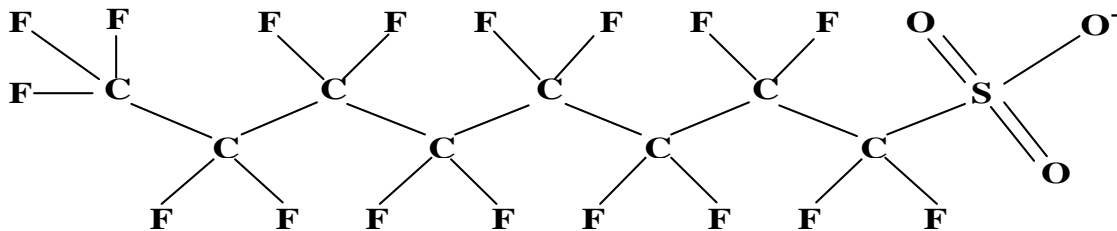
## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Contrôle de la qualité .....	24
Annexe 2	Critères de qualité de l'eau pour les composés perfluorés.....	26



## 1. INTRODUCTION

Les composés perfluorés constituent une famille de substances chimiques caractérisées par une chaîne d'atomes de carbone saturés de fluor et possédant un groupement fonctionnel variable. La figure 1 présente la structure chimique du sulfonate de perfluorooctane (PFOS), un des composés perfluorés les plus fréquemment détectés dans l'environnement. Le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne est lui aussi variable, ce qui donne lieu à une grande diversité de produits possibles, jusqu'à 250 selon certains inventaires (PNUE, 2006).



**Figure 1 Un exemple de composé perfluoré : le PFOS**

Le fluor, qui est un halogène, possède l'électronégativité la plus élevée de tous les éléments du tableau périodique. Cela confère une très forte polarité, c'est-à-dire une très grande force, au lien fluor-carbone des composés perfluorés. Cette grande force de liaison rend ces composés très stables et chimiquement peu réactifs.

Parce qu'ils réagissent peu avec l'eau, les graisses et d'autres produits chimiques, les composés perfluorés sont utilisés dans la fabrication d'enduits protecteurs, appliqués sur un grand nombre de biens de consommation : papiers et cartons d'emballage d'aliments, intérieur des boîtes de conserve, tissus, vêtements, tapis, meubles (Scotchgard<sup>MD</sup>), cuir, tuiles, marbre, béton, lunettes, lentilles d'appareil photo, etc. Le Teflon<sup>MD</sup>, utilisé notamment pour les poêles à frire antiadhésives, est à base de composés perfluorés. C'est le cas aussi du Gore-Tex<sup>MD</sup> et d'autres tissus techniques employés notamment dans des vêtements conçus pour les activités de plein air.

Les composés perfluorés sont également des agents tensioactifs utilisés à diverses fins, entre autres dans des mousses extinctrices et des détergents. Ils entrent dans la composition de certains pesticides, d'adhésifs et trouvent des applications dans les domaines de l'extraction minière et pétrolière ainsi qu'en photographie et photolithographie. Ils servent aussi de fluide hydraulique en aviation (PNUE, 2006).

Selon Environnement Canada (2004), les biens de consommation enduits de composés perfluorés seraient les principales sources de ces substances dans l'environnement. L'apport à l'environnement peut se faire par l'usure progressive de l'enduit durant la vie utile du bien de consommation ou lors de la dégradation de ce dernier dans les décharges. Compte tenu de ces sources, de la persistance des composés perfluorés et du fait qu'ils sont solubles dans l'eau, on peut s'attendre à les trouver en concentrations plus élevées en aval des agglomérations urbaines. C'est d'ailleurs ce qu'ont constaté Scott et ses collaborateurs (2009) après avoir mesuré les composés perfluorés dans 38 cours d'eau au Canada.

Le PFOS (figure 1) et ses précurseurs ont été produits en grandes quantités. Entre 1985 et 2002, la compagnie américaine 3M, le plus grand fabricant au monde de PFOS et de substances apparentées, a produit 13 670 tonnes métriques de fluorure de perfluorooctanesulfonyle (FPFOS), l'intermédiaire primaire dans la production du PFOS. Le PFOS est le résultat de l'hydrolyse enzymatique ou chimique du FPFOS. 3M a cessé la production de FPFOS en 2003 (PNUE, 2006).

La faible réactivité des composés perfluorés rend ces produits persistants lorsqu'ils se retrouvent dans l'environnement. Certains précurseurs du PFOS ont des demi-vies par hydrolyse<sup>1</sup> de 35 jours à 7,3 ans, mais le produit de dégradation final de tous ces précurseurs, le PFOS, a une demi-vie supérieure à 41 ans. Dans la nature, le PFOS « n'a pas de dégradation chimique, microbienne ou photolytique connue », ce qui mène à une accumulation de ce produit dans l'environnement, où il « persiste indéfiniment » (Environnement Canada, 2004).

En plus d'être persistant, le PFOS est bioaccumulable et est l'objet de transport atmosphérique à longue distance : on a détecté ce produit dans les tissus et le sang d'espèces fauniques de l'Arctique. Chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) juvénile, les facteurs de bioconcentration du PFOS de l'eau à la carcasse, au foie et au sang sont respectivement de 1100, 5400 et 4300. Les poissons ont tout de même la capacité d'éliminer le PFOS et ses précurseurs par leurs branchies. Ce n'est pas le cas des mammifères et des oiseaux, qui sont situés à un niveau trophique plus élevé et qui ont, de ce fait, tendance à accumuler plus de PFOS.

Plusieurs études ont démontré la toxicité des composés perfluorés, principalement celle du PFOS. Les effets de ces substances, constatés en laboratoire sur des oiseaux, des rats et des singes, comprennent des altérations du foie et de la glande thyroïde, des effets sur les fonctions pancréatiques et reproductives et sur la communication intercellulaire, une diminution de l'alimentation, de la masse corporelle et la mortalité (Environnement Canada, 2004; So et collab., 2004).

Le PFOS s'accumule dans la faune, mais aussi chez l'humain, notamment dans le lait maternel (Völkel et collab., 2007). De plus, une étude réalisée au Danemark a révélé des comptes spermatozoïdes (nombre de spermatozoïdes par millilitre de sperme) plus bas chez les hommes dont les concentrations sanguines de PFOS et d'acide perfluorooctanoïque (PFOA) sont plus élevées (Nordström Joensen et collab., 2009).

Avec le PFOS, le PFOA est un des composés perfluorés les plus fréquemment mesurés et détectés dans l'environnement. Le PFOA a la même structure chimique que le PFOS, sauf qu'il possède un groupement fonctionnel acide (COOH) plutôt que sulfonate. Le PFOA sert notamment dans la préparation du téflon. À la différence du PFOS, le PFOA est peu ou pas bioaccumulable. Son facteur de bioaccumulation est inférieur à 5000 et, de ce fait, il ne répond pas au critère de bioaccumulation du Règlement sur la persistance et la bioaccumulation de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (Environnement Canada et Santé Canada, 2010).

Environnement Canada et Santé Canada ont évalué le PFOS, ses sels et ses précurseurs et ont statué que ces substances sont toxiques, persistantes et bioaccumulables au sens de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (Environnement Canada, 2004). En conséquence, un règlement sur ces composés a été adopté en mai 2008, interdisant au Canada la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation du PFOS et des produits manufacturés qui en contiennent (Gouvernement du Canada, 2008). Des restrictions sont à venir pour le PFOA (Gouvernement du Canada, 2010). À l'échelle internationale, le PFOS a été ajouté à la liste des polluants organiques persistants de la convention de Stockholm, ce qui mènera à des restrictions dans l'utilisation de ce produit par les quelque 150 pays signataires de cette convention (Stockholm Convention, 2010).

D'avril 2007 à mars 2008, le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) a réalisé un suivi des composés perfluorés dans certains cours d'eau du Québec méridional ainsi que dans l'eau de consommation produite à des stations d'eau potable. Ces composés ont aussi été analysés lors d'un autre suivi, réalisé en 2009, qui visait la mesure de plusieurs contaminants émergents dans le fleuve Saint-Laurent. Ce rapport présente les résultats obtenus pour les composés perfluorés lors de ces deux suivis.

---

1 Temps requis pour la dégradation dans l'eau de la moitié de la quantité du produit.

## 2. MÉTHODOLOGIE

### 2.1 Échantillonnage

L'échantillonnage de 2007-2008 visait à connaître les concentrations de composés perfluorés dans les cours d'eau et dans l'eau potable à des endroits où l'on était susceptible de détecter ces substances, compte tenu de l'importance de la population humaine en amont ou de la présence d'industries de textiles dits « techniques » (Gouvernement du Québec, 2004; MDER, 2003). Seize sites d'échantillonnage ont été retenus à cette fin. Ils sont listés au tableau 1, localisés dans la figure 2, et se répartissent comme suit :

- Sept stations d'eau potable, où l'eau brute et l'eau traitée ont été échantillonnées une fois par mois durant un an, soit d'avril 2007 à mars 2008.
- Trois autres sites où l'eau de surface a été échantillonnée mensuellement durant un an, en même temps que les stations d'eau potable, d'avril 2007 à mars 2008 : la rivière Saint-François, à Bromptonville et à Pierreville, ainsi que la rivière le Renne, en aval d'Acton Vale.
- Quatre sites qui ont fait l'objet d'un suivi exploratoire, à raison de trois échantillons seulement par site, répartis d'avril 2007 à mars 2008. Ces quatre sites sont les rivières Richelieu à Chambly, Saint-Germain à Wickham, des Pins à Warwick et Bécancour à Daveluyville.
- Deux sites d'échantillonnage du réseau de suivi régulier du Saint-Laurent, soit ceux situés au centre du fleuve à Varennes et à Tracy. Les sites de ce réseau sont échantillonnés chaque année, mensuellement, de mai à octobre, pour y faire la mesure des paramètres courants de la qualité de l'eau. En 2007, l'analyse des composés perfluorés a été ajoutée aux sites de Varennes et de Tracy pour vérifier l'effet de l'agglomération de Montréal sur les concentrations dans le Saint-Laurent.

L'échantillonnage de 2007-2008 totalise 226 échantillons, soit 84 échantillons d'eau brute et 84 échantillons d'eau traitée provenant des sept stations de traitement de l'eau, auxquels s'ajoutent 58 échantillons d'eau de surface prélevés directement dans les cours d'eau. La somme des échantillons d'eau de surface et des échantillons d'eau brute des stations d'eau potable donne 142 échantillons représentatifs de la qualité de l'eau dans les cours d'eau (tableau 1).

Le suivi de 2009 visait à documenter la présence de plusieurs contaminants émergents dans le fleuve Saint-Laurent, en amont et en aval de Montréal et de Trois-Rivières. L'échantillonnage a été réalisé à cinq sites du réseau de suivi régulier du Saint-Laurent, par l'ajout de l'analyse de contaminants émergents, dont les composés perfluorés, aux substances normalement analysées dans ce réseau. Ces cinq sites d'échantillonnage sont eux aussi listés au tableau 1 et localisés dans la figure 2. Ils comprennent ceux de Varennes et de Tracy qui ont été échantillonnés en 2007-2008. De moindre envergure que celui de 2007-2008, le suivi de 2009 totalise 30 échantillons (cinq sites échantillonnés six fois) et ne comprend pas d'échantillons d'eau potable.

L'échantillonnage pour les composés perfluorés se fait en remplissant une bouteille de polyéthylène de 500 ml préalablement préparée par le laboratoire. Aux stations d'eau potable, l'eau est généralement prélevée dans le laboratoire de la station, à des robinets branchés à l'eau brute et à l'eau traitée (photo 1 de la page couverture). L'échantillonnage en rivière est réalisé à partir d'un pont ou à gué, alors que les sites du Saint-Laurent, sauf les usines d'eau potable, sont échantillonnés en bateau (photo 2). Après le prélèvement, les bouteilles d'eau sont gardées au frais, dans des glacières, pour leur transport au laboratoire, où elles sont conservées au réfrigérateur (4 °C) jusqu'à l'analyse.

**Tableau 1 Sites, périodes d'échantillonnage et nombre d'échantillons**

Année Cours d'eau	Site d'échantillonnage	No <sup>1</sup>	Période d'échantillonnage		Nombre d'échantillons	
			Début	Fin	Eau brute/ riv.	Eau potable
<b>2007-2008</b>	<b>Stations d'eau potable</b>					
St-Laurent	SEP Montréal Des Bailleurs	1	Avril 2007	Mars 2008	12	12
St-Laurent	SEP Lavaltrie	2	Avril 2007	Mars 2008	12	12
St-Laurent	SEP Lévis (Lauzon)	3	Avril 2007	Mars 2008	12	12
Yamaska	SEP Farnham	4	Avril 2007	Mars 2008	12	12
Yamaska	SEP St-Hyacinthe	5	Avril 2007	Mars 2008	12	12
St-François	SEP Drummondville	6	Avril 2007	Mars 2008	12	12
Chaudière	SEP Lévis (Charny)	7	Avril 2007	Mars 2008	12	12
<i>Sous-total</i>					84	84
<b>2007-2008</b>	<b>Autres sites</b>					
St-Laurent	Varenes, centre du fleuve	8	Mai 2007	Octobre 2007	6	
St-Laurent	Tracy, centre du fleuve	9	Mai 2007	Octobre 2007	6	
Le Renne	Acton Vale	10	Avril 2007	Mars 2008	12	
St-François	Bromptonville	11	Avril 2007	Mars 2008	12	
St-François	Pierreville <sup>2</sup>	12	Avril 2007	Janvier 2008	10	
Richelieu	Chambly	13	Avril 2007	Décembre 2007	3	
St-Germain	Wickham	14	Juin 2007	Février 2008	3	
Des Pins	Warwick	15	Juillet 2007	Mars 2008	3	
Bécancour	Daveluyville	16	Mai 2007	Janvier 2008	3	
<i>Sous-total</i>					58	
<i>Total 2007-2008</i>					142	84
<b>2009</b>	<b>Fleuve Saint-Laurent</b>					
St-Laurent	Varenes, centre du fleuve	8	Mai 2009	Octobre 2009	6	
St-Laurent	Tracy, centre du fleuve	9	Mai 2009	Octobre 2009	6	
St-Laurent	Amont rejets Montréal (centre)	17	Mai 2009	Octobre 2009	6	
St-Laurent	Pont Laviolette	18	Mai 2009	Octobre 2009	6	
St-Laurent	Aval rejets Trois-Rivières	19	Mai 2009	Octobre 2009	6	
<i>Total</i>					30	

SEP : station d'eau potable

1 Numéro du site d'échantillonnage tel qu'apparaissant dans la figure 2.

2 Ce site n'a pas été échantillonné en février et mars 2008 à cause des mauvaises conditions de la glace.

## 2.2 Analyses au laboratoire

Les composés perfluorés sont extraits de l'eau potable ou de surface en faisant passer respectivement 500 ou 250 ml d'échantillon à travers une colonne d'extraction de type C18 (500 mg). La colonne est préalablement conditionnée avec du méthanol et rincée avec de l'eau déminéralisée et purifiée. Les composés sont élués avec deux portions de 2 ml de méthanol. L'éluat est récupéré et évaporé à 200 µl sous jet d'argon, et 300 µl d'eau contenant 3,4 mM d'acétate d'ammonium sont ajoutés. Les extraits sont filtrés sur filtre de nylon de 0,45 micron et mis dans des contenants de 2 ml pour échantillonneurs automatiques (photo 3 de la page couverture).

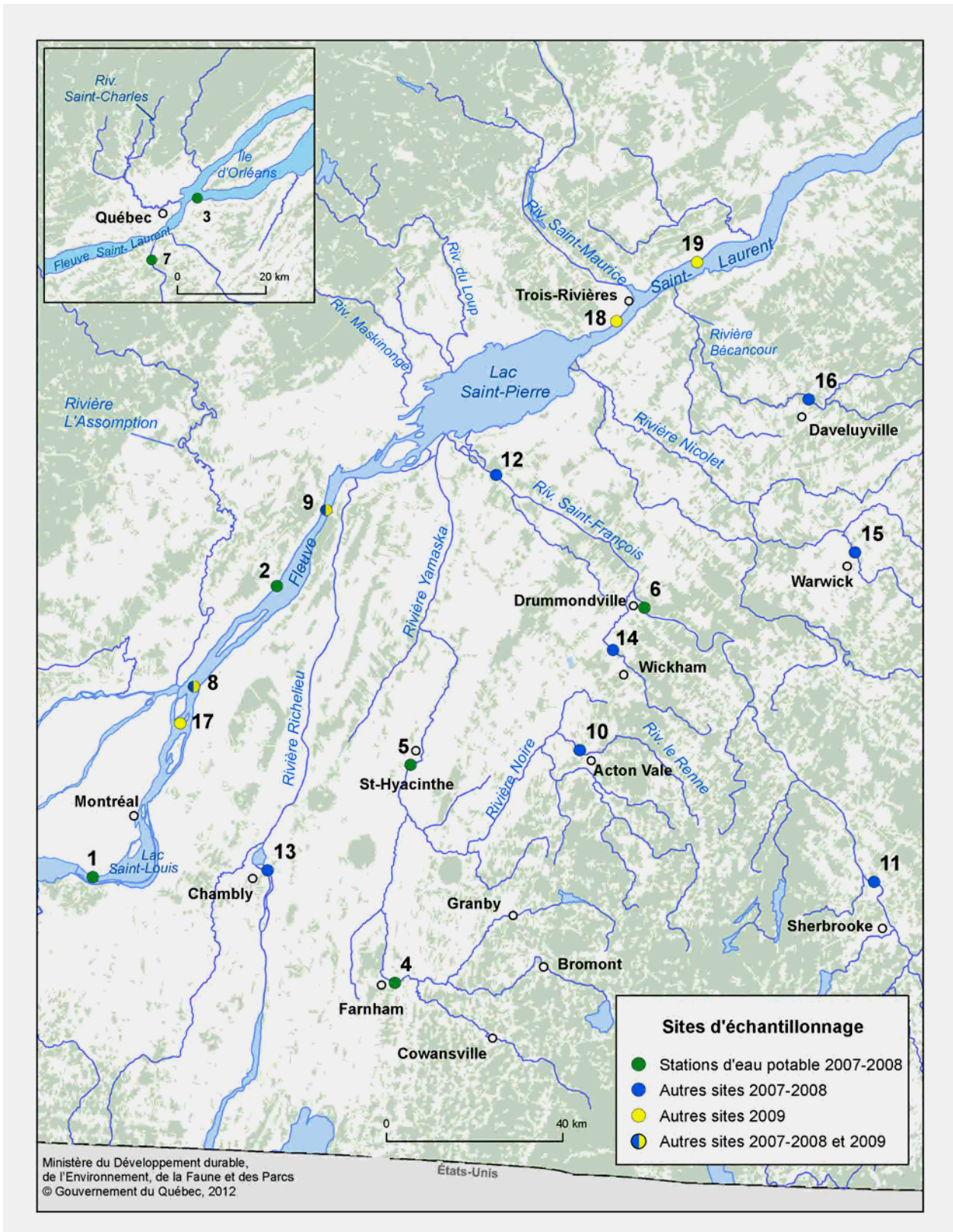


Figure 2 Emplacement des sites d'échantillonnage

Le dosage est effectué en chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem. Les composés sont séparés sur une colonne chromatographique XTerra C18 de 50 mm, d'un diamètre interne de 2,1 mm, dont les particules sont de 5 microns. Les solvants utilisés sont composés de méthanol contenant 2 mM d'acétate d'ammonium et d'eau contenant 2 mM d'acétate d'ammonium. Au début, le mélange comprend 35 % du solvant au méthanol, lequel augmente progressivement jusqu'à 65 % (5 minutes), puis à 95 % (10 minutes), reste stable pendant 3 minutes, puis revient à 35 % (10-14 minutes) et demeure stable à 35 % (14-20 minutes). Le débit est de 100 µl par minute, et 20 µl d'échantillon sont injectés.

Le détecteur est un spectromètre de masse en tandem, le Quattro Ultima Pt de Waters, utilisé en ionisation positive dans le mode d'acquisition d'ions sélectifs parents-filles. Deux transitions sont employées pour l'analyse de chacun des composés perfluorés. Les concentrations sont déterminées en comparant la surface du composé d'intérêt dans le graphique des résultats à la réponse de ce même composé obtenue à partir de la courbe de calibration. L'identification et la concentration sont déterminées à partir du temps de rétention du composé d'intérêt et des concentrations obtenues pour les deux transitions de masse sélectionnées.

L'analyse fournit des résultats pour les 13 composés perfluorés listés au tableau 2. Les limites de détection, également présentées dans le tableau 2, varient de 0,3 à 6 ng/l, selon le composé et le type d'échantillon prélevé (eau de surface, brute ou traitée). Lors de la première tournée d'échantillonnage, en avril 2007, les échantillons n'ont été analysés que pour le perfluorohexane sulfonate (PFHxS), le PFOA, le PFOS, le perfluorodécane sulfonate (PFDS), le perfluorooctane sulfonamide (PFOSA), le N-méthyle perfluorooctane sulfonamide (N-Me PFOSA) et le N-éthyle perfluorooctane sulfonamide (N-Et PFOSA), car la méthode d'analyse n'était pas encore mise au point pour les six autres produits.

### 2.3 Contrôle de qualité

Pour chacune des séries d'échantillons analysées, un échantillon témoin (blanc de laboratoire) et un échantillon de contrôle de qualité synthétique sont ajoutés. Trois composés marqués par des isotopes sont ajoutés à chacun des échantillons, avant l'extraction, afin de mesurer et de suivre la performance méthodologique et le pourcentage de récupération pour chaque échantillon. Un étalon d'injection est ajouté à chacun des extraits finaux, avant le dosage, afin de compenser et de corriger les variations instrumentales et les effets de matrice des échantillons. Les résultats ne sont pas corrigés pour les analogues marqués. Des critères d'acceptabilité pour l'échantillon témoin, les contrôles de qualité et les étalons d'extraction sont établis et appliqués conformément aux exigences du système qualité du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et en conformité avec la norme ISO 170 5. Pour des séquences d'analyse de plus de 10 échantillons, un échantillon est fortifié et un duplicata est analysé.

Un contrôle de qualité a aussi été réalisé par la préparation et l'analyse d'un blanc de terrain et d'un blanc de transport à chacune des tournées d'échantillonnage de 2007-2008. Ces blancs permettent d'évaluer dans quelle mesure les résultats d'analyse sont influencés par la contamination procédurale. Les résultats de cet exercice, présentés à l'annexe 1, démontrent que la concentration procédurale était limitée, sauf pour le PFDA et le PFDS, pour lesquels les quelques valeurs au-dessus de la limite de détection ont été rejetées. Le rapport ne présente donc pas de résultats pour ces deux produits. Pour le PFOSA, les concentrations mesurées dans les blancs de juillet ont été soustraites des résultats dans les échantillons du même mois.



**Tableau 2 Composés perfluorés analysés et limites de détection**

Composé		Limite de détection	
Nom	Abréviation	Eau brute (ng/l)	Eau traitée (ng/l)
Perfluorohexane sulfonate	PFHxS	0,5-1	0,3-0,6
Perfluorooctane sulfonate	PFOS	0,5-1	0,3-0,6
Acide perfluorooctanoïque	PFOA	0,5-1	0,3-0,6
Acide perfluorononanoïque	PFNA	0,5-1	0,3-0,6
Acide perfluorodécanoïque	PFDA	1-2	0,5-1
Acide perfluoroundécanoïque	PFUDA	1-2	0,5-1
Perfluorodécane sulfonate	PFDS	2-4	1-2
Acide 2H-perfluoro-octénoïque	FHUEA	1-2	0,5-1
Acide 2H-perfluoro-décénoïque	FOUEA	1-2	1-2
Acide 2H-perfluoro-dodécénoïque	FDUEA	1-2	0,5-1
Perfluorooctane sulfonamide	PFOSA	0,5 -1	0,3-0,6
N-Méthyle perfluorooctane sulfonamide	N-Me PFOSA	3-6	2-4
N-Éthyle perfluorooctane sulfonamide	N-Et PFOSA	3-6	2-4

## 2.4 Interprétation des données

Pour interpréter les résultats de l'analyse de contaminants dans l'eau, il est d'usage de comparer les concentrations mesurées aux critères de qualité de l'eau pour ces contaminants ainsi qu'aux concentrations mesurées ailleurs dans le monde. Or, ni le Québec ni le Canada n'ont adopté de critères de qualité de l'eau pour les composés perfluorés. Des critères adoptés par d'autres autorités ou proposés par des chercheurs sont présentés à l'annexe 2, qui comprend aussi une analyse de ces critères.

Cette annexe montre que pour l'eau potable, les critères adoptés par différentes autorités gouvernementales convergent vers la même gamme de concentrations, soit quelques centaines de ng/l. Pour la présente étude, ce sont les critères provisoires (*health advisories*) pour l'eau potable de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis qui ont été retenus. Ces critères sont de 200 ng/l pour le PFOS et de 400 ng/l pour le PFOA (EPA, 2009).

À l'inverse des critères pour l'eau potable, ceux proposés pour la protection de l'environnement montrent peu de convergence. Par exemple, pour protéger la faune terrestre piscivore, des valeurs de 2,6 ng/l et de 47 ng/l de PFOS ont été proposées en 2010 par deux équipes de chercheurs différentes (Giesy et collab. et Moermond et collab.). Or, retenir l'une ou l'autre de ces valeurs dans la présente étude mènerait à des conclusions très différentes quant à la fréquence et à l'amplitude des dépassements de critères.

Devant le petit nombre ou le peu de convergence des critères proposés pour la protection de la faune terrestre piscivore et pour l'exposition chronique de la faune aquatique, aucun critère de ces catégories n'a été retenu pour la présente étude. En ce qui a trait aux critères aigus pour la protection de la vie aquatique, les valeurs proposées sont toutes beaucoup plus élevées que les concentrations mesurées dans la présente étude. Il était donc inutile d'analyser les valeurs proposées pour chercher à en retenir une en particulier (voir l'annexe 2).

Une analyse de variance a été réalisée sur les résultats obtenus aux cinq stations d'échantillonnage du Saint-Laurent en 2009 pour vérifier si les concentrations en aval de Montréal et de Trois-Rivières sont plus élevées qu'en amont. Pour le PFOA, dont les données respectent les hypothèses de base de normalité et d'égalité des variances, le traitement réalisé est une analyse de variance paramétrique pour les données appariées sur la base du mois d'échantillonnage, suivie du test de comparaisons multiples de

Holm-Sidak. Pour le PFOS, dont les données ne respectent pas les hypothèses de base, c'est l'analyse de variance non paramétrique de Friedman pour les données appariées, appliquée sur les rangs, qui a été réalisée. Cette analyse n'a pas été suivie d'un test de comparaisons multiples, car aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre les cinq stations.

Une comparaison interannuelle des concentrations mesurées dans le Saint-Laurent a également pu être réalisée, étant donné que les stations de Varennes et de Tracy ont été échantillonnées de la même façon en 2007 et en 2009, soit mensuellement de mai à octobre. Pour augmenter la puissance statistique de cette comparaison, les données du Saint-Laurent en amont des rejets de la station de traitement des eaux usées de Montréal ont été ajoutées. Il s'agit, en 2009, des six résultats mensuels (de mai à octobre) obtenus à la station 17 et, en 2007, des résultats obtenus les mois correspondants pour l'eau brute de la station d'eau potable de Montréal Des Bailleurs (voir la figure 2). Il y a une distance de 33 km entre ces deux sites d'échantillonnage, mais ils sont situés tous deux au centre du fleuve, dans la grande masse d'eau en provenance des Grands Lacs, et présentent à peu de chose près la même qualité d'eau (MDDEP, 2012). Parce que ces données respectent l'hypothèse de normalité, c'est le test t pour les données appariées qui a été utilisé pour comparer les résultats des deux années.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SigmaStat 3.1 de Systat Software Inc., en remplaçant les valeurs sous la limite de détection par la moitié de cette valeur.

### 3. RÉSULTATS

#### 3.1 Fréquences de détection et concentrations dans les cours d'eau

En 2007-2008, parmi les 13 composés perfluorés analysés, quatre ont été détectés dans bon nombre d'échantillons prélevés dans l'eau brute des stations d'eau potable ou dans l'eau de surface prélevée directement en rivière : 85 détections sur 142 échantillons (60 %) pour le PFOA, 59 détections sur 142 échantillons (42 %) pour le PFOS, 40 détections sur 131 échantillons (31 %) pour le PFNA et 13 détections sur 131 échantillons (10 %) pour le PFUDA. Quatre autres produits, soit le PFHxS, le FHUEA, le FOUEA et le PFOSA, n'ont été détectés qu'occasionnellement, c'est-à-dire dans un à six échantillons seulement (< 5 %). Trois autres composés, soit FDUEA, le N-Me PFOSA et le N-Et PFOSA, n'ont été détectés dans aucun échantillon, avec les limites de détection de la présente étude (voir le tableau 2).

##### 3.1.1 Composés détectés fréquemment : PFOA, PFOS, PFNA et PFUDA

Les concentrations de PFOA, de PFOS, de PFNA et de PFUDA mesurées aux sites échantillonnés en 2007-2008 sont résumées dans le tableau 3 et illustrées dans les figures 3 à 6. Dans le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent, c'est-à-dire dans l'eau brute de la station d'eau potable de Montréal Des Bailleurs, à Varennes et à Tracy, les concentrations de PFOA sont pratiquement les mêmes, la médiane étant de 3,9 ng/l à Varennes et de 3,3 ng/l aux deux autres stations (voir la figure 3). Toutefois, tous les résultats d'analyse à Varennes et à Tracy sont au-dessus des limites de détection, alors qu'à la prise d'eau de Montréal, cinq échantillons sur 12 sont inférieurs à cette limite. La fréquence de détection du PFOA plus élevée à Varennes et à Tracy est peut être attribuable au fait que ces sites d'échantillonnage sont situés en aval de l'effluent de la station de traitement des eaux usées de la métropole, alors que le site d'échantillonnage de Montréal Des Bailleurs est situé en amont.

Les concentrations sont moins élevées à Lavaltrie : médiane de 0,5 ng/l et huit résultats sur 12 inférieurs aux limites de détection. Ces concentrations plus faibles, malgré le fait que Lavaltrie soit située entre Varennes et Tracy, pourraient s'expliquer par une exposition à des masses d'eau différentes. À Lavaltrie, la prise d'eau municipale, située sur la rive nord du Saint-Laurent, est en contact avec les eaux brunes du Bouclier canadien provenant de la rivière des Outaouais et d'autres tributaires de la rive nord. À la prise d'eau de Montréal, à Varennes et à Tracy, l'échantillonnage s'est fait au centre du fleuve dans les eaux vertes en provenance des Grands Lacs. Il est donc possible que les sites d'échantillonnage de Varennes



et de Tracy soient plus exposés que celui de Lavaltrie à l'effluent de la station de traitement des eaux usées de Montréal.

Les concentrations mesurées à Lévis sont intermédiaires entre celles obtenues à Tracy et à Lavaltrie : une médiane de 1,6 ng/l et cinq échantillons sur 12 présentaient des valeurs inférieures aux limites de détection. Ces résultats s'expliquent peut-être par le fait qu'au niveau de Lévis, les eaux brunes et les eaux vertes du Saint-Laurent sont mélangées sous l'effet des marées. De plus, l'ajout des eaux de plusieurs tributaires entre Tracy et Lévis contribue à une certaine dilution.

**Tableau 3 Concentrations (ng/l) médianes, maximales et minimales de PFOA, de PFOS, de PFNA et de PFUDA mesurées à chacun des sites d'échantillonnage en 2007-2008**

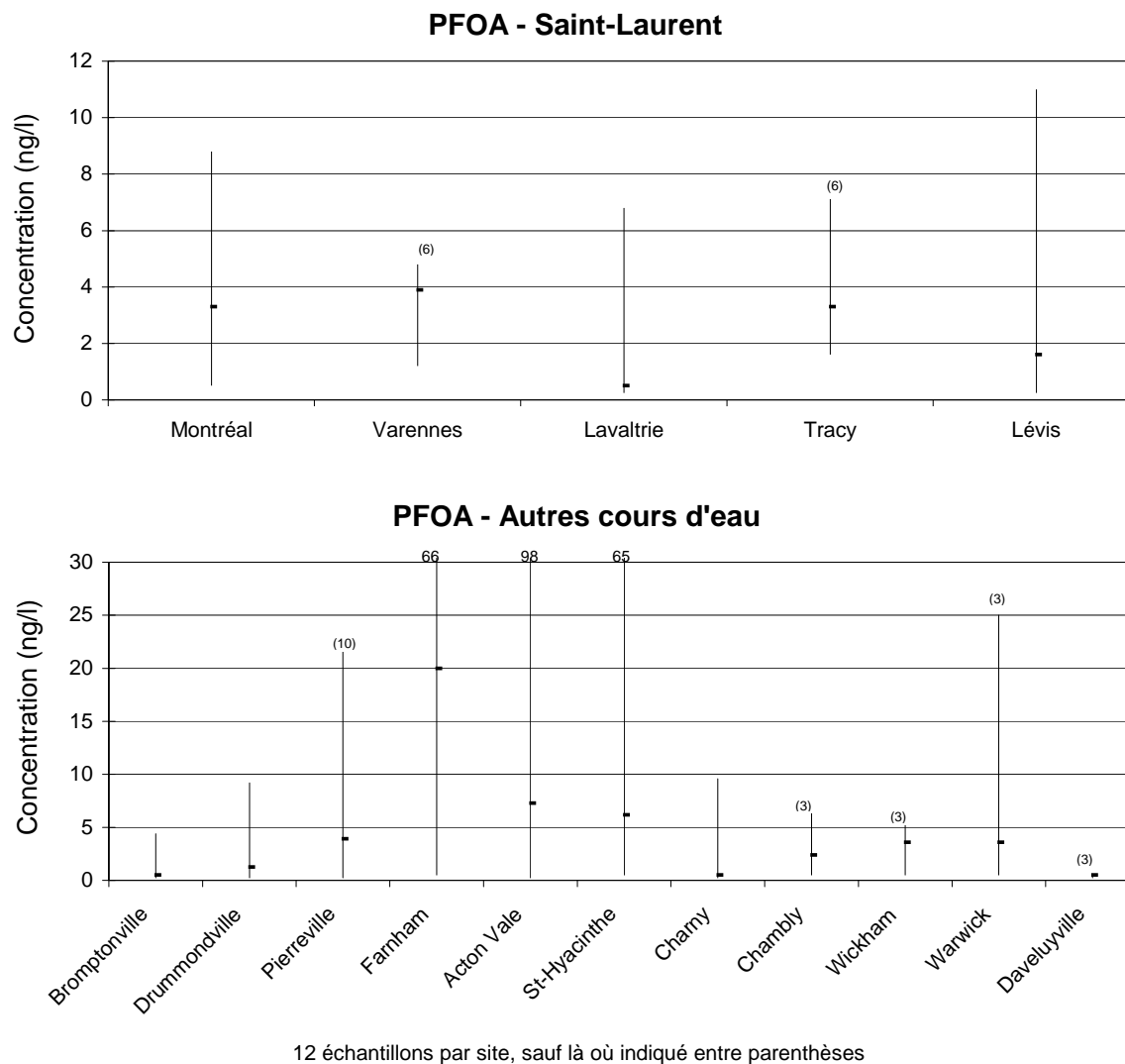
Site	N	PFOA			PFOS			PFNA			PFUDA		
		Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.
<b>Saint-Laurent</b>													
Des Bailleurs	12	3,3	8,8	< LD	2,5	8,8	< LD	< LD	1,4	< LD	< LD	< LD	< LD
Varenes	6	3,9	4,8	1,2	4,4	6,2	2	< LD	1,6	< LD	< LD	< LD	< LD
Lavaltrie	12	< LD	6,8	< LD	< LD	3,6	< LD	< LD	1,0	< LD	< LD	< LD	< LD
Tracy	6	3,3	7,2	1,6	3,3	5,6	2	< LD	1,2	< LD	< LD	< LD	< LD
Lauzon	12	1,6	11,0	< LD	1,8	5,4	< LD	< LD	3,6	< LD	< LD	3,6	< LD
<b>Autres cours d'eau</b>													
Bromptonville	12	< LD	4,4	< LD	< LD	4,8	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Drummondville	12	1,3	9,2	< LD	< LD	1,2	< LD	< LD	1,0	< LD	< LD	< LD	< LD
Pierreville	10	3,9	22,0	< LD	< LD	1,8	< LD	< LD	34,0	< LD	< LD	2,4	< LD
Farnham	12	20,0	66,0	< LD	< LD	4,8	< LD	12,0	68,0	< LD	< LD	10,0	< LD
Acton Vale	12	7,3	98,0	< LD	4,6	36,0	< LD	4,0	51,0	< LD	5,2	41,0	< LD
St-Hyacinthe	12	6,2	65,0	< LD	1,6	6,8	< LD	6,0	22,0	< LD	< LD	2,4	< LD
Charny	12	< LD	9,6	< LD	< LD	0,5	< LD	< LD	8,4	< LD	< LD	< LD	< LD
Chambly	3	2,4	6,4	< LD	< LD	2,8	< LD	1,55	2,6	< LD	< LD	< LD	< LD
Wickham	3	3,6	5,2	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	2,4	< LD	< LD	< LD	< LD
Warwick	3	3,6	25,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	1,2	< LD	< LD	< LD	< LD
Daveluyville	3	< LD	< LD	< LD	< LD	3,2	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

< LD : concentration inférieure à la limite de détection

Des concentrations plus élevées de PFOA ont été mesurées dans le bassin de la rivière Yamaska, les concentrations médianes étant de 20 ng/l dans la rivière Yamaska à Farnham, de 6,2 ng/l dans le même cours d'eau à la hauteur de Saint-Hyacinthe et de 7,3 ng/l dans la rivière le Renne à Acton Vale (voir la figure 3). Les fréquences de détection à ces endroits sont également plus élevées : neuf échantillons sur 12 à Farnham, 11 sur 12 à Saint-Hyacinthe et 10 sur 12 à Acton Vale. Il en est de même des concentrations maximales, qui se situent entre 65 et 98 ng/l à ces trois endroits, alors que la valeur maximale mesurée dans le Saint-Laurent est de 11 ng/l.

Les concentrations et les fréquences de détection du PFOA plus élevées dans le bassin de la rivière Yamaska sont sans doute indicatrices de rejets de substances perfluorées dans ce bassin. La prise d'eau de Farnham est notamment exposée aux eaux usées traitées des municipalités de Granby, de Bromont et de Cowansville. Le site d'échantillonnage d'Acton Vale est exposé aux rejets de cette municipalité. Saint-Hyacinthe est localisée en aval de toutes ces sources potentielles de composés perfluorés et reçoit en plus les eaux en provenance de Farnham.

Les concentrations de PFOA sont moins élevées à Drummondville, à Pierreville, à Chambly, à Wickham et à Warwick (voir la figure 3). Les médianes à ces endroits varient de 1,25 à 3,9 ng/l et sont analogues à celles obtenues à la plupart des sites d'échantillonnage du Saint-Laurent. Toutefois, la fréquence de détection du PFOA reste élevée à ces cinq stations : six échantillons sur 12 sont positifs à Drummondville, sept sur 10 le sont à Pierreville et deux sur trois le sont à Chambly, à Wickham et à Warwick. De plus, Pierreville et Warwick présentent chacun un échantillon au-dessus de 20 ng/l. Bromptonville, Charny et



**Figure 3 Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOA dans l'eau de surface aux 16 sites échantillonnés en 2007-2008**

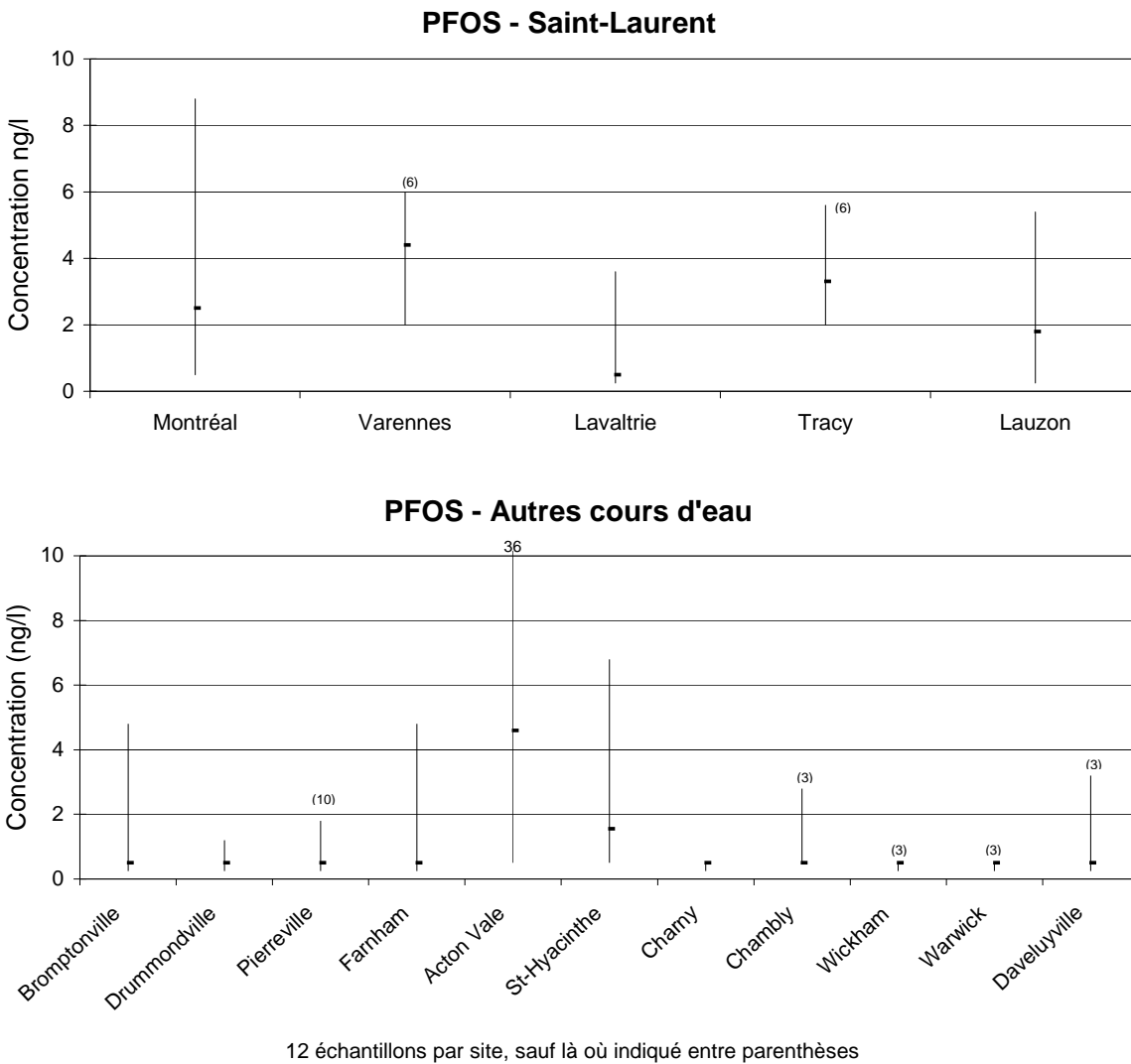
Daveluyville présentent des concentrations plus faibles, avec des médianes inférieures ou égales à la limite de détection (voir la figure 3).

Dans le Saint-Laurent, le profil des concentrations de PFOS est similaire à celui du PFOA : des teneurs qui semblent un peu plus élevées en aval qu'en amont de Montréal, des concentrations plus basses à Lavaltrie et intermédiaires à Lauzon (voir la figure 4). Les facteurs explicatifs invoqués plus haut pour le PFOA s'appliquent peut-être aussi pour le PFOS.

À l'inverse du PFOA, le PFOS présente des concentrations moins élevées dans les autres cours d'eau échantillonnés que dans le Saint-Laurent, sauf dans la rivière le Renne à Acton Vale et la rivière Yamaska à Saint-Hyacinthe, où elles sont du même ordre (voir la figure 4). Quinze des 27 détections de PFOS dans les cours d'eau autres que le Saint-Laurent se trouvent à ces deux stations d'échantillonnage, avec huit résultats positifs sur 12 échantillons à Acton Vale et sept résultats positifs sur 12 échantillons à Saint-Hyacinthe. Les résultats plus élevés à Acton Vale portent à croire qu'il y a une source de PFOS dans cette ville. Les résultats à Saint-Hyacinthe pourraient résulter de la dilution, dans les rivières Noire et

Yamaska, des teneurs trouvées dans la rivière le Renne à Acton Vale. Aux autres stations d'échantillonnage, les concentrations sont plus faibles, la plupart des résultats étant près de la limite de détection ou inférieurs à celle-ci.

Le tableau 4 présente les concentrations maximales de PFOS et de PFOA de la présente étude et celles obtenues dans d'autres études réalisées en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. Ce tableau n'est pas un inventaire exhaustif de toutes les études réalisées dans le monde. Il permet tout de même de constater que les concentrations mesurées au Québec ne sont pas particulièrement élevées, puisque des valeurs plus élevées ont été mesurées ailleurs.



**Figure 4 Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOS dans l'eau de surface aux 16 sites échantillonnés en 2007-2008**

Dans le fleuve Saint-Laurent, le PFNA et le PFUDA n'ont été détectés qu'à l'état de traces ( $\leq 3,6$  ng/l) dans quelques échantillons répartis dans les cinq sites d'échantillonnage. Ces résultats ne sont donc pas présentés dans des graphiques, alors que ceux obtenus dans les autres cours d'eau sont illustrés dans les figures 5 et 6.

**Tableau 4 Concentrations maximales de PFOS et de PFOA rapportées par différentes études sur ces produits**

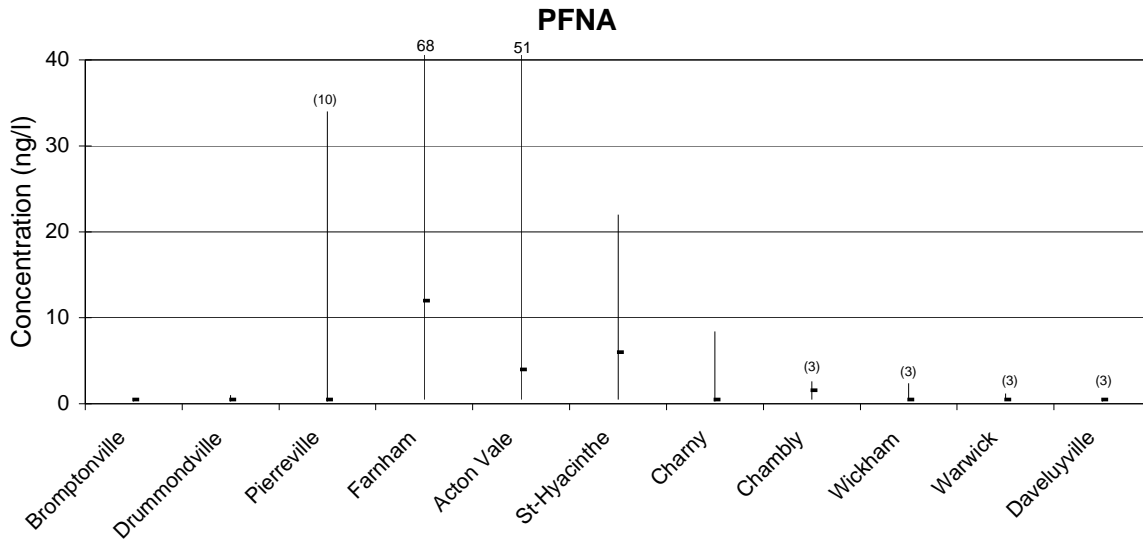
Endroit	Plan d'eau	Type	Concentration maximale		Référence
			PFOS (ng/l)	PFOA (ng/l)	
Québec	Bassin Yamaska	S	36	98	Cette étude
	Autres cours d'eau	S	8,8	25	Cette étude
Canada	38 cours d'eau	S	35	9,9	Scott et collab., 2009
	Grands Lacs	S	13		Kanaan et collab., 2005.
	Ruisseau Etobikoke après déversement	S	2,2x10 <sup>7</sup>		Environnement Canada, 2004
	Amont ruisseau Etobikoke	S	< 17		Environnement Canada, 2004
Etats-Unis	Étang	S	2 930		Environnement Canada, 2004
	Rivière aval de fabrique de SPFO	S	80		Environnement Canada, 2004
	Divers	P	62		Environnement Canada, 2004
	Riv. Tennessee, aval usine PFOS	S	1,5x10 <sup>5</sup>		Environnement Canada, 2004
	Riv. Tennessee, amont usine PFOS	S	32		Environnement Canada, 2004
	Divers plans d'eau, état de New-York	S	30	173	Sinclair et collab., 2006
	Lac Onondaga	S	1 090	64	Sinclair et collab., 2006
	Allemagne	Eau potable	P	5	519
Belgique	Rivière	S	238		Moermond et collab., 2010
	Rivière	S	154		Moermond et collab., 2010
Espagne	Rivières en Catalogne	S	5,9	25	Ericson et collab., 2008
	Rivières en Catalogne	P	0,87	6,28	Ericson et collab., 2008
	Rivières en Catalogne	P	58	57	Ericson et collab., 2008
France	Rivières en Catalogne	P	97		Moermond et al., 2010
Italie	Lac	S	9	3	Loos et collab., 2007
Pays-Bas	Eau de surface après déversement	S	3X10 <sup>6</sup>		Moermond et collab., 2010
	Canal	S	26		Moermond et collab., 2010
	Rivière	S	110		Moermond et collab., 2010
Royaume-Uni	Rivière	S	238		Moermond et collab., 2010
Slovénie	Rivière	S	1371		Moermond et collab., 2010
Japon	Eau potable	P	12		EFSA, 2008
	Eau potable Tokyo	P	51		EFSA, 2008
Asie de l'Est	Divers milieux aquatiques	S	157		EFSA, 2008
	Milieu côtier	S	12	16	So et collab., 2004
Corée du Sud	Eaux de surface et cotières	S	651	62	Rostkowski et collab., 2006
Corée du Sud	Milieu côtier	S	730	320	So et collab., 2004
Monde	Océan Atlantique	S	0,073	0,439	Yamashita et collab., 2008

\* S eau de surface

P eau potable

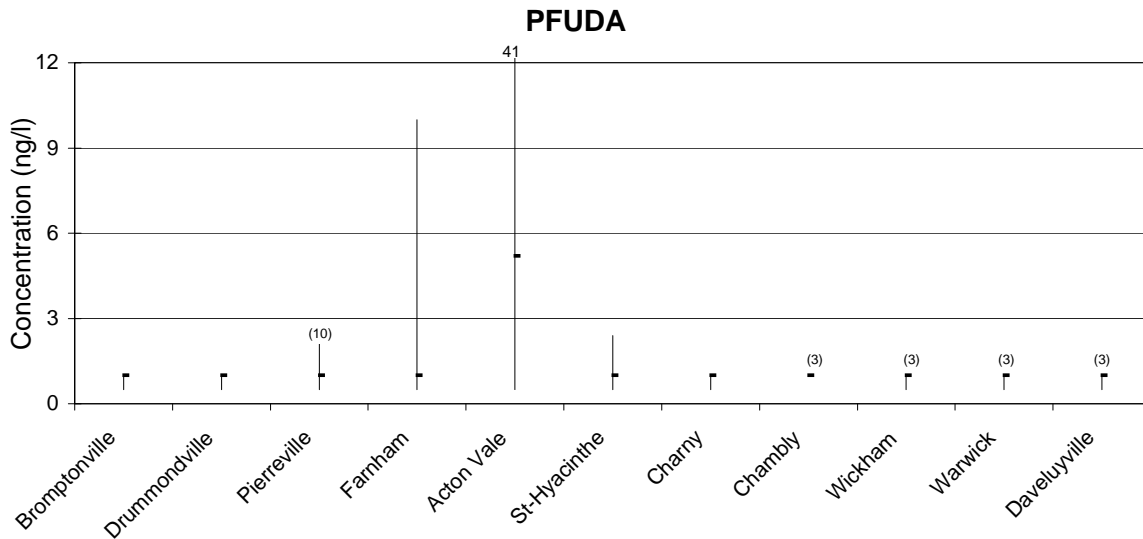
Le profil de concentrations du PFNA ressemble à celui du PFOA, avec des concentrations plus élevées aux stations d'échantillonnage de Farnham, d'Acton Vale et de Saint-Hyacinthe, où les médianes sont respectivement de 12 ng/l, de 4 ng/l et de 6 ng/l (voir la figure 5). Ces trois stations totalisent 26 des 34 échantillons dans lesquels du PFNA a été détecté et, aux trois endroits, huit ou neuf échantillons sur 11 sont au-dessus des limites de détection. Les concentrations mesurées aux autres stations d'échantillonnage sont basses, à l'exception d'un échantillon à Pierreville et d'un autre à Charny (voir la figure 5).

Sur les 131 échantillons dans lesquels il a été analysé, le PFUDA a été détecté dans un total de 13 échantillons, dont six provenant d'Acton Vale et quatre de Farnham. Acton Vale présente les concentrations les plus élevées, avec une médiane à 5,2 ng/l et un maximum atteignant 41 ng/l (voir la figure 6). Les concentrations à Farnham sont moins élevées, la médiane étant inférieure à la limite de détection, comme aux autres stations d'échantillonnage, mais quatre échantillons sur 12 y affichent tout de même des teneurs de 3,6 à 10 ng/l. Les trois autres échantillons dans lesquels du PFUDA a été détecté ne présentaient que des traces ( $\leq 3,6$  ng/l) et provenaient de trois sites différents : Pierreville, Saint-Hyacinthe et Lévis (fleuve Saint-Laurent).



12 échantillons par site, sauf là où indiqué entre parenthèses

**Figure 5** Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFNA dans l'eau de surface aux 11 sites autres que ceux du Saint-Laurent échantillonnés en 2007-2008



12 échantillons par site, sauf là où indiqué entre parenthèses

**Figure 6** Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFUDA dans l'eau de surface aux 11 sites autres que ceux du Saint-Laurent échantillonnés en 2007-2008

### 3.1.2 Composés détectés occasionnellement : PFHxS, FHUEA, FOUEA et PFOSA

Le tableau 5 présente les quelques valeurs au-dessus des limites de détection obtenues pour les quatre composés perfluorés qui n'ont été détectés qu'occasionnellement. Douze des 18 détections ont été observées dans des échantillons provenant d'Acton Vale. Ces résultats démontrent qu'aux concentrations plus élevées de PFOA, de PFOS, de PFNA et de PFUDA mesurées à cet endroit s'ajoutent, par moments, d'autres composés perfluorés. C'est le cas également, mais dans une moindre mesure, à Farnham, où on a détecté du PFHxS et du PFOSA.

Le tableau montre qu'en général, le FHUEA, le FOUEA, le PFHxS et le PFOSA, lorsqu'ils sont détectés, ne sont présents qu'à des concentrations variant entre 1 et 5 ng/l. Seul le PFOSA, à Acton Vale, a atteint des concentrations entre 10 et 15 ng/l.

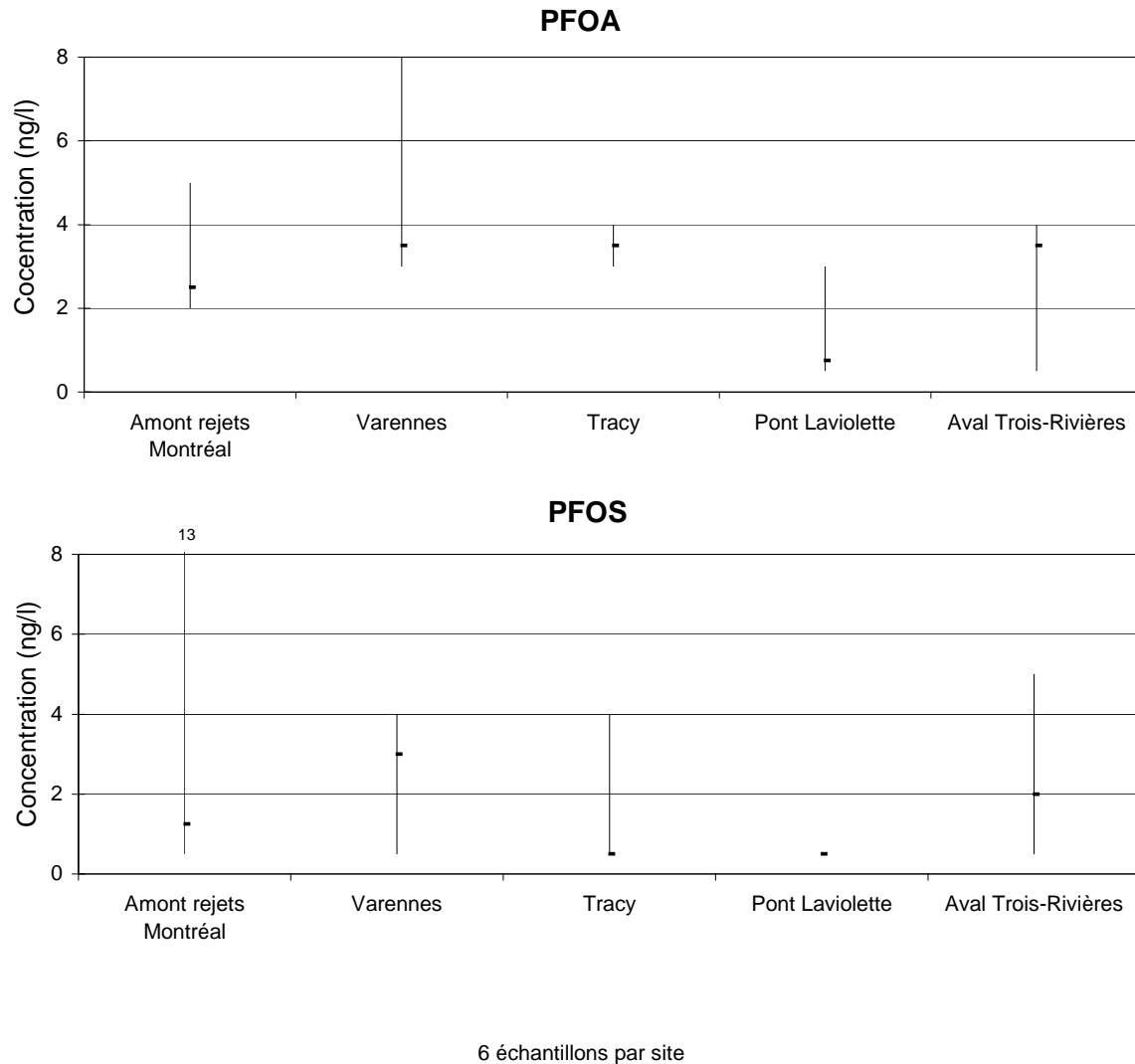
**Tableau 5 Valeurs au-dessus des limites de détection obtenues pour les composés perfluorés détectés occasionnellement en 2007-2008**

Composé	Site	Mois	Concentration (ng/l)
FHUEA	Acton Vale	Juillet	1,6
		Septembre	2,4
FOUEA	Acton Vale	Mai	3,2
		Octobre	2,8
		Novembre	2,6
		Février	3,0
PFHxS	Acton Vale	Juillet	1,2
		Août	2,0
		Octobre	3,5
	Farnham	Septembre	3,6
	Lévis	Octobre	2,2
		Décembre	1,2
PFOSA	Acton Vale	Juillet	5,6
		Septembre	14,0
		Octobre	12,0
	Farnham	Avril	1,6
	Montréal	Juin	1,2
	Lavaltrie	Juillet	1,2

### 3.1.3 Résultats de 2009 dans le fleuve Saint-Laurent

Le PFOA et le PFOS ont tous deux été détectés fréquemment lors des échantillonnages réalisés dans le fleuve Saint-Laurent de mai à octobre 2009, étant présents dans respectivement 26 et 13 échantillons sur 30. Le PFNA, le PFHxS, le PFUDA, le PFOSA et le N-Et PFOSA n'ont été détectés qu'occasionnellement, soit dans un à cinq échantillons sur 30, selon le produit. Les autres composés analysés, soit le PFDS, le PFDA, le FHUEA, le FOUEA, le FDUEA et le N-Me PFOSA, n'ont pas été détectés avec les limites de détection de la présente étude (voir le tableau 2).

La figure 7 présente les résultats obtenus pour le PFOA et le PFOS. Les concentrations pour les deux produits se situent pour l'essentiel entre la limite de détection et 10 ng/l, soit la même gamme de concentrations que celle constatée dans le Saint-Laurent en 2007-2008 (voir les figures 3 et 4). Pour les deux produits, les concentrations médianes en aval de Montréal (Varenes) apparaissent un peu plus élevées qu'en amont, comme c'était le cas en 2007-2008 (voir les figures 3 et 4). Il en est de même en aval de Trois-Rivières par rapport à la station située sous le pont Laviolette (voir la figure 7). Ces résultats suggèrent que Montréal et Trois-Rivières sont des sources de composés perfluorés pour le Saint-Laurent, mais l'analyse de variance ne trouve pas de différence statistiquement significative entre l'amont et l'aval des deux villes (voir le tableau 6).



**Figure 7 Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOA et de PFOS dans le fleuve Saint-Laurent en amont et en aval de Montréal et de Trois-Rivières en 2009**

La figure 8 présente les concentrations moyennes de PFOA et de PFOS dans le fleuve Saint-Laurent, en 2007 et en 2009, en amont de l'effluent de la station de traitement des eaux usées de Montréal ainsi qu'à Varennes et à Tracy. Dans cinq cas de figure sur six, les moyennes sont plus basses en 2009 qu'en 2007. Pour le PFOA en amont de Montréal et pour le PFOS à Varennes, la diminution de 2007 à 2009 est statistiquement significative.

Si on combine les résultats des trois sites d'échantillonnage, le nombre d'observations dans la comparaison passe de 12 à 36. Pour le PFOS, on obtient une moyenne de 4,1 ng/l en 2007 et de 2,4 ng/l en 2009, et la différence entre les deux années est statistiquement significative ( $P = 0,034$ ). Cette baisse est peut-être attribuable à la réglementation fédérale interdisant l'utilisation du PFOS, entrée en vigueur en juin 2008, soit entre les deux années comparées (2007 et 2009). Un facteur contributif pourrait être une augmentation de la capacité de dilution du Saint-Laurent, dont le débit durant la période de mai à octobre 2009 a été de 24 % plus élevé qu'au cours de la même période en 2007 (Morin, 2011). D'autres échantillonnages, sur quelques années, seraient nécessaires pour confirmer s'il y a réellement une baisse des concentrations de PFOS dans le fleuve Saint-Laurent.

**Tableau 6 Comparaison statistique des concentrations de PFOA et de PFOS aux cinq stations d'échantillonnage du Saint-Laurent en 2009**

Paramètre	Normalité	Égalité des variances	Statistique du test*	P	Sites différents
PFOA	Oui	Oui	5,04	0,006	Varenes > Pont Laviolette
PFOS	Non	Oui	6,9	0,139	Aucune

\* PFOA : analyse de variance paramétrique pour les données appariées, suivie du test de comparaisons multiples de Holm-Sidak

PFOS : analyse de variance non paramétrique de Friedman appliquée sur les rangs.

Pour le PFOA, les moyennes pour les trois sites combinés sont de 4,4 ng/l en 2007 et de 3,7 ng/l en 2009. La différence entre les deux années n'est pas statistiquement significative ( $P = 0,322$ ). Contrairement au PFOS, le PFOA n'a pas encore été l'objet de mesures visant à en restreindre l'usage au Canada, même si cette substance est à l'étude à cet effet (Environnement Canada et Santé Canada, 2010).

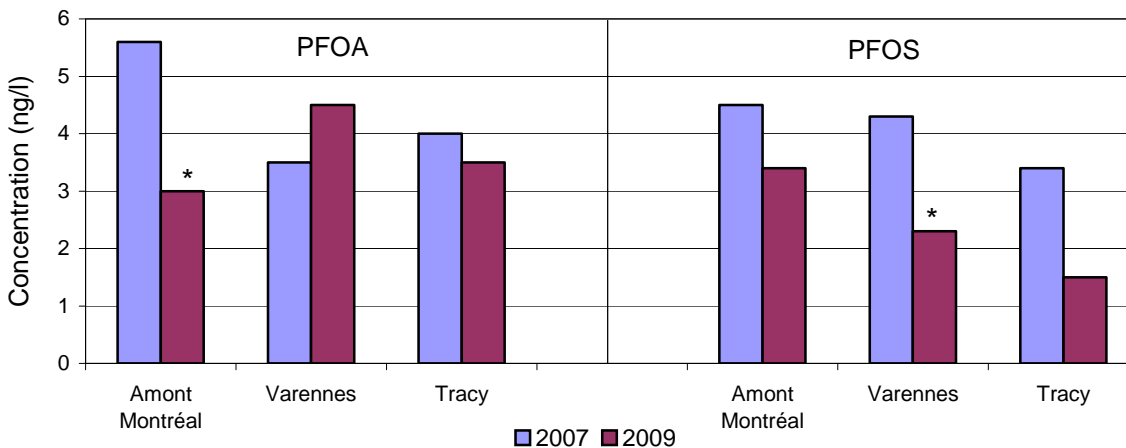
Le tableau 7 présente les résultats au-dessus des limites de détection pour les trois composés perfluorés qui n'ont été détectés qu'occasionnellement dans le fleuve Saint-Laurent en 2009. Il y a eu 10 détections, dont huit dans les 18 échantillons provenant des trois stations en aval de Montréal ou de Trois-Rivières et seulement deux dans les 12 échantillons provenant des stations en amont. Ces résultats tendent à appuyer l'hypothèse voulant que ces deux agglomérations urbaines soient des sources de composés perfluorés pour le fleuve Saint-Laurent. Ces résultats sont analogues à ceux de 2007-2008, alors que les composés détectés occasionnellement l'ont été aux mêmes endroits que les composés détectés fréquemment (voir le tableau 5).

**Tableau 7 Valeurs au-dessus des limites de détection obtenues pour les composés perfluorés détectés occasionnellement en 2009**

Composé	Site	Mois	Concentration (ng/l)
PFNA	Varenes	Juin	2
	Tracy	Juillet	3
	Aval de Trois-Rivières	Juin	3
		Juillet	3
		Octobre	1
PFHxS	Amont rejets Montréal	Octobre	2
	Tracy	Juin	2
	Aval de Trois-Rivières	Juillet	2
		Octobre	2
PFOSA	Amont rejets Montréal	Octobre	3

En plus des résultats du tableau 7, des concentrations de 49 ng/l de PFUDA et de 35 ng/l de N-Et PFOSA ont été mesurées respectivement en juillet et en septembre en aval de Trois-Rivières. Ces valeurs résultent vraisemblablement de contaminations procédurales, car ces composés n'ont été détectés dans aucun autre échantillon.





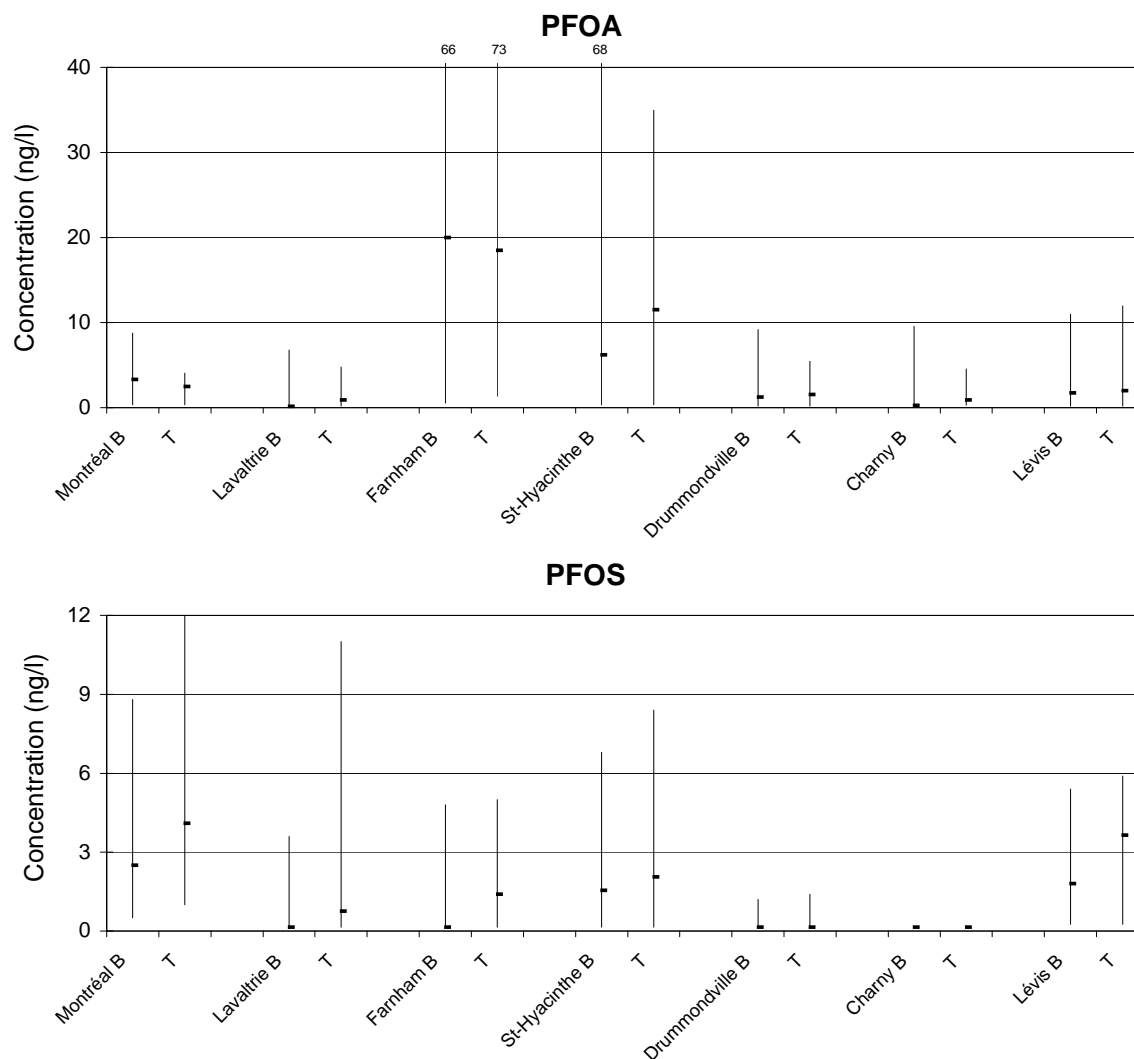
Amont Montréal : eau brute de la station d'eau potable Des Bailleurs en 2007; station d'échantillonnage 17 en 2009.  
Six échantillons par site et par année  
\* Différence 2007-2009 statistiquement significative ( $P < 0,05$ )

**Figure 8 Concentrations moyennes de PFOA et de PFOS dans le fleuve Saint-Laurent de mai à octobre en 2007 et 2009**

### 3.2 Fréquences de détection et concentrations dans l'eau potable

Les quatre composés perfluorés détectés le plus fréquemment dans les échantillons prélevés à l'eau brute des stations d'eau potable étudiées sont le PFOA (55 %), le PFOS (40 %), le PFNA (29 %) et le PFUDA (7 %). Ces mêmes composés sont détectés dans un plus grand nombre d'échantillons à l'eau traitée, avec des fréquences respectives de 75 %, de 52 %, de 38 % et de 11 %. Les autres composés perfluorés n'ont pas été détectés à l'eau brute et à l'eau traitée ou ne l'ont été que de façon occasionnelle, c'est-à-dire dans moins de 5 % des échantillons.

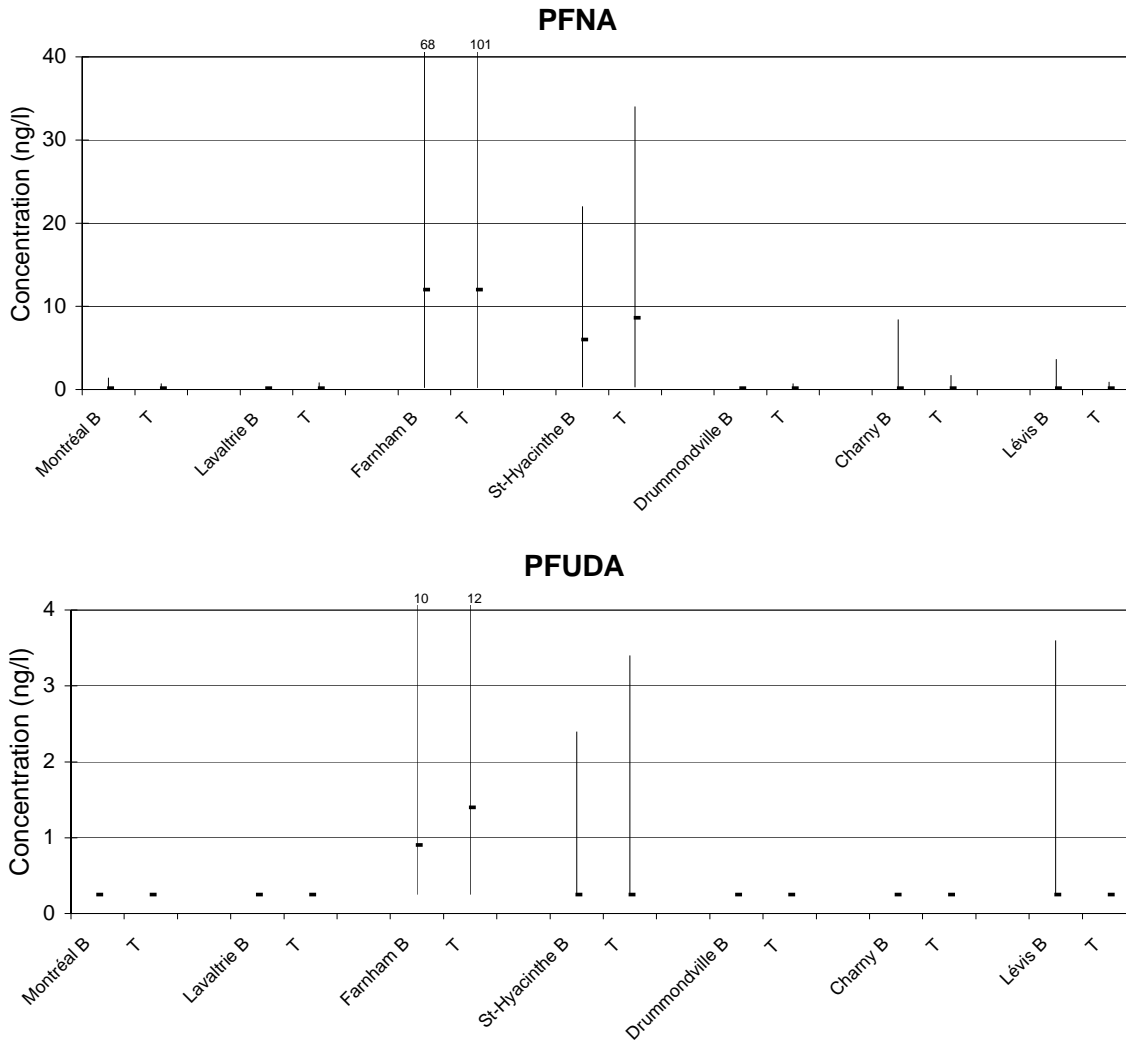
Les concentrations mesurées pour les quatre composés perfluorés les plus fréquemment détectés (le PFOA, le PFOS, le PFNA et le PFUDA) allaient de non détectées à 68 ng/l (médiane de 0,55 ng/l) à l'eau brute et de non détectées à 101 ng/l (médiane de 0,5 ng/l) à l'eau traitée. Les figures 9 et 10 présentent, pour chacun de ces quatre composés, les concentrations (minimales, maximales et médianes) mesurées à l'eau brute et à l'eau traitée des sept stations de traitement de l'eau. Le PFOA a été détecté à l'eau brute et à l'eau traitée des sept stations de traitement de l'eau, le PFOS à l'eau brute et à l'eau traitée de six stations, le PFNA à l'eau brute et à l'eau traitée de respectivement cinq et sept stations et le PFUDA à l'eau brute et à l'eau traitée de respectivement trois et deux stations. Par ailleurs, les figures 9 et 10 montrent qu'à une même station, il y a peu de différence entre les concentrations mesurées dans l'eau brute et dans l'eau traitée. Ces résultats confirment ceux d'autres études sur l'inefficacité des stations d'eau potable à retenir ou à éliminer les composés perfluorés (EFSA, 2008; Loos et collab., 2007).



12 échantillons dans l'eau brute et 12 dans l'eau traitée à chaque site

**Figure 9** Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFOA et de PFOS dans les eaux brutes (B) et traitées (T) des 7 stations d'eau potable en 2007-2008

Le tableau 8 présente les résultats du test statistique comparant les concentrations dans l'eau brute et dans l'eau traitée pour chacun des quatre composés détectés fréquemment, en regroupant les résultats des sept stations de traitement de l'eau. Pour le PFOA, le PFNA et le PFUDA, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre l'eau brute et l'eau traitée. Pour le PFOS, le tableau 8 montre que les concentrations dans l'eau traitée sont statistiquement plus élevées que dans l'eau brute. Quoique statistiquement significative, cette différence demeure faible : la concentration médiane dans l'eau brute est sous la limite de détection de 1 ng/l, alors que dans l'eau traitée elle est de 1 ng/l. La figure 9 montre que c'est surtout aux stations d'eau potable de Montréal, de Farnham, de Saint-Hyacinthe et de Lévis que les concentrations de PFOS tendent à être un peu plus élevées dans l'eau traitée que dans l'eau brute.



12 échantillons dans l'eau brute et 12 dans l'eau traitée à chaque site

**Figure 10** Minimum, maximum et médiane des concentrations de PFNA et de PFUDA dans les eaux brutes (B) et traitées (T) des 7 stations d'eau potable en 2007-2008

**Tableau 8** Comparaison statistique des concentrations de composés perfluorés dans l'eau brute et dans l'eau traitée en 2007-2008

Substance	N	Médiane		W <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
		Eau brute (ng/l)	Eau traitée (ng/l)		
PFOA	84	2,0	2,5	203	0,499
PFOS	84	< 1	1,0	583	0,0005
PFNA	77	< 1	< 1	117	0,381
PFUDA	77	< 1	< 1	12	0,762

1 : Statistique du test non paramétrique de Wilcoxon pour les données appariées

2 : Probabilité associée à la valeur de W

Les fréquences de détection et, dans le cas du PFOS, les concentrations légèrement plus élevées dans l'eau traitée que dans l'eau brute pourraient s'expliquer par la propriété physicochimique des composés perfluorés de s'adsorber et de se désorber de diverses matrices (Environnement Canada, 2004). Les composés présents dans l'eau s'adsorbent aux particules lors de certaines étapes de traitement de l'eau (filtration, coagulation, floculation) pour ensuite être désorbés, ce qui expliquerait les légères variations dans les résultats obtenus dans l'eau brute et dans l'eau traitée.

Malgré ces légères hausses de l'eau brute à l'eau traitée, les concentrations de PFOS demeurent bien inférieures au critère provisoire basé sur la santé de l'EPA. En effet, ce critère est de 200 ng/l (EPA, 2009), alors que la concentration maximale mesurée à l'eau traitée, dans la présente étude, est de 12 ng/l (voir la figure 9). Le constat est le même pour le PFOA, pour lequel le critère de l'EPA est de 400 ng/l, alors que le maximum obtenu est de 73 ng/l (voir la figure 9). De plus, les concentrations maximales de PFOS et de PFOA mesurées dans l'eau traitée, lors de la présente étude, sont généralement inférieures ou comparables à celles mesurées dans l'eau potable aux États-Unis, en Europe et au Japon (voir le tableau 4). Les résultats obtenus à l'eau traitée des stations d'eau potable échantillonnées dans cette étude mènent à conclure qu'aux concentrations où ils ont été mesurés, les composés perfluorés ne présentent pas de risques pour la santé humaine.

#### 4. CONCLUSION

Les composés perfluorés sont présents en quantités mesurables dans les cours d'eau du Québec méridional. Le PFOA, le PFOS, le PFNA et le PFUDA ont été détectés dans respectivement 68, 46, 33 et 10 % des échantillons prélevés. Le PFHxS, le FHUEA, le FOUEA, le PFOSA et le N-Et PFOSA ont été détectés à l'occasion. En général, les concentrations mesurées pour les substances détectées varient d'inférieures aux limites de détection à 10 ng/l, sauf dans la rivière Yamaska, en aval de Farnham et en aval de Saint-Hyacinthe, ainsi que dans la rivière le Renne, en aval d'Acton Vale, où des concentrations entre 30 et 100 ng/l ont été mesurées.

Pour savoir si les composés perfluorés peuvent être dommageables pour l'environnement, aux concentrations où ils ont été mesurés dans la présente étude, il faudrait comparer les résultats obtenus à des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique et de la faune terrestre piscivore. Cependant, le Québec, le Canada et les États-Unis n'ont pas encore adopté de tels critères. Chose certaine, les concentrations mesurées dans les cours d'eau du Québec ne sont pas particulièrement élevées comparativement à ce qui a été observé ailleurs dans le monde.

Au Québec comme ailleurs, les stations d'eau potable ne sont pas efficaces pour traiter les composés perfluorés. Aux sept stations de traitement échantillonnées dans la présente étude, les concentrations de composés perfluorés dans l'eau traitée sont essentiellement les mêmes que dans l'eau brute. Cependant, tant pour le PFOA que pour le PFOS, les concentrations mesurées demeurent largement inférieures aux critères provisoires pour l'eau potable établis par l'EPA des États-Unis. Ces résultats démontrent que les composés perfluorés ne présentent pas de risques pour la santé humaine aux concentrations où ils ont été mesurés dans l'eau potable.

Les agglomérations urbaines de Montréal et de Trois-Rivières sont peut-être des sources de composés perfluorés pour le fleuve Saint-Laurent, car les concentrations mesurées à leur aval semblent légèrement plus élevées qu'en amont, quoique la différence ne soit pas statistiquement significative. Pour le PFOS, les concentrations mesurées en 2009 dans la région de Montréal et à son aval sont légèrement plus faibles qu'en 2007, mais il faudrait d'autres échantillonnages pour confirmer s'il y a véritablement tendance à la baisse des concentrations. Une telle tendance est possible, car le gouvernement fédéral a adopté, en 2008, un règlement interdisant au Canada la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation du PFOS et des produits manufacturés qui en contiennent. Des restrictions sont à venir concernant le PFOA.

Les diminutions de concentration des composés perfluorés dans les cours d'eau, si elles se confirment, pourraient toutefois être lentes et graduelles, car ces composés sont persistants dans l'environnement. Des échantillonnages supplémentaires, dans quelques années et aux mêmes endroits que ceux de ce premier suivi, permettraient de vérifier s'il y a véritablement diminution des concentrations de ces substances dans les cours d'eau et dans l'eau potable qui en est produite.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

Beach, S. A., J. L. Newsted, K. Coady et J. P. Giesy, 2006. « Ecotoxicological Evaluation of Perfluorooctanesulfonate (PFOS) », *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 186, p. 133-174. Springer Science + Business, éd.

DWI (Drinking Water Inspectorate), 2009. *Guidance on the Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 Specific to PFOS (Perfluorooctane Sulphonate) and PFOA (Perfluorooctanoic Acid) Concentrations in Drinking Water*, Government of United Kingdom, Drinking Water Inspectorate, 14 p.

EFSA (European Food Safety Authority), 2008. « Perfluorooctane Sulfonate (PFOS), Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Their Salts: Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain », *The European Food Safety Authority Journal*, n° 653, p. 1-131.

Environnement Canada, 2004. *Rapport d'évaluation préalable des effets sur l'environnement du sulfonate de perfluorooctane, de ses sels et de ses précurseurs contenant les groupes fonctionnels C<sub>8</sub>F<sub>17</sub>SO<sub>2</sub> ou C<sub>8</sub>F<sub>17</sub>SO<sub>3</sub>*. [En ligne], [[http://www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/documents/subs\\_list/PFOS/PFOS\\_TOC.cfm](http://www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/documents/subs_list/PFOS/PFOS_TOC.cfm)] (Consulté le 4 février 2009).

Environnement Canada et Santé Canada, 2010. *Cadre de gestion des risques pour l'acide perfluorooctanoïque (APFO), ses sels et ses précurseurs et les acides perfluorocarboxyliques (APFC) à longue chaîne (C9-C20), leurs sels et leurs précurseurs*, 30 octobre 2010, 9 p.

EPA (Environmental Protection Agency), 2009. *Provisional Health Advisories for Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS)*, États-Unis, Environmental Protection Agency, 5 p. [En ligne], [[http://www.epa.gov/waterscience/criteria/drinking/pha-PFOA\\_PFOS.pdf](http://www.epa.gov/waterscience/criteria/drinking/pha-PFOA_PFOS.pdf)] (Consulté le 5 mars 2009).

Ericson, I., M. Nadal, B. van Bavel, G. Lindström et J. L. Domingo, 2008. « Levels of Perfluorochemicals in Water Samples from Catalonia, Spain: Is Drinking Water a Significant Contribution to Human Exposure? », *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 15, n° 7, p. 614-619.

Ericson, I., J. L. Domingo, M. Nadal, E. Bigas, X. Lleberia, B. van Bavel et G. Lindström, 2009. « Levels of Perfluorochemicals in Water Samples from Catalonia, Spain: Public Health Implications », *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 57, n° 4, p. 631-638.

GDWC, (German Drinking Water Commission) 2006. *Provisional Evaluation of PFT in Drinking Water with the Guide Substances Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) as Examples*, Assessment of PFOA in the Drinking Water of the German Hochsauerlandkreis: Statement by the Drinking Water Commission (Trinkwasserkommission) of the German Ministry of Health at the Federal Environment Agency: June 21, 2006 / Revised July 13, 2006. [En ligne], [<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse-e/hintergrund/pft-in-drinking-water.pdf>].

Giesy, J. P., J. E. Naile, J. S. Khim, P. D. Jones et J. L. Newsted, 2010. « Aquatic Toxicology of Perfluorinated Chemicals ». Dans Whitacre, D. M., éd., *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 202, p. 1-52. Springer Science + Business, éd.

Gouvernement du Canada, 2008. « Règlement sur le sulfonate de perfluorooctane et ses sels et certains autres composés », *Gazette du Canada*, partie II, vol. 142, n° 12, mercredi 11 juin 2008, p. 1306-1387.

Gouvernement du Québec, 2004. *Fabricants québécois de textiles techniques*. 12 p.

Holzer, J., O. Midasch, K. Rauchfuss, M. Kraft, R. Reupert, J. Angerer, P. Kleeschulte, N. Marschall et M. Wilhelm, 2008. « Biomonitoring of Perfluorinated Compounds in Children and Adults Exposed to Perfluorooctanoate-Contaminated Drinking Water », *Environmental Health Perspectives*, vol. 116, n° 5, p. 651-657.

K. Kannan, L. Tao, E. Sinclair, S. D. Pastva, D. J. Jude et J. P. Giesy, 2005. « Perfluorinated Compounds in Aquatic Organisms at Various Trophic Levels in a Great Lakes Food Chain », *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 48, n° 4, p. 559-566.

Loos, R., J. Wollgast, T. Huber et G. Hanke, 2007. « Polar Herbicides, Pharmaceutical Products, Perfluorooctanesulfonate (PFOS), Perfluorooctanoate (PFOA), and Nonylphenol and its Carboxylates and Ethoxylates in Surface and Tap Water around Lake Maggiore in Northern Italy », *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 387, n° 4, p. 1469-1478.

MCPA (Minnesota Pollution Control Agency), 2007. Water-Quality Criteria for PFOA and PFOS. [En ligne], [<http://www.pca.state.mn.us/index.php/waste/waste-and-cleanup/cleanup-programs-and-topics/topics/perfluorochemicals-pfc/perfluorochemicals-pfcs.html?menuid=&redirect=1>] (Consulté le 29 mars 2011).

MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs), 2012. *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 97 p.

MDER (Ministère du Développement économique et régional), 2003. *La filière industrielle des textiles au Québec : enjeux, tendances et perspectives : portrait industriel*, Ministère du Développement économique et régional, Direction générale des communications et des services à la clientèle, 188 p.

Moermond, C. T. A., E. M. J. Verbruggen et C. E. Smit, 2010. *Environmental Risk Limits for PFOS: A Proposal for Water Quality Standards in Accordance with the Water Framework Directive*, Rapport n° 601714013/2010, Pays-Bas, National Institute for Public Health and the Environment, 68 p.

Morin, J., 2011. Communication personnelle de données sur les débits du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Québec et de La Salle, Environnement Canada, Service météorologique du Canada, région du Québec.

Newsted, J. L., P. D. Jones, K. Coady et J. P. Giesy, 2005a. « Avian Toxicity Reference Values for Perfluorooctane Sulfonate », *Environmental Science and Technology*, vol. 39, n° 23, p. 9357-9362.

Newsted, J. L., J. P. Giesy et K. Coady, 2005b. *Avian Toxicity Reference (TRVs), Predicted No Effect Concentrations (PNECs) and Water Quality Criteria for Perfluorooctane Sulfonate (PFOS)*, Projet n° 178401, Saint-Paul, Minnesota, Compagnie 3M.

Nordström Joensen, U., R. Bossi, H. Leffers, A. Astrup Jensen, N. E. Skakkebæk et N. Jørgensen, 2009. « Do Perfluoroalkyl Compounds Impair Human Semen Quality? », *Environmental Health Perspectives*, vol. 117, n° 6, p. 923-927.

PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement), 2006. Projet de descriptif des risques : sulfonate de perfluorooctane (SPFO). [En ligne], [[http://www.pops.int/documents/meetings/poprc/POPRC2/POPRC2\\_doc\\_f/POPRC2\\_doc\\_11\\_f.doc](http://www.pops.int/documents/meetings/poprc/POPRC2/POPRC2_doc_f/POPRC2_doc_11_f.doc)] (Consulté le 28 janvier 2009).

Rostkowski, P., N. Yamashita, I. M. K. So, S. Taniyasu, P. K. S. Lam, J. Falandysz, K. T. Lee, S. K. Kim, J. S. Khim, S. H. Im, J. L. Newsted, P. D. Jones, K. Kannan et J. P. Giesy, 2006. « Perfluorinated

Compounds in Streams of the Shihwa Industrial Zone and Lake Shihwa, South Korea », *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 25, n° 9, p. 2374-2380.

Schriks M., M. B. Heringa, M. M. E. Van Der Kooi, P. De Voogt et A. P. Van Wezel, 2010. « Toxicological Relevance of Emerging Contaminants for Drinking Water Quality », *Water Research*, vol. 44, n° 2, p. 461-476.

Scott, B. F., C. Spencer, E. Lopez et D. C. G. Muir, 2009. « Perfluoroalkyl Acid Concentrations in Canadian Rivers and Creeks », *Water Quality Research Journal of Canada*, vol. 44, n° 3, p. 263-277.

Sinclair, E., D. T. Mayack, K. Roblee, N. Yamashita et K. Kannan, 2006. « Occurrence of Pefluoroalkyl Surfactants in Water, Fish, and Birds from New York State », *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 50, n° 3, p. 398-410.

So, M. K., S. Taniyasu, N. Yamashita, J. P. Giesy, J. Zheng, Z. Fang, S. H. Im et P. K. S. Lam, 2004. « Perfluorinated Compounds in Coastal Waters of Hong Kong, South China and Korea », *Environmental Science and Technology*, vol. 38, n° 15, p. 4056-4063.

Stockholm Convention, 2010. « The Entry into Force of the Amendments Adding Nine Chemicals to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants Took Place on 26 August 2010 ». [En ligne], [<http://212.203.125.111/>] (Consulté le 3 février 2011).

Völkel, W., O. Genzel-Boroviczény, H. Demmelmair, C. Gebauer, B. Koletzko, D. Twardella, U. Raab et H. Fromme, 2008. « Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Human Breast Milk: Results of a Pilot Study », *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 211, n° 3-4, p. 440-446.

Yamashita N., S. Taniyasu, G. Petrick, S. Wei, T. Gamo, P. K. S. Lam et K. Kannan, 2008. « Perfluorinated Acids as Novel Chemical Tracers of Global Circulation of Ocean Waters », *Chemosphere*, vol. 70, n° 7, p. 1247-1255.

## Annexe 1 Contrôle de la qualité

En plus des procédures suivies au laboratoire pour assurer la qualité des analyses, un contrôle de la qualité de l'échantillonnage a été réalisé par l'analyse de blancs. Ceux-ci sont des bouteilles identiques à celles utilisées pour l'échantillonnage et préparées de la même façon, mais au lieu d'être remplies d'eau de rivière ou d'eau potable, elles le sont d'eau NANOpure<sup>MD</sup> au laboratoire, avant le départ sur le terrain.

Il y a deux types de blancs : les blancs de transport et les blancs de terrain. Les blancs de transport suivent les échantillons durant toute la procédure d'échantillonnage, mais ne sont pas décapsulés sur le terrain. Ils intègrent la contamination attribuable à la verrerie, au transport du matériel en camion, aux manipulations en laboratoire et à l'exposition à l'air du laboratoire. Les blancs de terrain aussi suivent les échantillons durant toute la tournée d'échantillonnage, mais à la différence des blancs de transport, ils sont décapsulés sur le terrain durant le temps normalement requis pour la prise d'un échantillon. Ils intègrent donc les mêmes sources de contamination que les blancs de transport, en plus des manipulations et de l'exposition à l'air sur le terrain.

Un blanc de transport et un blanc de terrain ont été réalisés lors de chacune des 12 tournées d'échantillonnage mensuelles de 2007-2008. On constate à l'examen du tableau A1.1 que sur les 287 résultats d'analyse des blancs, seulement 10 sont au-dessus des limites de détection. Ceci démontre qu'en général, la contamination procédurale était limitée. Il n'y a aucune contamination des blancs pour huit produits, soit le PFHxS, le PFOS, le PFUDA, le FHUEA, le FOUEA, le FDUEA, le N-Me PFOSA et le N-Et PFOSA.

Le blanc de transport du PFOA du 5 septembre 2007 est à 1,6 ng/l, ce qui dépasse la limite de détection de 1 ng/l. Cependant, parmi les 12 sites qui ont été échantillonnés pendant la tournée de septembre 2007, ceux de Charny et de Daveluyville ont enregistré des valeurs inférieures à la limite de détection. Ces résultats prouvent que la contamination détectée dans le blanc n'était pas généralisée à toutes les bouteilles. Pour cette raison, la valeur de 1,6 ng/l détectée dans le blanc de septembre n'a pas été soustraite aux valeurs mesurées dans les échantillons d'eau de ce mois. Il en est de même pour les échantillons de la tournée d'octobre 2007 : le blanc de terrain affiche une concentration de 3,1 ng/l, mais le blanc de transport ne présente aucune contamination, et six des 16 sites présentent une concentration inférieure à 3,1 ng/l.

Le même raisonnement s'applique pour le blanc de terrain du PFNA du 13 février 2008. Ce blanc présente une concentration de 2 ng/l, qui est supérieure à la limite de détection de 1 ng/l. Cependant, huit des 11 sites échantillonnés en février ont enregistré des valeurs inférieures à la limite de détection, ce qui démontre que la contamination détectée dans le blanc n'était pas généralisée à toutes les bouteilles de cette tournée d'échantillonnage.

Pour ce qui est du PFDA, le tableau indique une contamination forte pour les blancs de transport et les blancs de terrain de deux mois consécutifs, soit décembre 2007 et janvier 2008. L'examen des résultats démontre que 20 des 33 résultats positifs obtenus pour ce composé ont été enregistrés durant ces deux mois. De plus, le seul mois de mai a enregistré cinq des 13 autres valeurs au-dessus des limites de détection. Ces résultats jettent un doute sur la validité de l'ensemble des résultats obtenus pour le PFDA, qui ont donc été rejetés.

En ce qui concerne le PFDS, le blanc de transport du 11 avril 2007 indique une valeur de 16 ng/l, largement supérieure à la limite de détection de 3 ng/l. Pour ce produit, aucun échantillon n'a présenté de valeurs au-dessus de la limite de détection, sauf celui prélevé à Lavaltrie, lors de la même tournée d'avril, qui affiche une concentration de 220 ng/l. La détection de 16 ng/l dans le blanc de transport de cette tournée mensuelle jette un doute sur la validité de ce résultat, qui a donc été rejeté.



Quant au PFOSA, le blanc de transport et le blanc de terrain de la tournée de juillet ont des valeurs de 1,2 ng/l. Cette valeur est supérieure à la limite de détection de 0,5 ng/l. Pour ce composé, il y a seulement six résultats présentant des valeurs au-dessus des limites de détection, dont trois lors de la tournée de juillet. Il a donc été décidé de soustraire 1,2 ng/l aux trois résultats positifs obtenus en juillet.

**Tableau A1.1 Résultats de l'analyse des blancs de transport et des blancs de terrain**

Substance	Type de blanc	Nombre	Nombre de détections	Concentrations	Limite de	Date
				détections	détection	
				(ng/l)	(ng/l)	
PFHxS	Transport	12	0	-	-	-
	Terrain	11	0	-	-	-
PFOS	Transport	12	0	-	-	-
	Terrain	11	0	-	-	-
PFUDA	Transport	11	0	-	-	-
	Terrain	10	0	-	-	-
FHUEA	Transport	11	0	-	-	-
	Terrain	10	0	-	-	-
FOUEA	Transport	11	0	-	-	-
	Terrain	10	0	-	-	-
FDUEA	Transport	11	0	-	-	-
	Terrain	10	0	-	-	-
N-Me PFOSA	Transport	12	0	-	-	-
	Terrain	11	0	-	-	-
N-Et PFOSA	Transport	12	0	-	-	-
	Terrain	11	0	-	-	-
PFOA	Transport	12	2	1,6 3,1	1 1	2007-09-05 2007-10-03
	Terrain	11	0	-	-	-
PFNA	Transport	11	0	-	-	-
	Terrain	10	1	2	1	2008-02-13
PFDA	Transport	11	2	8,4 9,6	2 2	2007-12-12 2008-01-09
		10	2	11 5,6	2 2	2007-12-12 2008-01-09
	Terrain	11	1	16	3	2007-04-11
		11	0	-	-	-
PFOSA	Transport	12	1	1,2	0,5	2007-07-05
	Terrain	11	1	1,2	0,5	2007-07-04
Total		287	10			

## Annexe 2 Critères de qualité de l'eau pour les composés perfluorés

Pour interpréter les résultats de l'analyse d'un contaminant dans l'eau, il est d'usage de comparer les concentrations mesurées aux critères de qualité de l'eau pour ce contaminant. Cependant, ni le Québec ni le Canada n'ont encore adopté de critères de qualité de l'eau pour les composés perfluorés. Le tableau A2.1 présente des critères adoptés par d'autres autorités ou proposés par des chercheurs pour le PFOS et le PFOA. Aucun critère n'a été trouvé pour les autres composés perfluorés mesurés lors de cette étude.

La deuxième colonne du tableau montre la convergence des critères proposés ou adoptés pour l'eau potable. Pour le PFOS, l'EPA a un critère provisoire de 200 ng/l, l'Angleterre et le pays de Galles ainsi que l'Allemagne ont fixé leur critère à 300 ng/l, alors que deux équipes de chercheurs des Pays-Bas proposent 500 et 530 ng/l. Pour le PFOA, les valeurs recensées sont de 400 ng/l aux États-Unis et de 300 ng/l en Angleterre et au pays de Galles.

Pour l'eau potable, le nombre et la convergence des critères proposés sont satisfaisants. Les critères provisoires de l'EPA des États-Unis, soit 200 ng/l pour le PFOS et 400 ng/l pour le PFOA, ont été retenus pour la présente étude.

Les critères recensés pour la protection de la vie aquatique et de la faune terrestre piscivore, listés dans les troisième, quatrième et cinquième colonnes du tableau A2.1, sont moins convergents que ceux proposés pour l'eau potable. Pour la protection de la vie aquatique, les critères aigus sont de l'ordre des µg/l pour le PFOS et des mg/l pour le PFOA. Aucun échantillon de la présente étude n'atteint de telles concentrations. Il en va de même des critères chroniques pour le PFOA.

Pour le PFOS, les critères chroniques pour la protection de la vie aquatique varient de 7 à 5100 ng/l (voir le tableau A2.1). Un tel écart est déroutant, car l'adoption d'un critère à 7 ng/l mènerait à un certain nombre de dépassements de critères dans la présente étude, alors qu'avec un critère à 5100 ng/l, il n'y aurait aucun dépassement, aucun échantillon n'approchant cette valeur.

La situation est la même avec les critères pour le PFOS visant la protection de la faune terrestre piscivore. Si le critère de 2,6 ng/l proposé par Moermond et collab. (2010) était retenu, 69 % des résultats d'analyse du PFOS de la présente étude qui sont au-dessus de la limite de détection seraient en dépassement de critère. À l'inverse, avec le critère proposé la même année par Giesy et ses collaborateurs (47 ng/l), il n'y aurait aucun dépassement de critère.

Devant le petit nombre ou le peu de convergence des critères pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques (CPCO), des critères pour la protection de la faune terrestre piscivore (CFTP) et des critères chroniques pour la protection de la vie aquatique (CVAC) proposés, il a été jugé préférable de ne pas retenir de critères de ces catégories pour la présente étude. Le fait qu'aucun critère de ces catégories n'a encore été adopté par des autorités gouvernementales milite en ce sens. Dans le cas des critères aigus de protection de la vie aquatique (CVAA), il était inutile de chercher à retenir une des valeurs proposées, puisqu'elles sont toutes beaucoup plus élevées que les concentrations mesurées dans la présente étude.

**Tableau A2.1 Critères de qualité de l'eau adoptés ou proposés pour le PFOS et le PFOA**

Substance	CEP <sup>1</sup> (ng/l)	CVAA <sup>2</sup> (ng/l)	CVAC <sup>3</sup> (ng/l)	CFTP <sup>4</sup> (ng/l)	CPCO <sup>5</sup> (ng/l)	Référence
PFOS	200					EPA, 2009
	300					DWI, 2009
	300					GDWC, 2006, cit. Moermond et collab., 2010
	530					Moermond et collab., 2010
	500					Shricks et collab., 2010, cit. Moermond et collab., 2010
		8500	1200			Beach et collab., 2005
			2400 <sup>6</sup>			Beach et collab., 2005
		460 000				So et collab., 2004.
		2100	5100	47		Giesy et collab., 2010
		85 000	7-12			MPCA, 2007
		36 000	23	2,6	0,65	Moermond et collab., 2010
		7200 <sup>6</sup>	4,6 <sup>6</sup>	0,53 <sup>6</sup>	0,65 <sup>6</sup>	Moermond et collab., 2010
				50		Newsted et collab., 2005a
				43		Newsted et collab., 2005b, cit. So et collab., 2004.
			2 300 000 <sup>7</sup>			Beach et collab., 2005
		8 200 000 <sup>7</sup>			So et collab., 2004.	
PFOA	400					EPA, 2009
	300					DWI, 2009
		15 346 000	610-2700			MPCA, 2007
		25 000 000	2 900 000			Giesy et collab., 2010

<sup>1</sup> Critère pour l'eau potable

<sup>2</sup> Critère pour la protection de la vie aquatique - aigu

<sup>3</sup> Critère pour la protection de la vie aquatique - chronique

<sup>4</sup> Critère pour la protection de la faune terrestre piscivore

<sup>5</sup> Critère pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques

<sup>6</sup> Critère applicable au milieu marin

<sup>7</sup> Critère pour la protection des plantes aquatiques