

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DE LA LUTTE CONTRE  
LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

# CONTAMINANTS D'INTÉRÊT ÉMERGENT, SUBSTANCES TOXIQUES ET ÉTAT DES COMMUNAUTÉS DE POISSONS DANS DES COURS D'EAU DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

Mai 2020

**Photo de la page couverture : la rivière Etchemin, près de son embouchure au fleuve Saint-Laurent**

**(source : MELCC)**

#### **Coordination et rédaction**

Cette publication a été réalisée par la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

#### **Renseignements**

Pour tout renseignement, vous pouvez remplir le formulaire à l'adresse suivante :

[www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp](http://www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp)

Téléphone : 418 521-3830  
1 800 561-1616 (sans frais)

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques  
Direction générale du suivi de l'état de l'environnement  
675, boul. René-Lévesque Est, 7<sup>e</sup> étage, boîte 22  
Québec (Québec) G1R 5V7

Ce document peut être consulté sur le site Web du ministère au [www.environnement.gouv.qc.ca](http://www.environnement.gouv.qc.ca)

#### **Référence à citer**

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 2020. *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau du Québec méridional*. 79 p. [En ligne] [: [http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aq/ua/toxique/contaminants-emergent-Quebec-meridional.pdf](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aq/ua/toxique/contaminants-emergent-Quebec-meridional.pdf)

Dépôt légal – 2020  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN 978-2-550-85483-8 (en ligne)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec, 2020

## RÉALISATION

### Responsables de l'étude

David Berryman  
Yvon Richard

### Révision scientifique

Christian Gagnon <sup>1</sup>  
Isabelle Guay

### Échantillonnage

Jean-Philippe Baillargeon  
Guillaume Desrosiers  
Sylvie Legendre  
René Therreault

### Analyses de laboratoire

Nicole Cadoret  
Ginette Côté  
Sébastien Côté  
Vincent Daneau  
Christian DeBlois  
Caroline Demers  
Nancy Desrosiers  
Martin Duchesneau  
Frédéric Fortin  
Ginette Gaudreau  
Marie-Claire Grenon  
Paule Émilie Groleau  
Gertrude Guay  
Lorraine Hélie  
Gilles Labbé  
Linda Lecours  
Annie Leroux  
Daniel Mailhot  
Karine Ménard-Cloutier  
Steeve Roberge  
Benoît Sarrasin  
Cathy Tremblay  
Paule Tremblay  
Éloïse Veilleux  
Nathalie Villeneuve  
Stéphanie Walter

**Mots clés** : contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques, métaux, communauté piscicole, IIB, poisson, rivière du Loup, rivière Shawinigan, rivière Saint-Maurice, rivière Nicolet Sud-Ouest, rivière Nicolet, rivière Bécancour, rivière Bourbon, rivière Etchemin, rivière Saint-Charles.

---

<sup>1</sup> Environnement et Changement climatique Canada

## TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
1. Méthodologie	2
1.1. Échantillonnage et analyses au laboratoire	2
1.2. Interprétation des données	6
2. Résultats	10
2.1. Contaminants mesurés dans l'eau	10
2.1.1. Médicaments et autres produits de soins personnels	10
2.1.2. Hormones	15
2.1.3. Composés perfluorés	16
2.1.4. Bisphénol A	19
2.1.5. Nonylphénols éthoxylés	21
2.1.6. Métaux dissous	23
2.1.7. Toxicité pour les algues unicellulaires	36
2.1.8. Potentiel œstrogénique de l'eau	37
2.2. Contaminants mesurés dans le poisson	37
2.2.1. Espèce et taille des poissons analysés	37
2.2.2. Biphényles polychlorés (BPC)	38
2.2.3. Dioxines et furannes chlorés et BPC planaires	41
2.2.4. Polybromodiphényléthers (PBDE) et autres retardateurs de flamme	45
2.2.5. Polychloronaphtalènes	48
2.3. État des communautés de poissons	49
3. Synthèse et faits saillants	54
Conclusion	60
Références bibliographiques	62
Annexes	67

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1.	Informations sur les stations d'échantillonnage .....	68
Annexe 2.	Substances analysées et limites de détection .....	69
Annexe 3.	Facteurs d'équivalence toxique pour les dioxines et les furannes chlorés et les BPC planaires .....	75
Annexe 4.	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées.....	76
Annexe 5.	Valeurs de chacune des variables et codification retenue [ ] pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique.....	78

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Stations d'échantillonnage.....	3
Tableau 2.	Substances analysées et méthodes d'analyse en laboratoire .....	5
Tableau 3.	Critères de qualité de l'eau de surface utilisés pour l'interprétation des résultats d'analyse .....	7
Tableau 4.	Variables et cotes de l'indice d'intégrité biotique des communautés de poissons .....	9
Tableau 5.	Dépassements des critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux .....	24
Tableau 6.	Résultats du test de toxicité chronique avec algues en unités toxiques de la $Cl_{25}$ .....	36
Tableau 7.	Potentiel œstrogénique de l'eau en équivalents de l'estradiol (essai YES).....	37
Tableau 8.	Espèce et classe de taille des poissons analysés en fonction de la station d'échantillonnage.....	38
Tableau 9.	Résultats de la somme de 43 congénères spécifiques de BPC dans des meuniers noirs entiers provenant des stations SHA2 et MAU1 en 1996 et en 2013 .....	41
Tableau 10.	Résultats de la somme des équivalents toxiques (OTAN, 1988) de dioxines et de furannes chlorés dans des meuniers noirs entiers provenant des stations SHA2 et MAU1 en 1996 et en 2013 .....	44
Tableau 11.	Facteurs de dépassement des critères de qualité* concernant les concentrations de PBDE dans le poisson .....	47
Tableau 12.	Valeurs de l'indice d'intégrité biotique, des variables le constituant et des cotes associées [ ] aux stations échantillonnées en 1996-1999 et en 2013-2015 .....	53
Tableau 13.	Synthèse des résultats par cours d'eau et station d'échantillonnage .....	55

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Localisation des stations d'échantillonnage.....	4
Figure 2.	Acide salicylique et ibuprofène : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	11
Figure 3.	Naproxène et acide diclofénac : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	13
Figure 4.	Carbamazépine et triclosan : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	14
Figure 5.	Caféine : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	15
Figure 6.	Acide perfluorooctanoïque (PFOA) et sulfonate de perfluorooctane (PFOS) : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	17
Figure 7.	Acides perfluorononanoïque (PFNA) et perfluoro-n-hexanoïque (PFHxA) : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	18
Figure 8.	Bisphénol A : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	20
Figure 9.	Nonylphénols éthoxylés totaux (NP <sub>1-17</sub> EO) et nonylphénols carboxylés (NP <sub>1-2</sub> EC) : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	22
Figure 10.	Aluminium et antimoine dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	26
Figure 11.	Argent et arsenic dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	27
Figure 12.	Baryum et béryllium dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	28
Figure 13.	Bore et cobalt dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	29
Figure 14.	Cadmium et chrome dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	30
Figure 15.	Cuivre et nickel dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	31
Figure 16.	Fer et manganèse dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	32
Figure 17.	Molybdène et strontium dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	33
Figure 18.	Plomb et zinc dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	34
Figure 19.	Uranium et vanadium dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage .....	35
Figure 20.	Concentrations en BPC totaux dans les poissons (somme de huit familles de congénères).....	39

<b>Figure 21.</b>	<b>Concentrations de dioxines et furannes chlorés et de BPC planaires dans les poissons en équivalents toxiques de 2,3,7,8-TCDD (USEPA, 2008) pour les mammifères et les oiseaux piscivores</b> .....	42
<b>Figure 22.</b>	<b>Concentrations de polybromodiphényléthers totaux dans les poissons</b> .....	46
<b>Figure 23.</b>	<b>Concentrations d'hexabromobiphényle (HBB) dans les poissons</b> .....	48
<b>Figure 24.</b>	<b>Concentrations de polychloronaphtalènes dans les poissons</b> .....	49
<b>Figure 25.</b>	<b>Valeurs de l'indice d'intégrité biotique de la communauté de poissons</b> .....	50
<b>Figure 26.</b>	<b>Taux d'anomalies de type DELT chez les poissons</b> .....	50
<b>Figure 27.</b>	<b>Valeurs de l'indice d'intégrité biotique aux stations des rivières Shawinigan (SHA) et Saint-Maurice (MAU) échantillonnées en 1996 et 2013 et aux stations de la rivière Saint-Charles (CHA) échantillonnées en 1999 et 2015</b> .....	53

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

6:2 FTS.....	1H,1H,2H,2H-perfluorooctane sulfonate
BDE .....	bromodiphényles éthers
BEC1 à BEC3 .....	stations d'échantillonnage sur la rivière Bécancour
BOU1, BOU2.....	stations d'échantillonnage sur la rivière Bourbon
BPC .....	biphényles polychlorés
BQMA.....	Banque de données sur la qualité du milieu aquatique du Québec
CBE .....	Conseil de bassin de la rivière Etchemin
CCME.....	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CHA1 à CHA4 .....	stations d'échantillonnage sur la rivière Saint-Charles
CEAEQ.....	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
CFTP .....	critère pour la protection de la faune terrestre piscivore
Cl <sub>25</sub> -96h .....	pourcentage d'eau de l'échantillon testé requis pour entraîner 25 % de l'effet mesuré par l'essai de toxicité après 96 heures d'exposition
CVAC .....	critère pour la protection de la vie aquatique chronique
DELT .....	déformations, érosion des nageoires, lésions et tumeurs chez les poissons
ETC1 à ETC6.....	stations d'échantillonnage sur la rivière Etchemin
EQEE .....	équivalents de l'effet de l'estradiol
HBB .....	hexabromobiphényle
IIB .....	indice d'intégrité biotique
IUPAC .....	Union internationale de chimie pure et appliquée
IWB-IWBm.....	indice de <i>well-being</i> moins l'indice de <i>well-being</i> modifié
LCPE.....	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LOU1 à LOU3 .....	stations d'échantillonnage sur la rivière du Loup
MAU1 à MAU4 ....	stations d'échantillonnage sur la rivière Saint-Maurice
MDDELCC.....	ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

## LISTE DES ABRÉVIATIONS (suite)

MDDEP .....	ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MELCC.....	ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
mg/l.....	milligramme par litre
µg/l.....	microgramme par litre
ng/l.....	nanogramme par litre
NIC1, NIC2.....	stations d'échantillonnage sur la rivière Nicolet
NPEC .....	nonylphénols carboxylés
NP <sub>1-2</sub> EC.....	nonylphénols carboxylés comprenant 1 ou 2 groupes éthoxylates
NPEO .....	nonylphénols éthoxylés
NP <sub>1-17</sub> EO.....	nonylphénols éthoxylés comprenant de 1 à 17 groupes éthoxylates
PBDE.....	polybromodiphényléthers
PCN.....	polychloronaphtalènes
PFDA.....	acide perfluorodécanoïque
PFHxA.....	acide perfluoro-n-hexanoïque
PFNA.....	acide perfluorononanoïque
PFOA.....	acide perfluorooctanoïque
PFOS.....	perfluorooctane sulfonate
PFUdA.....	acide perfluoroundécanoïque
POP.....	polluants organiques persistants
PNUE .....	Programme des Nations Unies pour l'environnement
SHA1, SHA2 .....	stations d'échantillonnage sur la rivière Shawinigan
SCHER.....	comité scientifique de la Commission européenne sur la santé et les risques environnementaux (Scientific Committee on Health and Environmental Risks)
SUO1 à SUO3.....	stations d'échantillonnage sur la rivière Nicolet Sud-Ouest
TCDD .....	2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine
TCDF.....	2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-furanne
USEPA.....	Agence de protection de l'environnement des États-Unis (United States Environmental Protection Agency)
YES .....	essai mesurant l'activité œstrogénique d'un échantillon (Yeast Estrogen Screen)



## INTRODUCTION

Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a le mandat de suivre l'état des lacs et des cours d'eau du Québec et de faire rapport sur l'état de ces milieux. À cette fin, il exploite des réseaux de suivi de la qualité de l'eau, constitués d'un grand nombre de sites où l'on échantillonne l'eau sur une base régulière afin de mesurer les concentrations de phosphore, de coliformes fécaux, de matières en suspension et d'autres paramètres courants de la qualité de l'eau.

En plus de ces paramètres courants de la qualité de l'eau, le Ministère exerce un suivi de substances plus complexes, comme les biphényles polychlorés (BPC), les dioxines et les furannes chlorés et les contaminants dits émergents, comme les médicaments, les polybromodiphényléthers (PBDE), les composés perfluorés, le bisphénol A et autres. Étant donné la persistance de plusieurs de ces composés dans l'environnement et les coûts élevés de leur analyse en laboratoire, il ne serait pas utile ni judicieux d'en faire le suivi dans le cadre des grands réseaux de stations à échantillonnage fréquent et récurrent. Ces substances font plutôt l'objet d'échantillonnages ciblés et d'une durée limitée.

Le suivi des milieux aquatiques ne se limite pas à la mesure des contaminants. Le Ministère réalise aussi des échantillonnages pour vérifier si les différentes formes de vie qui habitent les lacs et les cours d'eau se maintiennent ou, à l'inverse, s'il y a perte progressive de leur abondance et de leur diversité. Ces échantillonnages visent différentes catégories d'organismes, dont la communauté de poissons.

Comme pour les substances toxiques et les contaminants émergents, le suivi des communautés de poissons ne peut être réalisé dans le cadre de grands réseaux de suivi à échantillonnage fréquent et récurrent. Cela tient notamment au fait qu'un échantillonnage trop fréquent (annuel) d'une communauté de poissons peut en altérer l'état. Comme ils doivent être suivis sur des intervalles de temps relativement

longs, les contaminants émergents, les substances toxiques et les communautés de poissons sont échantillonnés ensemble, à un nombre limité de sites d'échantillonnage. Le présent rapport fait état des résultats obtenus dans des cours d'eau de la Mauricie, du Centre-du-Québec, de la Capitale-Nationale et de Chaudière-Appalaches.

À chacune des stations d'échantillonnage, l'eau a été prélevée quatre fois, durant l'été et l'automne de 2013 ou de 2015, selon la station. Les échantillons d'eau ont été analysés pour un grand nombre de contaminants courants ou émergents : métaux, résidus de médicaments, détergents, hormones, produits du plastique, etc. Les paramètres analysés peuvent varier selon les régions et les stations d'échantillonnage.

Chacune des stations a fait aussi l'objet d'une pêche scientifique pour évaluer l'état de la communauté de poissons. Cette évaluation est faite sur la base de paramètres comme l'abondance et la diversité d'espèces de poissons et la fréquence de certaines anomalies physiques chez ces derniers. Les contaminants persistants et bioaccumulables, comme les BPC et les PBDE, ont été analysés dans des poissons entiers issus de cette pêche plutôt que dans les échantillons d'eau. La chair (partie consommable par l'humain) de poissons des espèces d'intérêt sportif a été analysée pour le mercure et quelques autres contaminants. Les données concernant la chair des poissons sont présentées dans le [Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce](#) plutôt que dans le présent rapport.

# 1. Méthodologie

## 1.1. Échantillonnage et analyses au laboratoire

Le présent rapport fait état des résultats obtenus dans les cours d'eau et aux endroits suivants :

- la rivière du Loup, à Louiseville;
- la rivière Shawinigan, en amont et en aval de la ville du même nom;
- le Saint-Maurice, en aval de La Tuque, à Shawinigan et à Trois-Rivières;
- la rivière Nicolet Sud-Ouest, en amont d'Asbestos et en aval de Kingsey Falls;
- la rivière Nicolet, en amont et en aval de Victoriaville;
- la rivière Bécancour, en amont et en aval de Thetford Mines;
- la rivière Bourbon, en amont et en aval de Plessisville;
- la rivière Etchemin, à Saint-Léon-de-Standon, à Sainte-Claire et à son embouchure, à Lévis;
- la rivière Saint-Charles, en milieu urbain, à Québec.

Le tableau 1 et la figure 1 présentent les stations d'échantillonnage et la composante de l'écosystème (eau, poissons) échantillonnée à chaque endroit. Pour respecter les ressources disponibles en ce qui a trait aux analyses en laboratoire, l'eau et le poisson n'ont pas été échantillonnés et analysés à toutes les stations d'échantillonnage. C'est le cas pour certaines stations situées en amont des municipalités visées, où on pouvait s'attendre à des concentrations relativement basses. L'annexe 1 fournit la localisation précise de chacun des points de prélèvement ainsi que des informations supplémentaires relatives à l'échantillonnage du poisson.

Les prélèvements d'eau ont été faits à quatre reprises. Les rivières du Loup, Shawinigan, Saint-Maurice, Nicolet Sud-Ouest, Nicolet, Bécancour et Bourbon ont été échantillonnées, selon la station, les 25 ou 26 juin, 22 ou 23 juillet, 26 ou 27 août et 11 ou 12 novembre 2013. Les rivières Etchemin et Saint-Charles ont été échantillonnées les 11 ou 12 juin, 7 ou 8 juillet, 4 août et 1<sup>er</sup> septembre 2015. Selon les stations, l'échantillonnage a été réalisé à gué, en plongeant les bouteilles dans l'eau à la main ou à l'aide d'une perche, ou encore à partir d'un pont, en descendant les bouteilles dans la rivière à l'aide d'une corde. Les contenants utilisés et les spécifications quant à la conservation des échantillons varient selon le paramètre analysé (CEAEQ, 2012).

En plus des procédures suivies au laboratoire pour assurer la qualité des analyses, un contrôle de la qualité de l'échantillonnage de l'eau 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 elles sont remplies d'eau NANOpure<sup>MD</sup>, à une des stations d'échantillonnage. Les blancs suivent les autres bouteilles durant la tournée d'échantillonnage. Ils intègrent la contamination attribuable à la verrerie, au transport du matériel en camion, aux manipulations et à l'exposition à l'air sur le terrain et au laboratoire. Pour tous les paramètres analysés, un blanc a été réalisé à chacune des huit tournées d'échantillonnage, soit les quatre tournées de 2013 et les quatre de 2015. Les quelques cas où une contamination des blancs a été observée et les conséquences sur l'interprétation des résultats d'analyse sont présentés à même l'exposé des résultats, dans la section 2. Pour les familles de substances où il n'y a eu aucune contamination des blancs et la question n'est alors pas soulevée dans l'exposé des résultats.

**Tableau 1. Stations d'échantillonnage**

Rivière	Site	Numéro	Année	Composante échantillonnée / analysée		
				Eau	Poissons	Communauté
du Loup	amont de Louiseville	LOU1	2013			X
	aval de Louisville	LOU2	2013		X	X
	aval de Louisville	LOU3	2013	X		
Shawinigan	amont de Shawinigan	SHA1	2013			X
	aval Shawinigan	SHA2	2013	X	X	X
Saint-Maurice	aval de LaTuque	MAU1	2013		X	X
	Shawinigan en aval du banc de chaux	MAU2	2013	X	X	X
	Trois-Rivières	MAU3	2013		X	X
	Trois-Rivières	MAU4	2013	X		
Nicolet Sud-Ouest	amont d'Asbestos	SUO1	2013			X
	aval de Kingsey Falls	SUO2	2013		X	X
	aval de Kingsey Falls	SUO3	2013	X		
Nicolet	amont de Victoriaville	NIC1	2013		X	X
	aval de Victoriaville	NIC2	2013	X	X	X
Bécancour	amont de Thetford Mines	BEC1	2013		X	X
	aval de Thetford Mines	BEC2	2013			X
	aval de Thetford Mines	BEC3	2013	X		
Bourbon	amont de Plessisville	BOU1	2013			X
	aval de Plessisville	BOU2	2013	X	X	X
Etchemin	amont de Saint-Léon-de-Standon	ETC1	2015		X	X
	amont de Saint-Léon-de-Standon	ETC2	2015	X		
	Sainte-Claire	ETC3	2015		X	X
	Sainte-Claire	ETC4	2015	X		
	Lévis (embouchure)	ETC5	2015	X		
	Lévis (embouchure)	ETC6	2015		X	X
Saint-Charles	quartier Duberger	CHA1	2015	X		
	quartier Duberger	CHA2	2015		X	X
	centre-ville	CHA3	2015		X	X
	centre-ville	CHA4	2015	X		

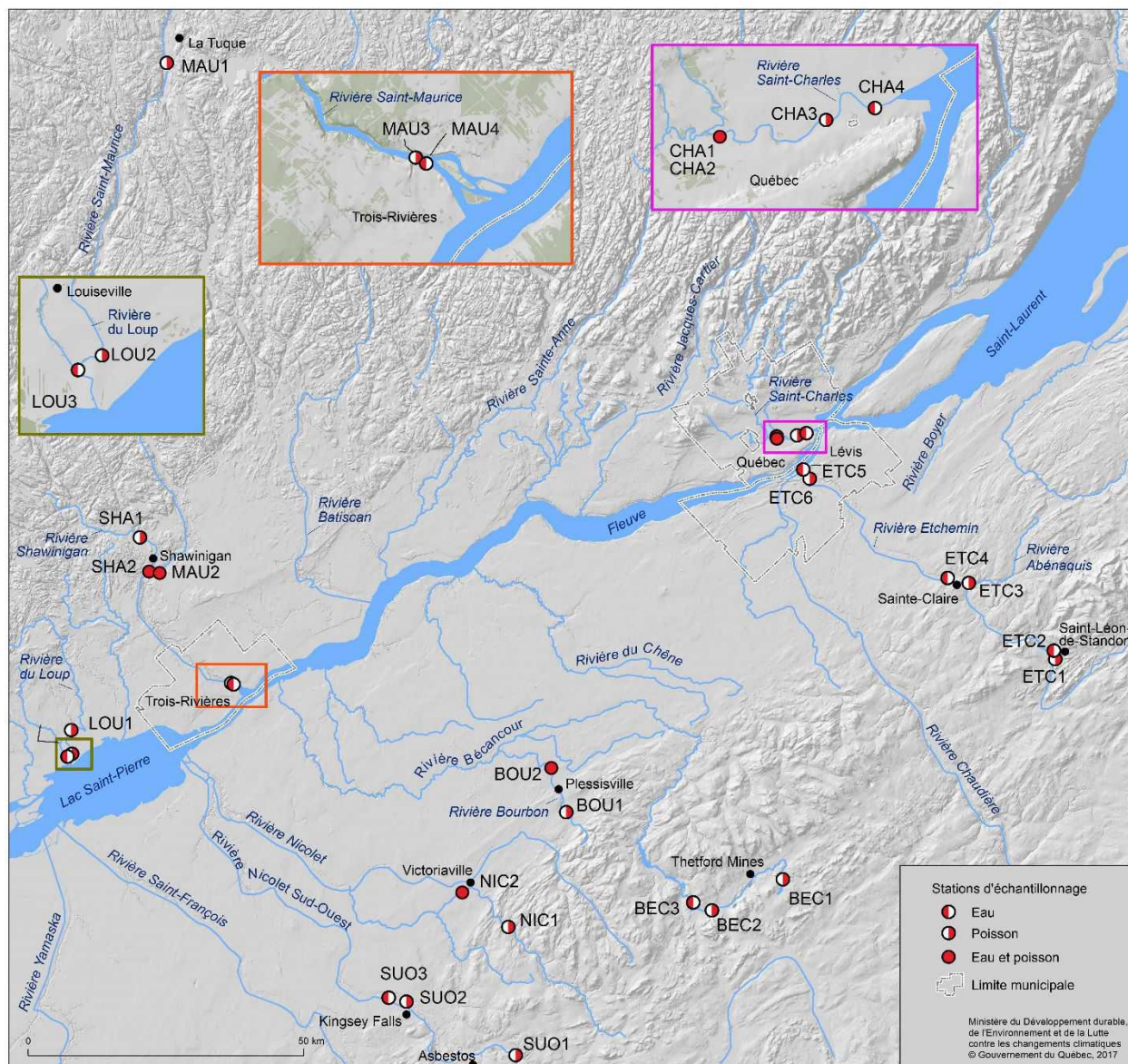


Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage

Les poissons ont été échantillonnés par pêche électrique, une fois par station, en suivant un protocole en vigueur depuis plusieurs années au Ministère et expliqué par Richard (1994 et 1996). La pêche se fait en appliquant, à l'aide d'une anode, un courant électrique à la masse d'eau, ce qui immobilise les poissons situés près de l'anode. Les poissons immobilisés sont alors capturés avec une épuisette. Selon la profondeur d'eau à la station, la pêche se fait à gué ou à partir d'une embarcation. Les poissons capturés sont identifiés à l'espèce et dénombrés, puis un sous-échantillon fait l'objet d'un examen des anomalies externes de type

DELT (déformations, érosion des nageoires, lésions et tumeurs). La pêche a eu lieu le 28 juillet 2015 aux stations de la rivière Saint-Charles et entre le 30 juillet et le 3 août 2015 aux stations de la rivière Etchemin. Dans les autres cours d'eau, la pêche a été réalisée entre les 29 juillet et 13 août 2013.

Un certain nombre de poissons ont été conservés et analysés entiers pour certaines substances chimiques. La préparation des poissons pour leur analyse chimique s'est faite selon les protocoles en vigueur au Ministère (MDDELCC, 2017a; MDDELCC, 2011). Il n'y

avait aucune espèce et classe de taille de poisson commune à toutes les stations d'échantillonnage, ce qui est normal compte tenu des différences de taille de cours d'eau et de type d'habitats aux différentes stations. Pour une station donnée, la sélection de l'espèce et de la classe de taille à analyser s'est faite sur la base des considérations suivantes :

- si les résultats de la pêche le permettent, la même espèce et la même classe de taille sont retenues aux stations situées en amont et en aval d'une ville visée par l'échantillonnage;
- les spécimens de grande taille des espèces piscivores (dorés, brochets, achigans) sont retenus pour évaluer l'exposition maximale des oiseaux et des mammifères piscivores aux contaminants persistants et bioaccumulables.

Tous les échantillons d'eau et de poissons ont été analysés au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), qui regroupe les laboratoires du MELCC. Le tableau 2 présente la liste des familles de substances analysées dans l'eau et les poissons, totalisant 204 substances individuelles, ainsi

qu'une description sommaire des méthodes d'analyse. L'annexe 2 présente la liste détaillée des substances analysées et les limites de détection.

En plus d'être analysés pour un grand nombre de contaminants, les échantillons d'eau ont fait l'objet d'un essai de toxicité chronique avec l'algue unicellulaire *Pseudokirchneriella subcapitata*. Cet essai standardisé, fréquemment utilisé pour vérifier la toxicité d'effluents industriels, mesure l'effet de l'eau prélevée à chaque station d'échantillonnage sur la croissance de l'algue unicellulaire. Les échantillons d'eau ont aussi été testés avec l'essai YES (*Yeast Estrogen Screen*), qui vise à vérifier si l'eau a une activité œstrogénique. En 2013 et en 2015, cet essai était encore expérimental et en développement au MELCC.

L'analyse de l'eau pour les contaminants organiques (médicaments, composés perfluorés, hormones, etc.) s'est faite sans filtration préalable de l'échantillon. À l'inverse, les échantillons destinés à l'analyse des métaux dissous, aux tests de toxicité avec l'algue *P. subcapitata* et au test du potentiel œstrogénique ont été filtrés sur 0,45 µm avant l'analyse.

**Tableau 2. Substances analysées et méthodes d'analyse en laboratoire**

Famille de substances	Méthode d'analyse*		
	Description sommaire	Numéro	N substances / paramètres
<b>Mesurées dans l'eau</b>			
Médicaments, triclosan et caféine	chromatographie gazeuse, spectrométrie de masse	non disponible	17
Hormones, bisphéno A et autres	chromatographie gazeuse, spectrométrie de masse	non disponible	13
Composés perfluorés	chromatographie liquide, spectrométrie de masse en tandem	non disponible	20
Nonylphénols éthoxylés	chromatographie liquide, spectrométrie de masse en tandem	MA. 400 - NPEO 1.0	19
Métaux dissous (échantillonnage par seringues)	spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon	MA. 203 - Mét.Tra. 1.0	21
Toxicité pour les algues unicellulaires	inhibition ou stimulation de la croissance de l'algue <i>P. subcapitata</i>	MA. 500 - P. sub. 1.0	1
Potentiel estrogénique de l'eau	levure génétiquement modifiée : gène récepteur des estrogènes	non disponible, en développement	1
<b>Mesurées dans le poisson entier</b>			
BPC, BPC planaires, dioxines et furannes chlorés, PBDE et PCN	chromatographie gazeuse, spectrométrie de masse	MA. 400 - BPCHR 1.0	134
<b>Total</b>			<b>204</b>

\* pour une description plus complète : [www.ceaeq.gouv.qc.ca/analyses](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/analyses)

Il est à noter que le fait qu'une substance ne soit pas détectée dans l'eau ni dans le poisson ne signifie pas qu'elle soit absente du milieu. Certaines substances peuvent, par exemple, se transformer ou se lier aux matières en suspension et sédimenter dans les zones de faible courant. La présente étude ne comprenait pas d'échantillonnage et d'analyse des

sédiments. De fait, plusieurs substances peuvent se retrouver dans plus d'un compartiment de l'écosystème. Par exemple, les BPC peuvent se lier aux matières en suspension dans l'eau, sédimenter dans les zones de faible courant et être absorbés par des organismes benthiques qui sont ensuite ingérés par des poissons.

## 1.2. Interprétation des données

Pour les substances analysées dans l'eau comme celles analysées dans le poisson, les valeurs sous les limites de détection des méthodes d'analyse ont été remplacées par zéro. Ce choix a été fait pour :

- simplifier la représentation graphique des résultats dans les figures qui présentent les gammes de concentration mesurée (voir la figure 2);
- éviter de créer des concentrations factices par addition de moitiés de limites de détection, dans le cas des familles de substances dont on additionne les résultats obtenus pour les substances individuelles (p. ex., nonylphénols éthoxylés, BPC, PBDE).

Pour les contaminants analysés dans l'eau, les résultats obtenus sont comparés aux critères de qualité de l'eau de surface du MELCC (MDDELCC, 2017b) ou à ceux d'autres provinces, territoires ou États, tels que présentés au tableau 3. Le critère de qualité applicable est le critère pour la protection de la vie aquatique en exposition chronique (CVAC). Ce critère correspond à la concentration maximale à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés, durant toute leur vie, sans subir d'effets néfastes. Pour plusieurs contaminants émergents, il n'existe pas encore de critères auxquels les concentrations mesurées peuvent être comparées.

Pour certains métaux, le CVAC est fonction de la dureté de l'eau : plus la dureté est élevée, plus les critères de qualité sont élevés, car le calcium et le magnésium, qui constituent la dureté, confèrent une protection contre la toxicité d'autres métaux. La dureté de l'eau étant variable selon les cours d'eau, il en résulte des critères variables, ce qui complexifie la présentation des résultats. À des fins de simplification, des critères minimaux ont d'abord été calculés avec la dureté minimale de 10 mg/l exprimée en  $\text{CaCO}_3$  (carbonate de calcium). Pour les métaux et les cours d'eau qui ne présentaient aucun dépassement de ces critères minimaux, il était inutile de calculer les duretés

propres à chaque cours d'eau et les critères associés. Pour les métaux et les cours d'eau qui présentaient des dépassements de ces critères minimaux, des critères propres au cours d'eau ont été calculés, à partir de la dureté réelle de ces cours d'eau. Ces duretés ont été calculées à partir des données du Réseau-rivières du Québec (MDDELCC, 2018a). Les duretés retenues pour ces cas, en milligramme par litre (mg/l) de  $\text{CaCO}_3$ , sont de 15 pour les deux stations amont de la rivière Etchemin, 50 pour la station à l'embouchure de celle-ci, 70 pour les rivières Bourbon, Nicolet et Nicolet Sud-Ouest, 100 pour la rivière Saint-Charles et 155 pour la rivière Bécancour.

Pour de nombreux contaminants émergents, il n'y a pas de critères de qualité de l'eau de surface auxquels les concentrations mesurées peuvent être comparées. Dans ces cas principalement, les résultats sont comparés à ceux obtenus dans le cadre de suivis d'autres cours d'eau au Québec, au Canada, aux États-Unis ou en Europe. Les études d'où proviennent ces comparables varient selon les substances et sont citées à même l'exposé des résultats.

Les essais de toxicité chronique avec l'algue *P. subcapitata* sont effectués avec de l'eau de l'échantillon à analyser, diluée avec un milieu de culture élaboré en laboratoire qui sert également d'eau témoin. L'essai est réalisé avec une série de dilutions et le résultat rapporté, la concentration inhibitrice 25 % ( $CI_{25}$ ) est le pourcentage d'eau de l'échantillon requis pour entraîner 25 % de diminution de croissance de la densité algale par rapport à ce qui est observé dans l'eau témoin. Le rapport  $100/CI_{25}$  transforme les résultats en unités toxiques, qui augmentent avec la toxicité. Ce ratio prend la valeur minimale de 1 pour les échantillons qui ne présentent pas de toxicité pour l'algue. Des échantillons d'eau non toxique, mais qui contiennent des éléments nutritifs, peuvent causer une stimulation de la croissance des algues par rapport à l'essai témoin. Dans ce cas, le rapport d'analyse porte la mention « stimulation ». Le résultat est alors indicateur d'un potentiel d'eutrophisation du milieu, plutôt que de toxicité pour les algues.

**Tableau 3. Critères de qualité de l'eau de surface utilisés pour l'interprétation des résultats d'analyse**

Substance	Critère				
	Type <sup>1</sup>	Organismes protégés	Valeur	Unités	Référence
<b>Substances analysées dans l'eau</b>					
<i>- Composés organiques</i>					
Naproxène	CVAC	Organismes aquatiques	96	µg/l	MDEQ, 2016
Ibuprofène	CVAC	Organismes aquatiques	96	µg/l	MDEQ, 2016
Carbamazépine	CVAC	Organismes aquatiques	10	µg/l	CCME, 2018
Acide diclofénac	CVAC	Organismes aquatiques	100 <sup>2</sup>	ng/l	SCHER, 2011
Triclosan	CVAC	Organismes aquatiques	0,47	µg/l	ECCC, 2017
17-a éthinylestradiol	CVAC	Organismes aquatiques	0,5	ng/l	BC, 2009
17-a éthinylestradiol	CVAC	Organismes aquatiques	0,035 <sup>2</sup>	ng/l	SCHER, 2011
PFOS	CVAC	Organismes aquatiques	6,8	µg/l	ECCC, 2017
Bisphénol A	CVAC	Organismes aquatiques	3,5	µg/l	ECCC, 2018
Nonylphénol	CVAC	Organismes aquatiques	6	µg/l	MDDELCC, 2017
Nonylphénols éthoxylés	CVAC	Organismes aquatiques	12	µg/l	MDDELCC, 2017
Nonylphénols carboxylés	CVAC	Organismes aquatiques	4	µg/l	MDDELCC, 2017
<i>- Métaux dissous</i>					
Cadmium	CVAC	Organismes aquatiques	0,05 <sup>3</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Chrome III	CVAC	Organismes aquatiques	11,2 <sup>3</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Chrome VI	CVAC	Organismes aquatiques	10,6	µg/l	MDDELCC, 2017
Cuivre <sup>4</sup>	CVAC	Organismes aquatiques	1,25 à 13,1 <sup>4</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Nickel <sup>4</sup>	CVAC	Organismes aquatiques	6,98 à 76 <sup>4</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Plomb <sup>4</sup>	CVAC	Organismes aquatiques	0,17 à 4,12 <sup>4</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Sélénium	CVAC	Organismes aquatiques	4,61	µg/l	MDDELCC, 2017
Zinc	CVAC	Organismes aquatiques	17 <sup>1</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
<i>- Métaux extractibles totaux</i>					
Aluminium	CVAC	Organismes aquatiques	NSP <sup>6</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Antimoine	CVAC	Organismes aquatiques	240	µg/l	MDDELCC, 2017
Argent	CVAC	Organismes aquatiques	0,1	µg/l	MDDELCC, 2017
Arsenic	CVAC	Organismes aquatiques	150	µg/l	MDDELCC, 2017
Baryum <sup>4</sup>	CVAC	Organismes aquatiques	38 à 698 <sup>3</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Béryllium	CVAC	Organismes aquatiques	0,14 <sup>2</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Bore	CVAC	Organismes aquatiques	5000	µg/l	MDDELCC, 2017
Cobalt	CVAC	Organismes aquatiques	100	µg/l	MDDELCC, 2017
Fer	CVAC	Organismes aquatiques	1300	µg/l	MDDELCC, 2017
Manganèse	CVAC	Organismes aquatiques	260 <sup>2</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Molybdène	CVAC	Organismes aquatiques	3200	µg/l	MDDELCC, 2017
Strontium	CVAC	Organismes aquatiques	21000	µg/l	MDDELCC, 2017
Uranium	CVAC	Organismes aquatiques	14 <sup>7</sup>	µg/l	MDDELCC, 2017
Vanadium	CVAC	Organismes aquatiques	12	µg/l	MDDELCC, 2017

**Tableau 3. Critères de qualité de l'eau de surface utilisés pour l'interprétation des résultats d'analyse (suite)**

Substance	Critère				
	Type <sup>1</sup>	Organismes protégés	Valeur	Unités	Référence
<b>Substances analysées dans le poisson entier</b>					
BPC totaux	CFTP	Faune terrestre piscivore	160	ng/g	MDDELCC, 2017
Diox. Fur. BPC planaires	CFTP	Faune terrestre piscivore	0,66	pg/g <sup>8</sup>	MDDELCC, 2017
Tri BDE totaux		Poissons	120	ng/g	EC, 2013
Tétra BDE totaux		Poissons	88	ng/g	EC, 2013
Tétra BDE totaux	CFTP	Mammifères piscivores	44	ng/g	EC, 2013
Penta BDE totaux		Poissons	1	ng/g	EC, 2013
Penta BDE totaux	CFTP	Mammifères piscivores	3	ng/g	EC, 2013
Penta BDE totaux	CFTP	Oiseaux piscivores	13	ng/g	EC, 2013
BDE 99		Poissons	1	ng/g	EC, 2013
BDE 99	CFTP	Mammifères piscivores	3	ng/g	EC, 2013
BDE100		Poissons	1	ng/g	EC, 2013
Hexa BDE totaux		Poissons	420	ng/g	EC, 2013
Hexa BDE totaux	CFTP	Mammifères piscivores	4	ng/g	EC, 2013
Hepta BDE totaux	CFTP	Mammifères piscivores	64	ng/g	EC, 2013
Octa BDE totaux	CFTP	Mammifères piscivores	63	ng/g	EC, 2013
Nona BDE totaux	CFTP	Mammifères piscivores	78	ng/g	EC, 2013
Déca BDE	CFTP	Mammifères piscivores	9	ng/g	EC, 2013

<sup>1</sup> CVAC : critère pour la protection de la vie aquatique en exposition chronique; CFTP : critère pour la protection de la faune terrestre piscivore

<sup>2</sup> Les critères de la Commission européenne inclut des facteurs de sécurité entre 1 et 5, parfois davantage (Commission Européenne, 2011). Cela explique qu plus bas que ceux d'autres provinces, territoires ou États.

<sup>3</sup> Critère basé sur une dureté minimale de 10 mg/l CaCO

<sup>4</sup> Critère variable selon la dureté propre au cours d'eau.

<sup>5</sup> Concentration en chrome total

<sup>6</sup> Le CVAC pour l'aluminium ne s'applique qu'aux eaux ayant une dureté inférieure à 20 mg/l CaCO<sub>3</sub> ou à 6,5.

<sup>7</sup> Critère basé sur une dureté minimale de 20 mg/l CaCO

<sup>8</sup> En équivalents toxiques de la 2,3,7,8-TCDD, selon les facteurs d'équivalence toxique de EPA, 2008.

L'essai YES est un test de dépistage de la présence de substances pouvant avoir des effets œstrogéniques. Il utilise une souche de la levure, *Saccharomyces cerevisiae*, modifiée génétiquement pour être sensible à la présence d'œstrogènes et de substances ayant un mode d'action similaire. La réponse de l'échantillon est comparée avec une courbe de calibration réalisée avec l'estradiol, une hormone naturelle. Le résultat du test est exprimé en équivalents de l'effet de l'estradiol (EQEE) (Balsiger et coll., 2010).

Pour les contaminants analysés dans les poissons entiers, les concentrations sont comparées principalement aux critères de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore (CFTP), tels que présentés au

tableau 3. Ces critères visent à protéger les oiseaux et les mammifères qui s'alimentent de poissons et peuvent être affectés par les BPC, les dioxines et furannes chlorés, les PBDE et les autres contaminants persistants qui s'accumulent dans la chaîne alimentaire. Les critères de qualité utilisés pour les BPC et les dioxines et furannes chlorés sont ceux du Ministère (MDDELCC, 2017b). Pour les PBDE, il s'agit de critères d'Environnement Canada (2013).

Les BPC dont la molécule est de forme planaire ont le même mécanisme de toxicité que les dioxines et les furannes chlorés. Pour cette raison, les concentrations obtenues pour les BPC planaires, les dioxines et furannes chlorés sont transformées en équivalents toxiques de la



2,3,7,8-TCDD, la dioxine la plus toxique, à l'aide des facteurs d'équivalence présentés à l'annexe 3. Les nombres d'équivalents toxiques associés à chacune des substances sont ensuite sommés pour obtenir le nombre d'équivalents toxiques total de l'échantillon.

Les résultats obtenus concernant les espèces de poissons capturées, leur dénombrement et les anomalies de type DELT permettent de calculer les sept variables énumérées au tableau 4. Les résultats obtenus pour ces variables sont transformés en cotes, selon les balises indiquées dans ce tableau, et ces cotes sont ensuite sommées pour obtenir l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la communauté de

poissons. Selon la valeur de cet indice, l'intégrité de la communauté de poissons est qualifiée d'*excellente*, *très bonne*, *bonne*, *faible* ou *très faible* (Richard, 1994 et 1996).

Une attention particulière est accordée à la septième variable de l'indice, c'est-à-dire le pourcentage de poissons présentant des anomalies de type DELT. Dans les écosystèmes naturels ou peu perturbés, de 0 à 2 % des poissons présentent de telles anomalies. Un taux compris entre 2 et 5 % est indicateur d'un milieu un peu perturbé, alors qu'un taux supérieur à 5 % est normalement indicateur d'une communauté exposée à des substances toxiques (Karr, 1991).

**Tableau 4. Variables et cotes de l'indice d'intégrité biotique des communautés de poissons**

(Richard, 1994 et 1996, adapté de Karr, 1991)

Variable	Cote		
	5	3	1
<b>Composition et abondance</b>			
1. IWB-IWBm*	0 à 0,5	0,6 à 1	> 1
2. Nombre d'espèces de catostomidés	> 1	1	0
3. Nombre d'espèces intolérantes	> 2	1 à 2	0
<b>Organisation trophique</b>			
4. Densité relative des omnivores (%)	< 20	20 à 45	> 45
5. Densité relative des cyprinidés insectivores (%)	> 45	20 à 45	< 20
6. Densité relative des piscivores (%)	> 5	1 à 5	> 1
<b>Condition des poissons</b>			
7. Proportion des poissons avec des anomalies de type DELT (%)	< 2	2 à 5	> 5

\* Les cotes de cette variable sont multipliées par deux puisqu'il s'agit d'une variable bipartite qui intègre à la fois la densité et la biomasse des espèces tolérantes à la pollution.

\* L'indice de well-being (IWB) et sa version modifiée (IWBm) intègrent l'abondance (nombre) et la biomasse de poissons récoltés par unité d'effort, ainsi que l'indice de diversité de Shannon. Le calcul de cette variable est expliqué dans Richard (1994 et 1996). La cote obtenue est multipliée par deux, car cette variable intègre deux caractéristiques importantes de la communauté (abondance et biomasse).

Lors du traitement et de l'interprétation des données, il a été sciemment évité de chercher à établir des relations de cause à effet entre les concentrations de contaminants mesurées dans l'eau ou les poissons et l'état de la communauté de poissons. Les raisons sont les suivantes :

- Plusieurs autres contaminants, non mesurés dans la présente étude, peuvent affecter les communautés de poissons. C'est le cas des paramètres courants de la qualité de l'eau, comme l'azote, le phosphore et les matières en suspension;

- La communauté de poissons peut aussi être affectée par d'autres facteurs que les contaminants, dont ceux liés à la qualité de l'habitat;
- Étant donné le grand nombre de contaminants mesurés dans la présente étude, il est fort possible que les concentrations de certains d'entre eux varient de façon concourante à l'indice d'intégrité de la communauté, sans pour autant qu'il y ait une relation de cause à effet.

## 2. Résultats

### 2.1. Contaminants mesurés dans l'eau

#### 2.1.1. Médicaments et autres produits de soins personnels

Sur les 17 médicaments et produits de soins personnels analysés, des valeurs au-dessus des limites de détection ont été obtenues en 2013 pour sept substances, soit quatre analgésiques ou anti-inflammatoires, la carbamazépine, le triclosan et la caféine. Une plus grande variété de médicaments a été observée dans d'autres cours d'eau, dans le cadre d'autres études (Berryman et coll., 2014; Kleywegt et coll., 2011; Metcalfe et coll., 2003; Kolpin et coll. 2002; Ternes, 1998; Santos et coll., 2010). Cependant, après 2013, des changements à la méthode d'analyse en laboratoire du CEAEQ ont mené à des limites de détection plus élevées, ce qui fait qu'en 2015, seule la caféine a été détectée. Pour cette raison, seuls les résultats de 2013 sont présentés dans les figures 2 à 5.

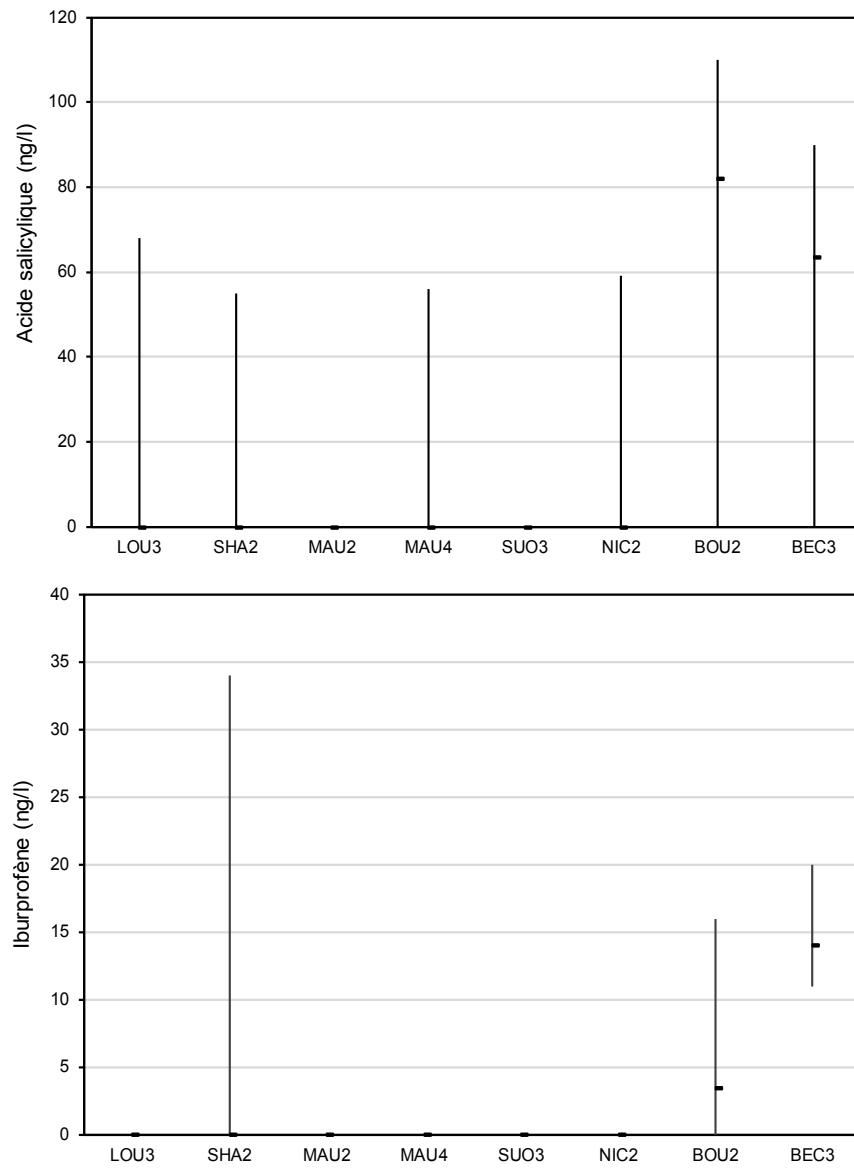
Les quatre analgésiques/anti-inflammatoires détectés, dans des gammes de concentrations variant d'inférieures à la limite de détection à 110 ng/l, sont des produits courants vendus le plus souvent sans ordonnance. L'acide salicylique, un métabolite de l'acide acétylsalicylique (p. ex., Aspirine<sup>MC</sup>), le naproxène (p. ex., Anaprox<sup>MC</sup>) et l'ibuprofène (p. ex., Advil<sup>MC</sup>, Motrin<sup>MC</sup>) sont disponibles principalement sous forme de comprimés pour soulager les symptômes de divers maux. Le diclofénac (Voltaren<sup>MC</sup>) est souvent utilisé sous forme de crème pour le soulagement de douleurs musculaires, squelettiques ou articulaires.

Pour l'acide salicylique, le naproxène et l'ibuprofène, il n'existe pas de critères de qualité de l'eau de surface auxquels les concentrations mesurées peuvent être comparées. Ces médicaments ont tout de même fait l'objet d'un certain nombre d'essais de toxicité. Selon les revues de Santos et ses collaborateurs (2010) et de Corcoran et ses collaborateurs (2010), ainsi que les données toxicologiques de l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis

(USEPA, 2015), les effets sur les organismes aquatiques commencent en général à des concentrations de l'ordre du microgramme par litre ( $\mu\text{g/l}$ ) ou du milligramme par litre ( $\text{mg/l}$ ), selon la substance. Ces concentrations sont plus élevées que celles rapportées dans la présente étude, qui sont de l'ordre du nanogramme par litre ( $\text{ng/l}$ ), soit de 1 000 fois à 1 000 000 de fois plus faibles. Dans le cas du diclofénac, un comité scientifique de la Commission européenne a proposé un critère intérimaire de 0,1  $\mu\text{g/l}$  (tableau 3).

Pour l'acide salicylique, les stations des rivières Bourbon et Bécancour présentent trois échantillons sur quatre au-dessus de la limite de détection, avec des médianes entre 60 et 85 ng/l et un maximum de 110 ng/l (figure 2). Des valeurs similaires et même plus élevées ont été obtenues à certains sites d'échantillonnage dans des cours d'eau de l'Estrie et de la Montérégie (MDDELCC, 2017c), en Allemagne (Ternes, 1998) et au Canada (Santos et coll., 2010). Aux autres stations d'échantillonnage de la présente étude, aucun ou un seul des quatre échantillons présente des concentrations au-dessus de la limite de détection de 55 ng/l, avec un maximum de 68 ng/l. Ces résultats sont analogues à ceux obtenus à plusieurs autres stations d'échantillonnage au Québec (MDDELCC, 2018b; MDDELCC, 2017c; Berryman et coll., 2014).

Pour l'ibuprofène aussi, la station de la rivière Bécancour se démarque avec des valeurs au-dessus de la limite de détection dans les quatre échantillons prélevés, pour une médiane à 14 ng/l et un maximum à 20 ng/l (figure 2). Des concentrations analogues et même plus élevées ont été obtenues dans certains cours d'eau de l'Estrie et de la Montérégie (MDDELCC, 2017c), à certains sites d'échantillonnage dans le fleuve Saint-Laurent (Berryman et coll., 2014), ainsi qu'ailleurs au Canada (Metcalfe et coll., 2003), aux États-Unis (Kolpin et coll., 2002) et dans le monde (Santos et coll., 2010). Aux autres stations d'échantillonnage de la présente étude, la très grande majorité des résultats d'analyse sont sous la limite de détection de 6 ng/l. Cela a aussi été observé dans les études précitées et dans des cours d'eau des régions des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2018b).



**Figure 2. Acide salicylique et ibuprofène : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

Les concentrations de naproxène présentent un profil analogue à celui de l'ibuprofène, avec des détections dans les rivières Bécancour, Shawinigan et Bourbon (figure 3). Les deux premières se démarquent avec respectivement quatre et trois échantillons sur quatre où le naproxène est détecté, donnant lieu à des médianes entre 40 et 60 ng/l. Sur la trentaine de sites échantillonnés de façon similaire au Québec (MDDELCC, 2017c, MDDELCC, 2018b; Berryman et coll., 2014), cinq ont présenté des concentrations similaires : Granby, sur la rivière Yamaska Nord, Acton Vale, sur la rivière Le Renne, Sherbrooke, sur la rivière Saint-François, Terrebonne, sur la rivière des Mille Îles, et Lavaltrie, sur le Saint-Laurent. Ailleurs, presque tous les échantillons présentaient des concentrations inférieures à la limite de détection de 20 ng/l, comme aux autres stations d'échantillonnage de la présente étude.

L'acide diclofénac a été détecté à des concentrations de 15 à 23 ng/l dans deux des quatre échantillons des rivières Nicolet et Bécancour ainsi que dans un échantillon de la rivière du Loup (figure 3). Ces valeurs instantanées et les médianes associées sont nettement inférieures à une concentration moyenne annuelle de 100 ng/l proposée comme critère intérimaire par un comité scientifique de la Commission européenne (SCHER, 2011a). L'acide diclofénac a été détecté dans plusieurs cours d'eau dans le monde (Santos et coll., 2010; Verlichi et coll., 2012; Munch Christensen et coll., 2009), mais ne l'avait pas été dans le cadre des études réalisées au Québec et citées précédemment.

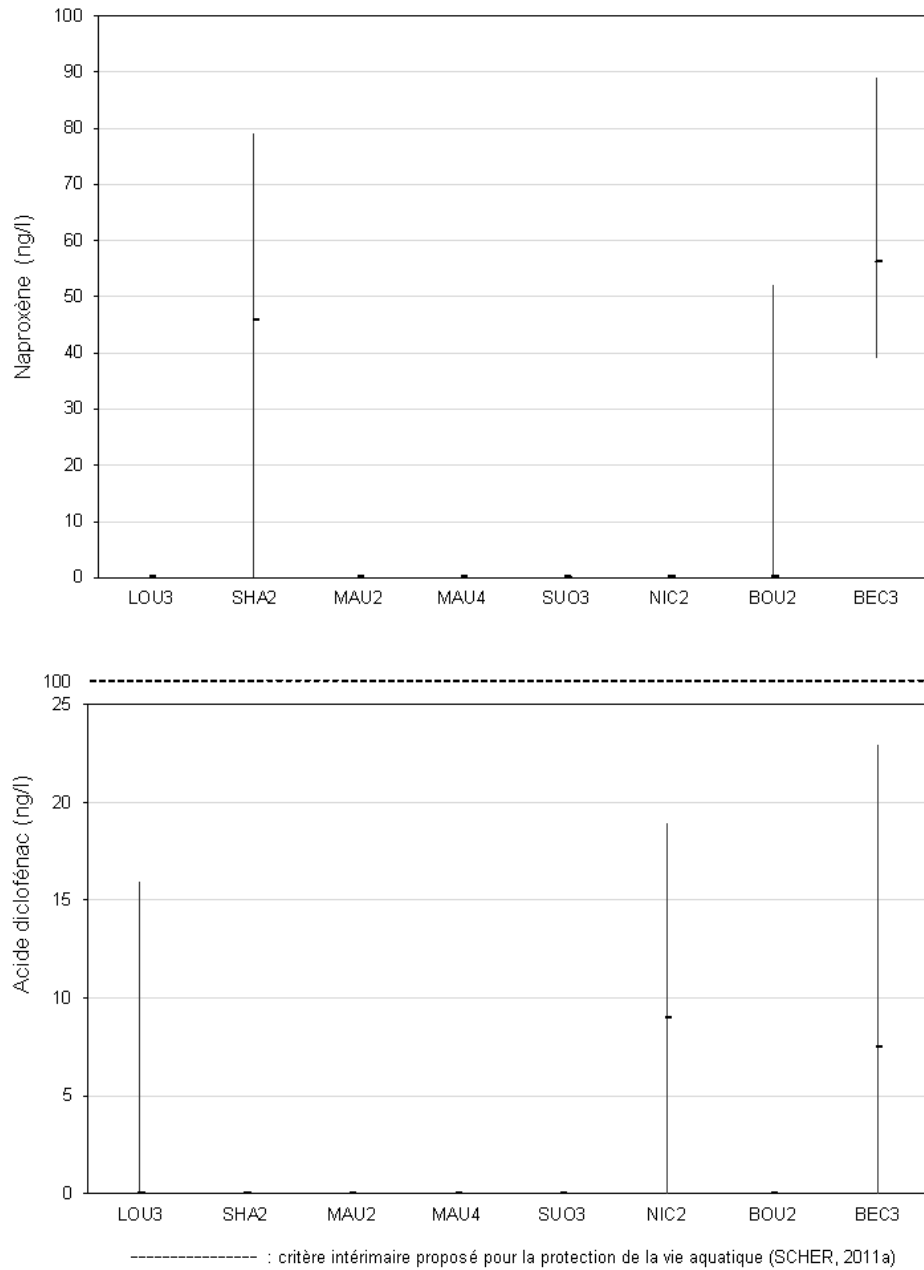
La carbamazépine est un anticonvulsif utilisé contre l'épilepsie, de même qu'en psychiatrie comme régulateur de l'humeur. Ce produit a été détecté dans seulement deux échantillons de la présente étude, provenant tous deux de la rivière Bécancour (figure 4). La concentration maximum a été de 23 ng/l, ce qui est nettement inférieur au critère de qualité de l'eau de surface de 10 µg/l en exposition à long terme récemment adopté par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 2018). Ce produit a été détecté dans des cours d'eau en Ontario (Kleiweg et coll., 2011) et ailleurs dans le monde (Verlichi et coll., 2012). Jusqu'à maintenant, au Québec, il avait été détecté dans des effluents de stations de traitement des eaux usées, mais pas dans les cours d'eau (MDDEP, 2011; MDDELCC,

2018b; MDDELCC, 2017c; Berryman et coll., 2014).

Le triclosan est notamment utilisé dans des cosmétiques et des produits de soins personnels pour empêcher la prolifération des bactéries, des champignons et de la moisissure, ainsi que pour empêcher les odeurs. Il est utilisé, par exemple, dans des savons, des désodorisants, des fards pour les yeux et le visage, ainsi que dans des textiles et des articles en cuir, en papier, en plastique et en caoutchouc. Le triclosan a été détecté dans 44 % des échantillons de la présente étude, à une concentration maximale de 60 ng/l (figure 4). Cette fréquence de détection et cette valeur maximum sont similaires à celles observées dans les études québécoises précitées, sauf pour la valeur de 99 ng/l obtenue dans un échantillon provenant d'un cours d'eau en Montérégie.

Le gouvernement fédéral canadien a récemment proposé un plan de gestion du risque à l'égard du triclosan, exigeant que les fabricants et importateurs de cosmétiques, de produits de santé naturels, de drogues ou de produits de nettoyage réduisent leur utilisation de triclosan de 30 % (Environnement et Changement climatique Canada, 2017a). Ce plan vise à ce que les concentrations de triclosan dans les cours d'eau soient maintenues inférieures à la concentration estimée sans effet de 470 ng/l (Environnement et Changement climatique Canada, 2017b). Comme le montre la figure 4, tous les résultats d'analyse de la présente étude sont largement sous ce seuil.

La caféine entre dans la composition de certains médicaments, mais sa présence dans les eaux de surface découle principalement de la consommation de café et d'autres boissons caféinées. Détectée dans 59 % des échantillons, la caféine est souvent présente en concentrations plus élevées que les autres substances analysées, les concentrations dans certains échantillons dépassant parfois les 100 ng/l. Comme pour les autres médicaments et produits de soins personnels détectés dans la présente étude, la station de la rivière Bécancour présente des concentrations de caféine plus élevées qu'aux autres sites d'échantillonnage, avec une médiane à 175 ng/l et un maximum à 300 ng/l (figure 5). De telles concentrations ont déjà été observées à certains endroits dans des cours d'eau du Québec, selon les études précitées.



**Figure 3. Naproxène et acide diclofénac : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

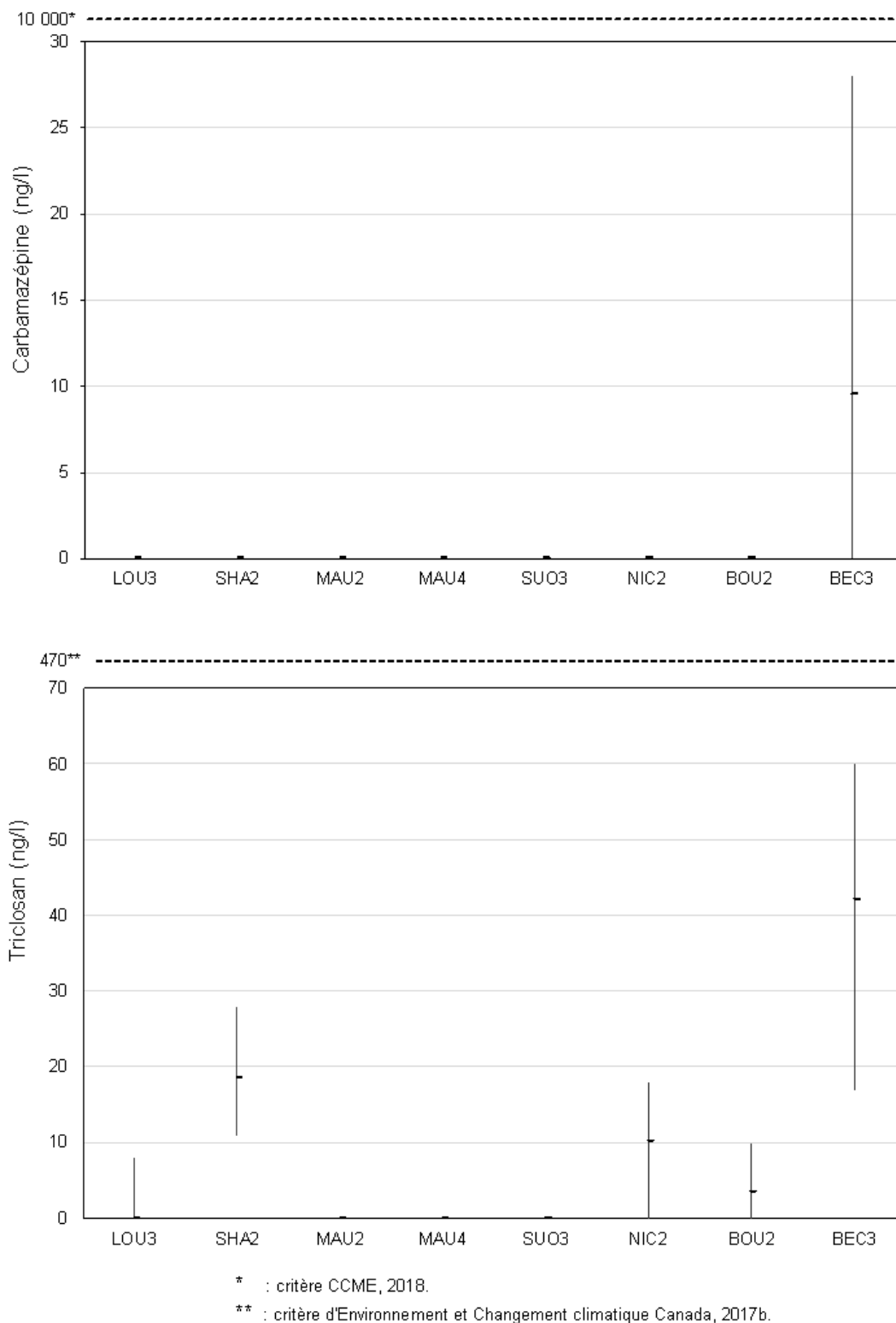


Figure 4. Carbamazépine et triclosan : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage

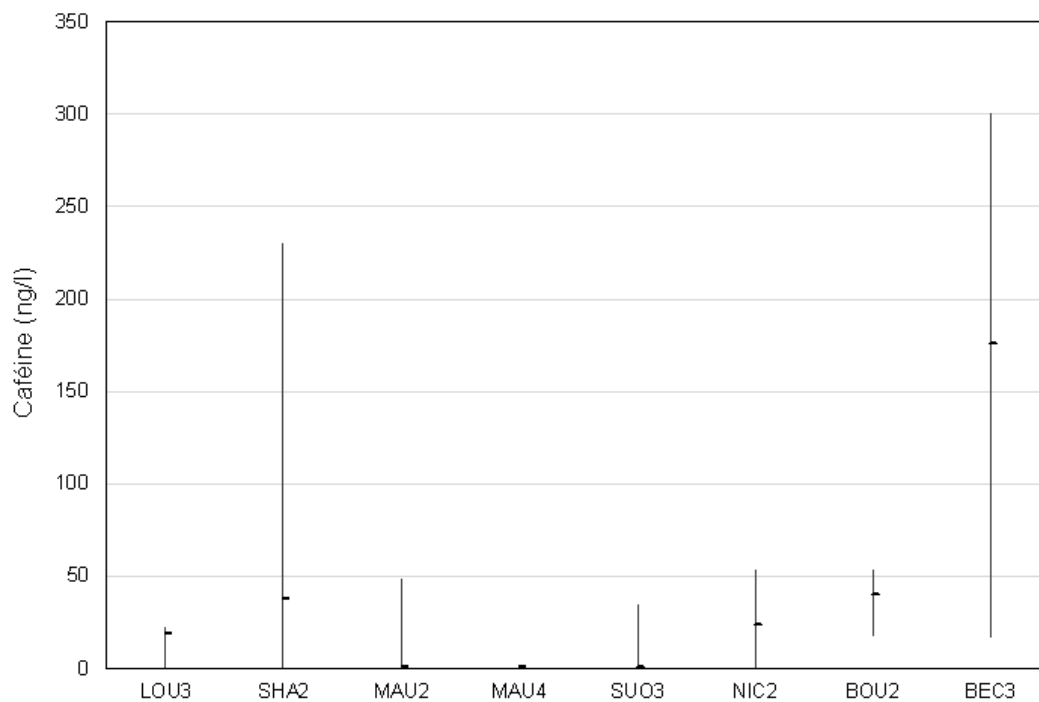


Figure 5. Caféine : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage

### 2.1.2. Hormones

Les échantillons d'eau ont été analysés pour quatre hormones naturelles, soit le 17 -estradiol, l'estriol, l'estrone et la testostérone, ainsi qu'une hormone de synthèse utilisée dans les comprimés contraceptifs, le 17 -éthynylestradiol. Malgré des limites de détection assez basses, de 0,6 à 4 ng/l selon l'hormone, tous les résultats d'analyse sont négatifs, comme cela a été le cas en 2012, dans des cours d'eau des régions des Laurentides et de Lanaudiere (MDDELCC, 2018b) et, à une exception près, dans des cours d'eau de la Montérégie et de l'Estrie en 2010 (MDDELCC, 2017c). Avec les mêmes limites de détection, mais une méthode d'analyse différente, les hormones ont été détectées un peu plus souvent dans le Saint-Laurent, soit dans 2 à 8 % des échantillons, selon l'hormone. Les concentrations y étaient assez faibles, avec un

maximum de 17 ng/l obtenu pour l'estriol (Berryman et coll., 2014). Aux  tats-Unis, les mêmes hormones ont été détectées plus souvent (dans 2,8 à 21 % des échantillons) et jusqu'à des valeurs maximales plus élevées, soit 160 ng/l pour le 17 -estradiol (Kolpin et coll., 2002).

Pour l'hormone synthétique 17 -éthynylestradiol, la Colombie-Britannique a adopté des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique de 0,5 ng/l en exposition chronique et de 0,75 ng/l en exposition aiguë (Nagpal et Meays, 2009). Un comité scientifique de la Commission européenne a pour sa part proposé une valeur de 0,035 ng/l (SCHER, 2011b). Le respect de ces critères et de cette proposition de critère de qualité de l'eau de surface n'a pu être vérifié dans la présente étude, car la limite de détection pour le 17 -éthynylestradiol était de 2 ng/l.

### 2.1.3. Composés perfluorés

Les composés perfluorés sont des produits chimiques utilisés entre autres 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. Ils servent aussi dans la fabrication du Teflon<sup>MC</sup>, de membranes synthétiques (p. ex., Gore-Tex<sup>MC</sup>) et de mousses extinctrices. Certains de ces composés sont très persistants dans l'environnement, sont bioaccumulables, sont potentiellement cancérigènes et ont des effets toxiques (Environnement Canada, 2004a).

La fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation du sulfonate de perfluorooctane (PFOS) et des produits manufacturés qui en contiennent sont interdites au Canada depuis 2008 (Gouvernement du Canada, 2008a). Il en est de même pour l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) et les acides perfluorocarboxyliques à longues chaînes, comme les PFNA, PFDA et PFUdA depuis le 23 décembre 2016, sauf pour un nombre limité d'utilisations (Environnement et Changement climatique Canada, 2017c).

Sept composés perfluorés ont été détectés dans les cours d'eau de la présente étude, soit les PFOS, PFOA, PFNA (acide perfluorononanoïque), PFHxA (acide perfluoro-n-hexanoïque), PFUdA (acide perfluoroundécanoïque), 6:2 FTS (1H,1H,2H,2H-perfluorooctane sulfonate) et PFDA (acide perfluorodécanoïque). Les résultats obtenus pour les quatre premiers sont illustrés dans les figures 6 et 7. La contamination des blancs pour les composés perfluorés a été minime, seul le PFOA ayant été détecté, en traces (2 ng/l), dans le blanc de la tournée de septembre 2015.

Le PFOA a été détecté à presque toutes les stations d'échantillonnage, dans un à trois échantillons par station, mais en concentrations faibles ne dépassant pas 3 ng/l (figure 6). Des concentrations plus élevées approchant ou dépassant les 10 ng/l ont été observées dans le fleuve Saint-Laurent et plusieurs autres cours d'eau du Québec. De plus, des concentrations approchant les 100 ng/l ont été mesurées dans certains cours d'eau du bassin de la rivière

Yamaska en 2007 et 2008 (Berryman et coll., 2012a; MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b). Les valeurs plus faibles obtenues en 2013 et 2015 résultent peut-être des limites imposées à l'utilisation de composés perfluorés par le gouvernement fédéral mentionnées plus haut.

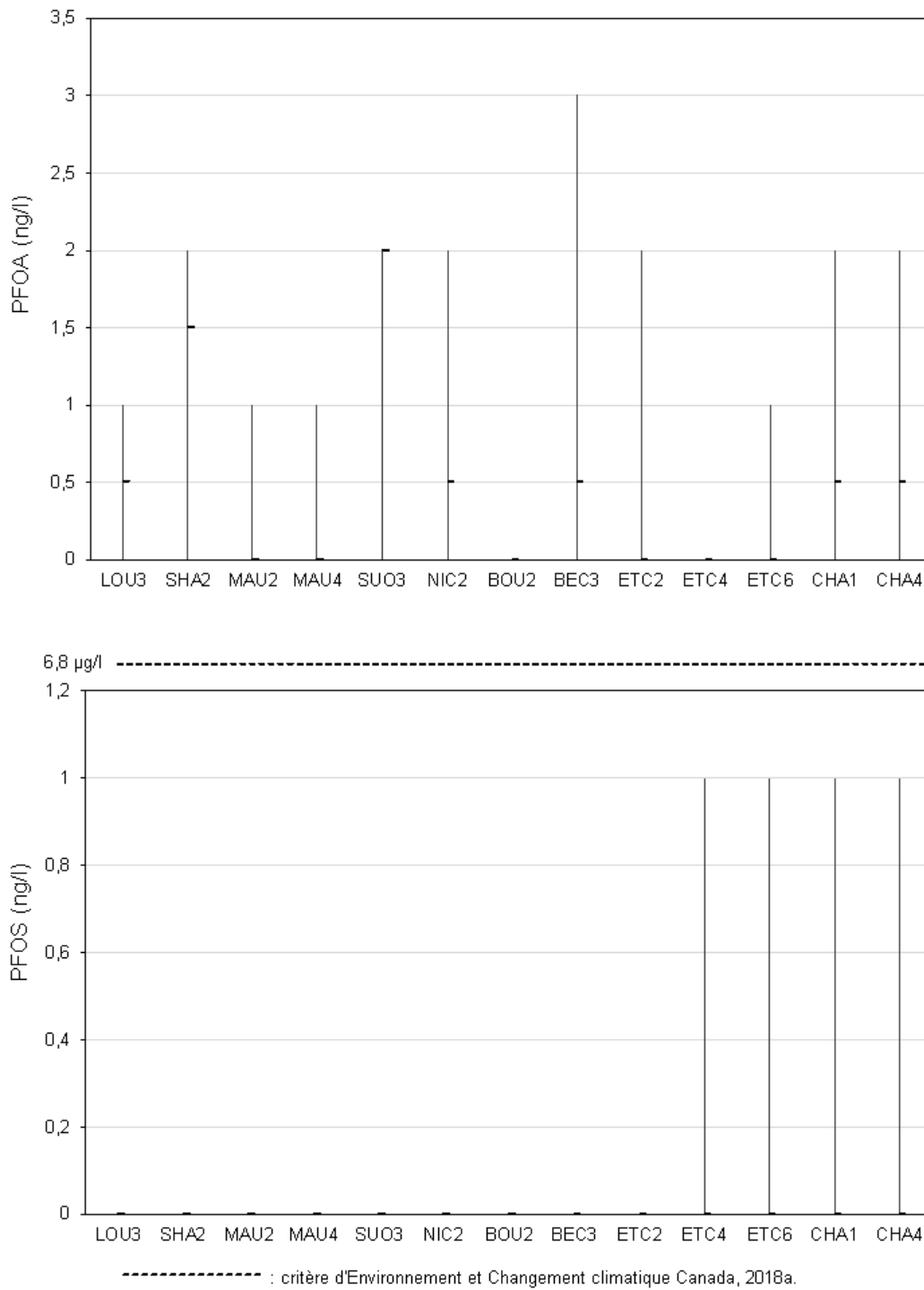
Le PFOS n'a été détecté qu'en traces (1 ng/l) dans quatre échantillons de 2015, provenant d'autant de stations d'échantillonnage. Ces concentrations sont de loin inférieures à la récente recommandation fédérale de 6,8 µg/l pour la protection de la vie aquatique (figure 6). Comme pour le PFOA, des fréquences de détection et des concentrations plus élevées, jusqu'à 36 ng/l, ont été observées lors des études précédentes du Ministère (Berryman et coll., 2012a; MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b).

Le PFNA n'a été détecté que dans sept échantillons, répartis dans quatre stations d'échantillonnage, en faibles concentrations ne dépassant pas 3 ng/l (figure 7). Des fréquences de détection et des concentrations maximums similaires ont été observées à plusieurs stations d'échantillonnage des études mentionnées précédemment, mais certaines stations, surtout dans le bassin de la rivière Yamaska, ont affiché des valeurs plus élevées.

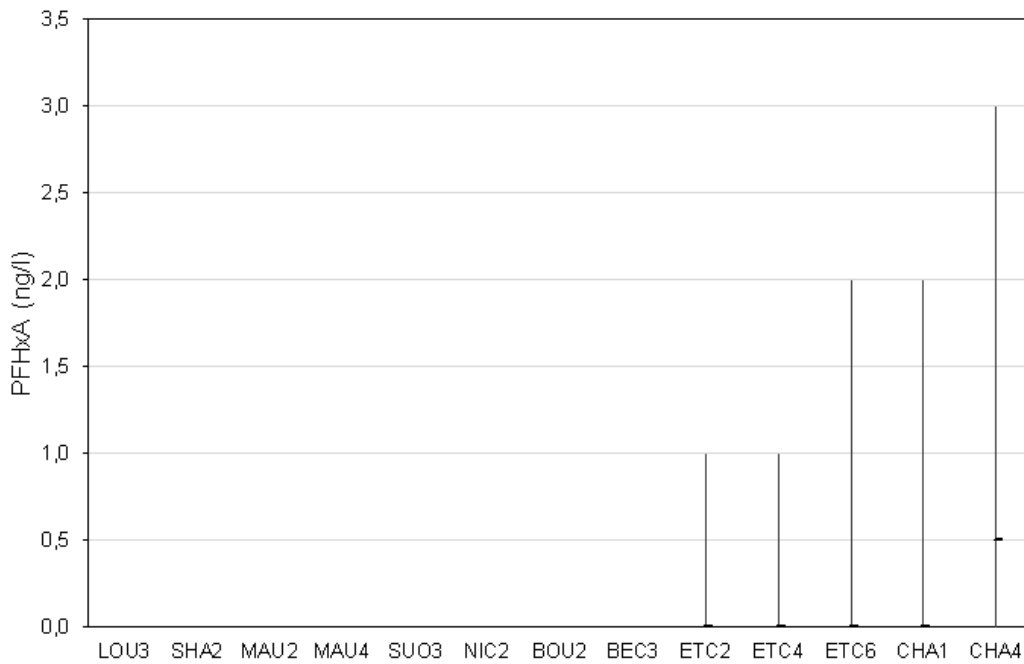
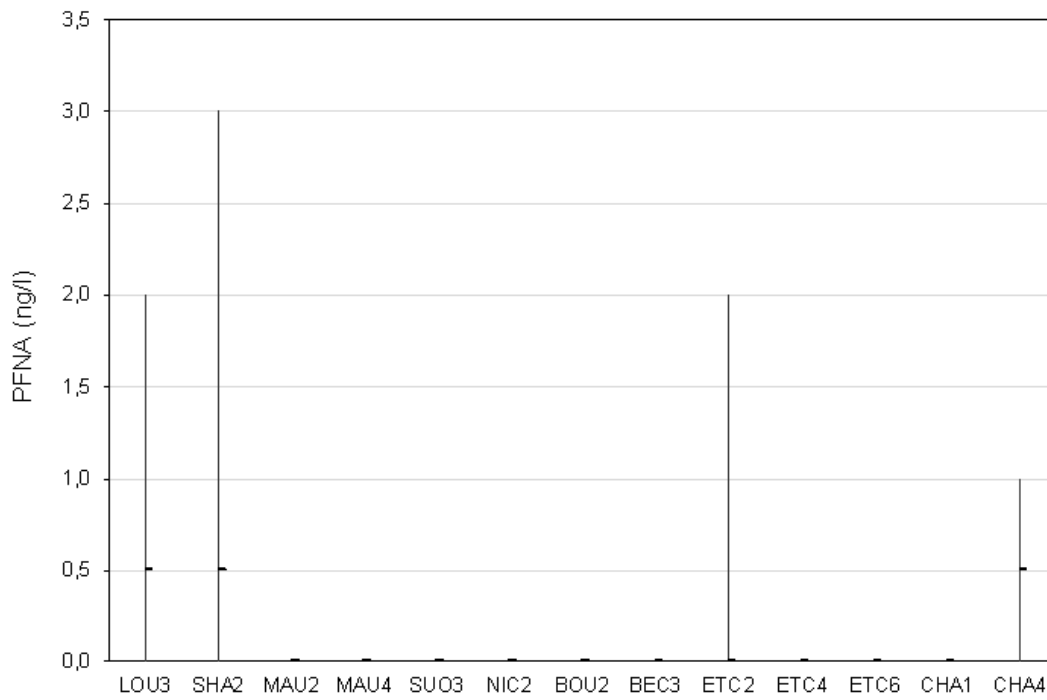
Le PFHxA ne faisait pas partie des 13 composés perfluorés analysés lors des échantillonnages de 2013 dans des cours d'eau de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Il n'a été détecté que dans quelques échantillons de 2015, à une concentration maximale de 3 ng/l (figure 7). Les études mentionnées précédemment ne comprennent pas de mesures de PFHxA auxquelles celles de 2015 peuvent être comparées.

Le PFUdA et le 6:2 FTS n'ont été détectés qu'une fois chacun, en traces, dans des échantillons provenant de la rivière Saint-Charles. Le premier a titré à 2 ng/l dans l'échantillon de juillet prélevé à la station CHA2, le second, à 3 ng/l dans l'échantillon d'août à la station CHA1. Avec des fréquences de détection et des concentrations aussi faibles, on ne peut réellement donner de signification environnementale à ces résultats.





**Figure 6. Acide perfluorooctanoïque (PFOA) et sulfonate de perfluorooctane (PFOS) : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**



**Figure 7. Acides perfluorononanoïque (PFNA) et perfluoro-n-hexanoïque (PFHxA) : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

Les résultats pour le PFDA ont été rejetés, car les détections de ce produit résultent à l'évidence d'une contamination des échantillons. En effet, ce produit n'a été détecté que dans des échantillons prélevés en juillet et août 2015, y compris dans le blanc de terrain de la tournée d'août (10 ng/l). Dans tous les autres échantillons, soit tous ceux de 2013 et ceux de juin et septembre 2015, les concentrations de PFDA sont inférieures à la limite de détection de 2 ng/l. D'ailleurs, ce produit n'a pas été détecté lors des études réalisées précédemment par le Ministère dans des cours d'eau du Québec (Berryman et coll., 2012a; MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b), sauf dans la première où, là aussi, les résultats positifs étaient le résultat d'une contamination par les procédures d'échantillonnage ou d'analyse en laboratoire.

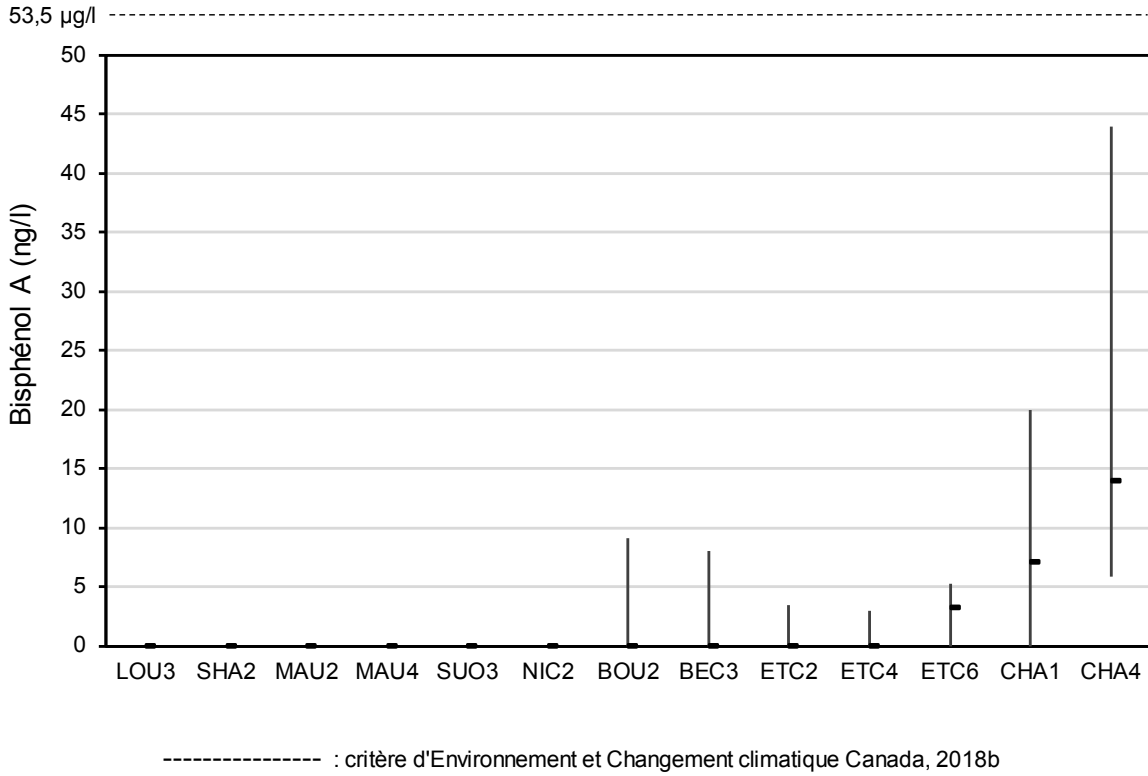
Pris dans leur ensemble, les résultats de la présente étude ne démontrent pas l'existence d'une source importante de composés perfluorés dans les cours d'eau échantillonnés.

#### 2.1.4. Bisphénol A

Le bisphénol A est utilisé principalement pour la production de plastiques rigides de type polycarbonate et de résines époxydes. Ces substances plastiques entrent dans la fabrication d'un grand nombre de produits : disques compacts, contenants pour les aliments et les boissons, tuyaux, boîtiers d'appareils électroniques, équipements électriques, enduits pour l'intérieur des boîtes de conserve et le béton, pièces d'automobile, etc. Cette substance est produite et utilisée en grandes quantités et a été évaluée en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999). L'évaluation a conclu que ce produit est toxique au sens de la Loi, ce qui a mené à des mesures visant à diminuer l'exposition des personnes et des écosystèmes à cette substance (Environnement Canada et Santé Canada, 2008). Une de ces mesures, entrée en vigueur le 11 mars 2010, est l'interdiction du bisphénol A dans les biberons.

Le bisphénol A a été détecté dans 33 % des échantillons de la présente étude, à des concentrations variant de moins de 2 ng/l (la limite de détection) à 44 ng/l (figure 8). Pour ce produit, cependant, les échantillons de la tournée d'échantillonnage d'août 2013 n'ont pu être analysés à cause d'un problème technique. À toutes les stations d'échantillonnage de 2013 ainsi qu'aux deux stations les plus en amont sur la rivière Etchemin, aucun ou seulement un échantillon s'est révélé positif, avec un maximum de 9,1 ng/l. À la station à l'embouchure de la rivière Etchemin et à celles dans la rivière Saint-Charles, la détection a été plus soutenue, avec trois ou quatre échantillons positifs sur quatre. La station la plus en aval dans la rivière Saint-Charles se démarque avec quatre échantillons positifs sur quatre et une médiane à 14 ng/l et un maximum à 44 ng/l.

À l'exception de ceux obtenus près de l'embouchure de la rivière Saint-Charles (station CHA4), les résultats de la présente étude ne sont pas élevés en comparaison avec ceux obtenus par les suivis précédents, tant par la fréquence de détection que par les concentrations mesurées (MDDEP, 2011; MDDELCC, 2018b; MDDELCC, 2017c; Berryman et coll., 2014). Seulement 4 des 29 sites échantillonnés dans le cadre de ces études ont présenté des concentrations de bisphénol A plus élevées, comme celles de la station CHA4. Ces concentrations demeurent toutefois de loin inférieures à la recommandation fédérale de 53,5 µg/l (Environnement et Changement climatique Canada, 2018b).



**Figure 8. Bisphénol A : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

### 2.1.5. Nonylphénols éthoxylés

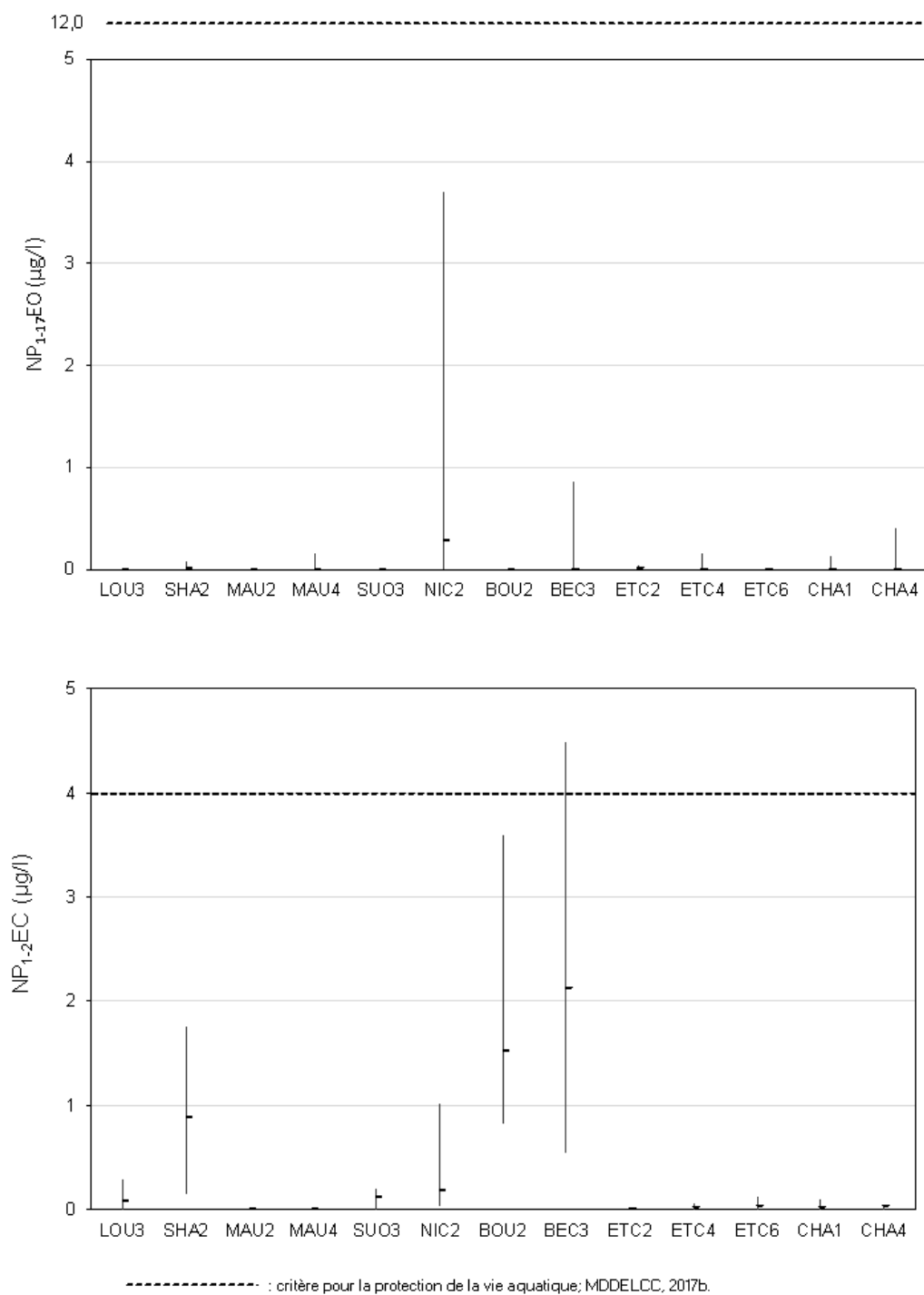
Les nonylphénols éthoxylés (NPEO) sont utilisés surtout comme détergents, dans des formulations industrielles, domestiques et institutionnelles. Ces produits ont d'autres usages, dont la fabrication de pesticides et de mousses extinctrices. À cause de leur toxicité et de leurs effets endocriniens, ils ont fait l'objet de restrictions d'usage par le gouvernement fédéral au cours de la première décennie des années 2000 (Environnement Canada, 2004a). Il en a résulté une forte réduction de leur utilisation, notamment dans les secteurs des produits de nettoyage et des textiles, ainsi qu'une diminution de leurs concentrations dans les cours d'eau du Québec (Berryman et coll., 2012b; Gauthier et coll., 2013). Les nonylphénols carboxylés (NPEC) sont des produits intermédiaires de la dégradation des nonylphénols éthoxylés.

Le blanc de la tournée de juin 2015 présentait une légère contamination des nonylphénols di- et tri-éthoxylés (NP<sub>2</sub>EO et NP<sub>3</sub>EO), de 0,03 et 0,04 µg/l respectivement. Étant donné que tous les résultats de cette tournée d'échantillonnage étaient positifs pour ces deux composés, ces valeurs ont été soustraites des résultats obtenus pour ces composés en juin à toutes les stations d'échantillonnage. Le blanc de la tournée de juillet 2013 présentait une légère contamination en NP<sub>3</sub>EO (0,5 µg/l), NP<sub>6</sub>EO (0,05 µg/l) et NP<sub>7</sub>EO (0,06 µg/l). Contrairement au cas précédent, ces valeurs n'ont pas été soustraites des concentrations obtenues dans les échantillons d'eau de rivière de cette tournée d'échantillonnage, car la grande majorité des résultats de cette tournée étaient sous la limite de détection.

La figure 9 illustre les résultats obtenus pour la somme des nonylphénols éthoxylés comprenant de 1 à 17 groupes éthoxylates (NP<sub>1-17</sub>EO) et pour la somme des nonylphénols carboxylés comprenant un ou deux éthoxylates (NP<sub>1-2</sub>EC). Tous les résultats pour les NP<sub>1-17</sub>EO sont inférieurs aux critères de qualité de l'eau de surface de 12 µg/l du Ministère, mais un des quatre échantillons prélevés dans la rivière Bécancour dépasse le critère de 4 µg/l pour les NPEC.

La figure 9 montre des concentrations plus élevées aux stations des rivières Shawinigan (SHA2), Nicolet (NIC2), Bourbon (BOU2) et Bécancour (BEC3) qu'aux autres sites échantillonnés. L'échantillon prélevé en juin 2013 dans la rivière Bourbon a aussi révélé la présence, en traces, de nonylphénol, un autre produit de dégradation des NPEO, ainsi que d'octylphénol, un produit souvent présent en petites quantités dans les mélanges commerciaux de surfactants à base de NPEO. Le nonylphénol a également été détecté dans les échantillons de juillet et d'août 2015 à la station située près de l'embouchure de la rivière Saint-Charles (CHA2).

La figure 9 montre des concentrations un peu plus élevées de NPEC que de NPEO. Par exemple, trois stations ont des médianes de 0,99 à 2,1 µg/l en NPEC, alors que la médiane la plus élevée en NPEO est de 0,28 µg/l. Une prépondérance des formes carboxylées avait aussi été observée durant les mois d'été, dans le cadre de suivis réalisés par le passé sur des cycles annuels complets (Berryman et coll., 2003; Berryman, 2005). Ces suivis avaient également démontré que les concentrations de nonylphénols éthoxylés et de leurs dérivés carboxylés dans les cours d'eau sont généralement beaucoup plus élevées durant l'hiver que durant l'été, et que les dépassements de critères pour ces substances avaient surtout lieu durant les mois d'hiver. Cela résulte de la dégradation plus lente et moins complète de ces substances dans les stations de traitement des eaux usées en conditions froides (Mann et Reid, 1971; Stiff et coll., 1973; White et coll., 1994; Environnement Canada et Santé Canada, 2001; Berryman, 2005). Compte tenu de ces faits et des résultats de la figure 9, il apparaît possible que les concentrations de NPEO et de NPEC dépassent les critères de qualité de l'eau de surface aux sites d'échantillonnage des rivières Shawinigan, Nicolet, Bourbon et Bécancour durant les mois d'hiver. Seul un échantillonnage en période hivernale permettrait de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse. Les valeurs obtenues dans ces cours d'eau en été 2013 sont d'ailleurs plus élevées que celles obtenues dans des rivières des régions des Laurentides et de Lanaudière en été 2012 (MDDELCC, 2018b).



**Figure 9. Nonylphénols éthoxylés totaux (NP<sub>1-17</sub>EO) et nonylphénols carboxylés (NP<sub>1-2</sub>EC) : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

### 2.1.6. Métaux dissous

Pour plusieurs métaux, les blancs de terrain ont présenté une certaine contamination. Dans le cas de l'antimoine, de l'argent, du cobalt, du plomb, de l'uranium et du zinc, seulement un des huit blancs de terrain a présenté une valeur au-dessus de la limite de détection. Dans le cas de l'aluminium, du bore, du cuivre, du fer, du manganèse, du molybdène et du strontium, quatre à sept blancs sur huit se sont avérés positifs, avec des concentrations médianes de 0,1 à 11 % de celles des échantillons. La concentration obtenue dans le blanc d'une tournée d'échantillonnage a été soustraite de celles mesurées dans les échantillons de la même tournée. Dans deux cas seulement, soit pour l'antimoine lors de la tournée d'août 2015 et le cuivre lors de la tournée de juin 2015, la contamination du blanc était d'un niveau similaire à celui des échantillons d'eau de rivière, ou s'en approchant. Les résultats pour ces métaux lors de ces tournées d'échantillonnage ont donc été rejetés.

La toxicité des métaux varie en fonction de plusieurs caractéristiques géochimiques (pH, demande chimique en oxygène [DCO], dureté, etc.) des plans d'eau. À l'heure actuelle, tous ces éléments ne sont pas encore pris en compte, mais pour plusieurs métaux, les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique varient en fonction de la dureté de l'eau. Plus la dureté est élevée, plus les critères sont élevés, car le calcium et le magnésium, qui constituent les éléments principaux de la dureté, confèrent aux organismes une certaine protection contre la toxicité des métaux. Le carbone organique dissous peut diminuer la toxicité du cuivre et du nickel, mais ce facteur n'a pas été pris en compte dans la présente étude.

Parmi les cours d'eau de la présente étude, c'est le Saint-Maurice qui a la dureté la plus faible, soit environ 10 mg/l  $\text{CaCO}_3$  selon les données du Réseau-rivières du Québec (MDDELCC, 2018a). Cette dureté est aussi la plus basse pouvant être utilisée pour calculer des critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux (MDDELCC, 2017b). Pour simplifier les

graphiques de présentation des résultats, seul le critère minimum, basé sur cette dureté minimum, est présenté lorsque toutes les concentrations mesurées sont inférieures à ce critère. C'est le cas, par exemple, du cadmium et du chrome (figure 14).

Pour les stations où certaines des concentrations mesurées dépassent ce critère minimum, des critères propres au cours d'eau en cause ont été calculés et portés dans les graphiques des résultats, comme dans le cas du cuivre (figure 15). Ces critères sont basés sur la dureté des cours d'eau en cause, toujours selon des données provenant du Réseau-rivières du Québec (MDDELCC, 2018a). Les duretés retenues pour ces cas, en milligramme par litre (mg/l) de  $\text{CaCO}_3$ , sont de 15 pour les deux stations amont de la rivière Etchemin, 50 pour la station à l'embouchure de celle-ci, 70 pour les rivières Bourbon, Nicolet et Nicolet Sud-Ouest, 100 pour la rivière Saint-Charles et 155 pour la rivière Bécancour.

Le tableau 5 présente la liste des métaux analysés et les résultats de la comparaison des concentrations mesurées aux critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique en exposition chronique (CVAC). Pour les huit premiers métaux du tableau 5, des critères de qualité sont disponibles pour la fraction dissoute des métaux, qui est celle analysée dans la présente étude. Dans ces cas, la comparaison des résultats obtenus aux critères de qualité est simple et directe.

Dans le cas des autres métaux listés dans le tableau 5, les critères de qualité visent les métaux extractibles totaux et il n'y a pas de critère disponible pour la forme dissoute. Pour ces métaux, la concentration maximale mesurée de la forme dissoute (troisième colonne du tableau 5) a été multipliée par un ratio extractible/dissous propre à chaque métal (quatrième colonne), pour donner une estimation de la concentration extractible totale (cinquième colonne). C'est cette concentration estimée en extractible total qui est ensuite comparée au critère de qualité.

**Tableau 5. Dépassements des critères de qualité de l'eau de surface pour les métaux**

Métal	CVAC <sup>1</sup> µg/l	Valeur maximale mesurée en dissous (µg/l)	Ratio extractible/dissous maximum <sup>2</sup>	Estimation valeur maximale en extractible (µg/l)	Nombre de dépassements du CVAC (N/51)
<b>Critères pour les métaux dissous</b>					
Cadmium	0,05 <sup>3</sup>	0,014	NSP	NSP	0
Chrome III	11,2 <sup>3</sup>	2,0 <sup>5</sup>	NSP	NSP	0
Chrome VI	10,6	2,0 <sup>5</sup>	NSP	NSP	0
Cuivre <sup>4</sup>	1,25 à 13,1 <sup>4</sup>	4,8	NSP	NSP	1
Nickel <sup>4</sup>	6,98 à 76 <sup>4</sup>	14	NSP	NSP	0
Plomb <sup>4</sup>	0,17 à 4,1 <sup>4</sup>	0,18	NSP	NSP	0
Sélénium	4,61	< 0,2	NSP	NSP	0
Zinc	17 <sup>3</sup>	4,4	NSP	NSP	0
<b>Critères pour les métaux extractibles totaux</b>					
Aluminium	NSP <sup>6</sup>	120	NSP	NSP	NSP
Antimoine	240	0,22	1,32	0,29	0
Argent	0,1	0,003	8,00	0,02	0
Arsenic	150	1,3	10,60	14	0
Baryum <sup>4</sup>	38 à 698 <sup>4</sup>	62	1,36	84	0
Béryllium	0,14 <sup>3</sup>	0,012	5,00	0,06	0
Bore	5000	47	1,27	60	0
Cobalt	100	0,27	2,92	0,79	0
Fer	1300	520	5,0	1300 <sup>8</sup>	0
Manganèse	260 à 1930 <sup>4</sup>	150	2,38	357	0
Molybdène	3200	1,4	1,00	1,4	0
Strontium	21000	530	1,41	750	0
Uranium	14 <sup>7</sup>	0,44	1,49	0,66	0
Vanadium	12	0,72	9,43	6,8	0

1 Source : MDDEFP, 2017b. CVAC : critère pour la protection de la vie aquatiques en exposition chronique

2 Source : MDDELCC, 2018a.

3 Critère basé sur une dureté minimale de 10 mg/l CaCO<sub>3</sub>

4 Critère variable selon la dureté propre au cours d'eau.

5 Concentration en chrome total

6 Le CVAC pour l'aluminium ne s'applique qu'aux eaux ayant une dureté inférieure à 10 mg/l CaCO<sub>3</sub> et un pH d'environ 6,5.

7 Critère basé sur une dureté minimale de 20 mg/l CaCO<sub>3</sub>

8 Concentration multipliée par le facteur de correction de 0,5 conformément à MDDELCC, 2018a



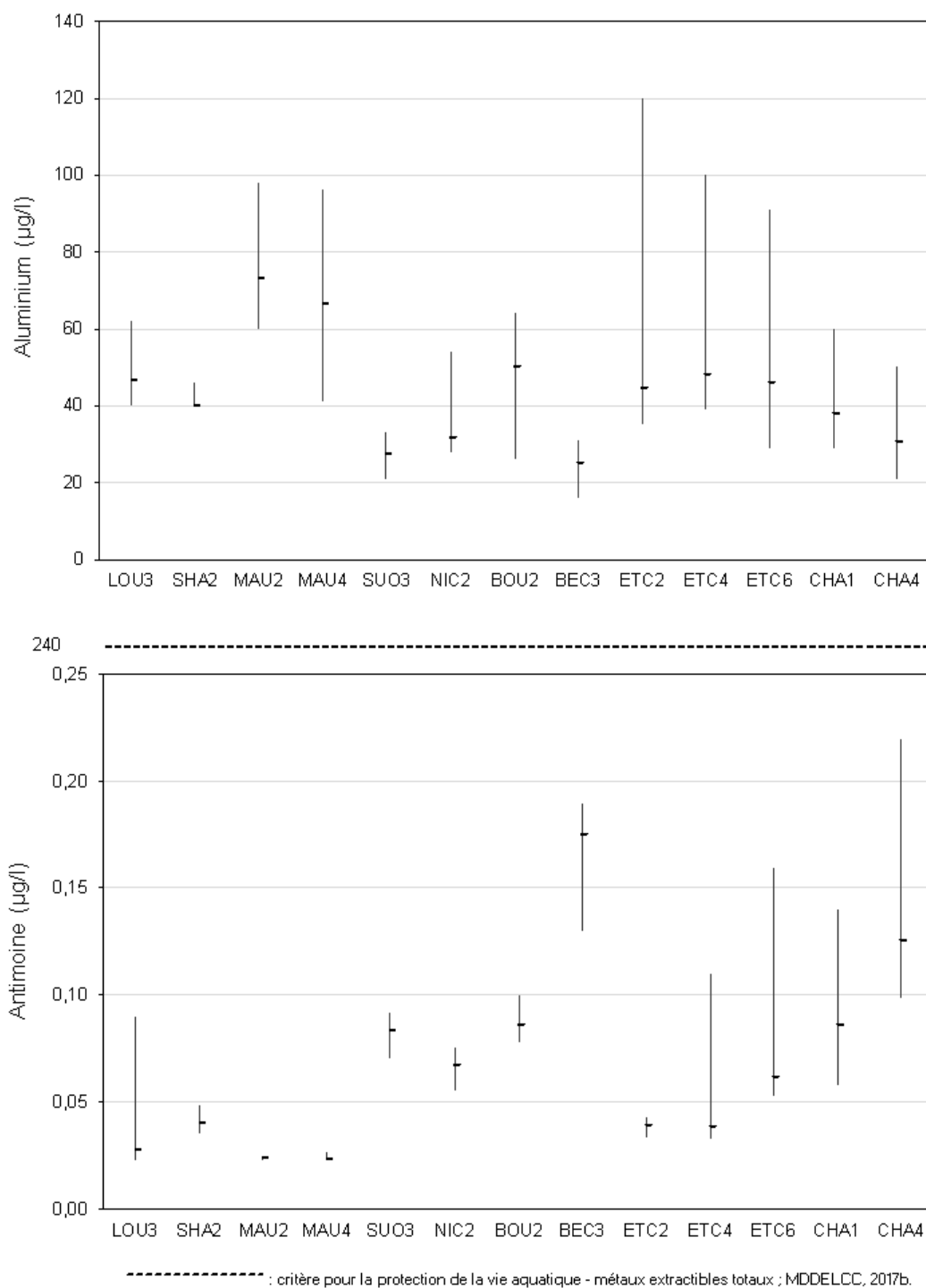
Les ratios extractibles/dissous du tableau 5 proviennent de données du Réseau-rivières du Québec, plus précisément les résultats d'analyse d'échantillons d'eau analysés pour les deux formes de métaux, provenant de neuf stations d'échantillonnage situées dans les rivières du Loup, Etchemin, Bécancour, Nicolet, Nicolet Sud-Ouest, Saint-Maurice et Saint-Charles, ainsi que les rivières Lorette et du Berger, des tributaires de la rivière Saint-Charles (MDDELCC, 2018a). À sept de ces stations, le ratio retenu est le maximum de quatre échantillons prélevés en 2008 ou de six échantillons prélevés en 2009, tandis qu'aux deux autres stations, c'est le maximum de plus de 40 échantillons, prélevés entre 2008 et 2016. Pour un même métal, c'est le ratio maximum des neuf stations qui a été retenu dans le tableau 5. Ainsi, les estimations en métal extractible (cinquième colonne du tableau 5) sont des maximums et même alors, il n'y a aucun dépassement des critères.

Comme le montre le tableau 5, il n'y a que pour le cuivre qu'il y a eu des dépassements du critère pour la protection de la vie aquatique. Les 3,2 µg/l de la forme dissoute dans l'échantillon d'août à la station amont de la rivière Etchemin (ETC2) dépassent le critère de qualité de l'eau de surface pour ce métal, qui est de 1,7 µg/l pour cette partie du cours d'eau. Il n'y a sans doute pas de répercussions à appréhender de ce dépassement de critère, car l'amplitude (1,9) et la fréquence (25 %) de dépassement sont relativement peu élevées. De plus, une partie du cuivre peut se lier à la matière organique dissoute et ainsi ne pas être active sur le plan de la toxicité. Cet effet peut être pris en compte par le modèle du ligand biotique (USEPA, 1998; MDDELCC, 2017b), mais les données requises pour appliquer ce modèle ne sont pas toutes disponibles dans la présente étude.

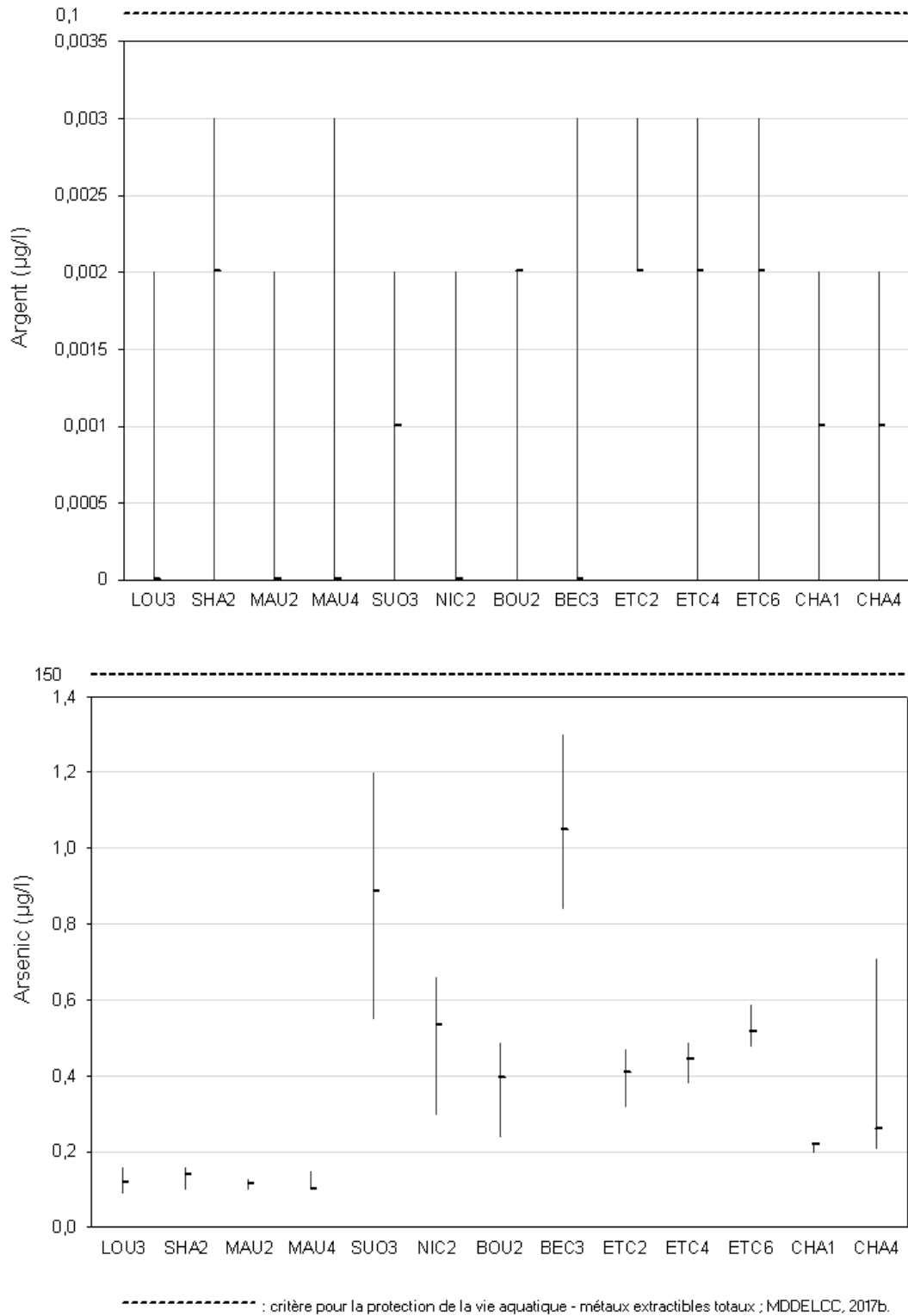
Les figures 10 à 19 illustrent les concentrations de métaux mesurées aux sites d'échantillonnage, sauf pour le sélénium, pour lequel tous les résultats d'analyse sont sous la

limite de détection de la méthode d'analyse de 0,2 µg/l. Les graphiques montrent que les concentrations sont faibles, inférieures aux critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique, à l'exception d'un résultat pour le cuivre mentionné plus haut. Certaines observations peuvent être tirées de l'examen des graphiques :

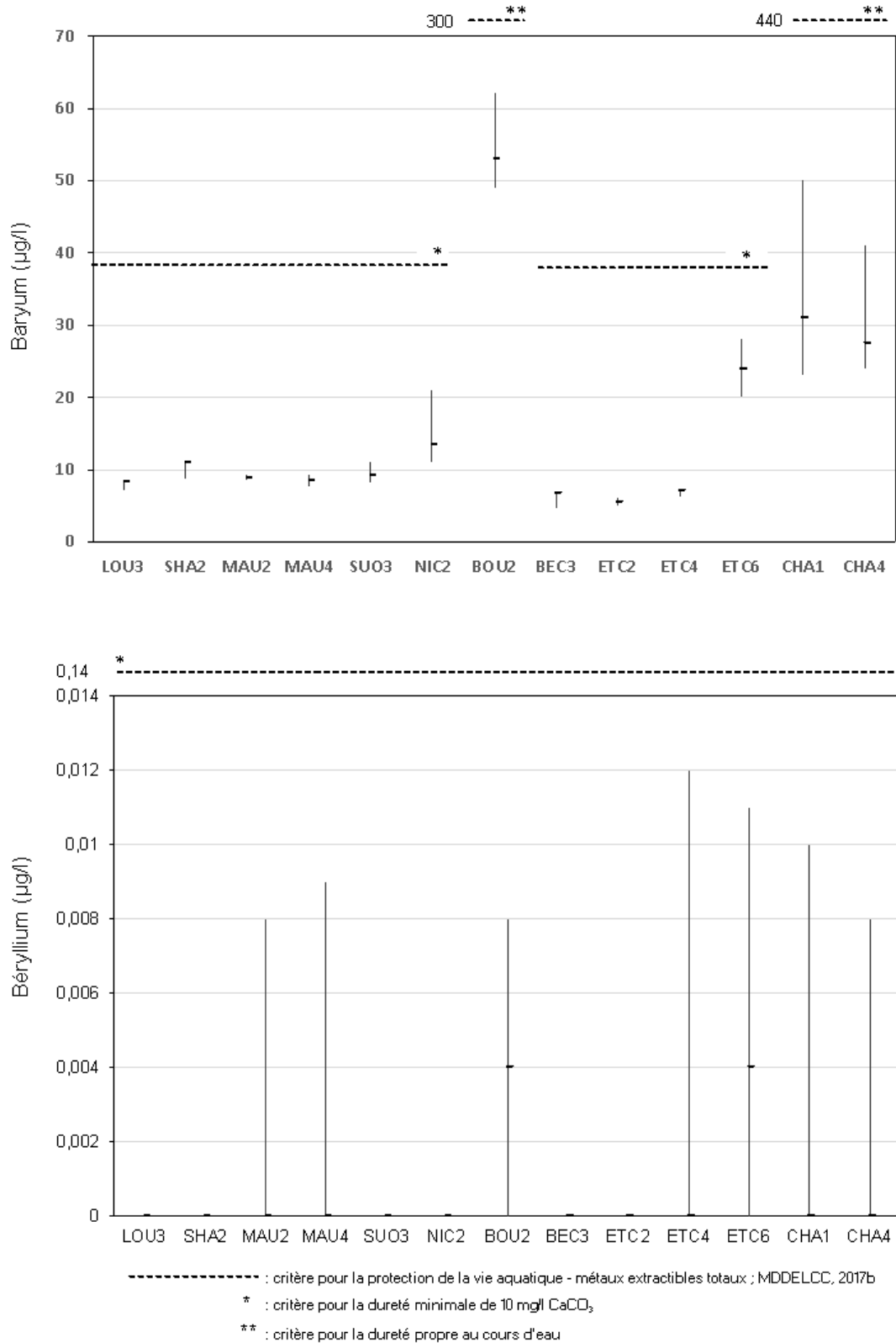
- La station de la rivière Bécancour (BEC3) affiche des concentrations plus élevées que tous ou presque tous les autres sites d'échantillonnage pour l'antimoine, l'arsenic, le bore, le chrome, le cobalt, le nickel et le molybdène. Dans le cas du chrome et surtout du nickel, les concentrations mesurées à la station BEC3 dépassent aussi les valeurs obtenues ailleurs dans des cours d'eau du Québec méridional (MDDELCC, 2017c; 2018b; Duchemin et Hébert, 2014). Ces concentrations de métaux plus élevées découlent vraisemblablement de la présence de parcs à résidus miniers dans le bassin versant en amont de la station, dans le secteur de Thetford Mines.
- La station de la rivière Bourbon (BOU2) présente des valeurs relativement élevées pour le baryum, le cobalt, le manganèse, le strontium et l'uranium. Des concentrations similaires ont été obtenues dans d'autres cours d'eau dont le bassin versant est localisé entièrement ou principalement dans les basses terres du Saint-Laurent (MDDELCC, 2017c; 2018b; Duchemin et Hébert, 2014).
- À l'inverse, les stations drainant principalement les eaux peu minéralisées du Bouclier canadien, dans les rivières du Loup, Shawinigan et Saint-Maurice (LOU1, SHA2, MAU2 et MAU4), ont des concentrations basses pour plusieurs métaux, soient l'antimoine, l'arsenic, le cobalt, le cadmium, le cuivre, le nickel, le molybdène, le strontium et l'uranium.



**Figure 10. Aluminium et antimoine dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**



**Figure 11. Argent et arsenic dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**



**Figure 12. Baryum et béryllium dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

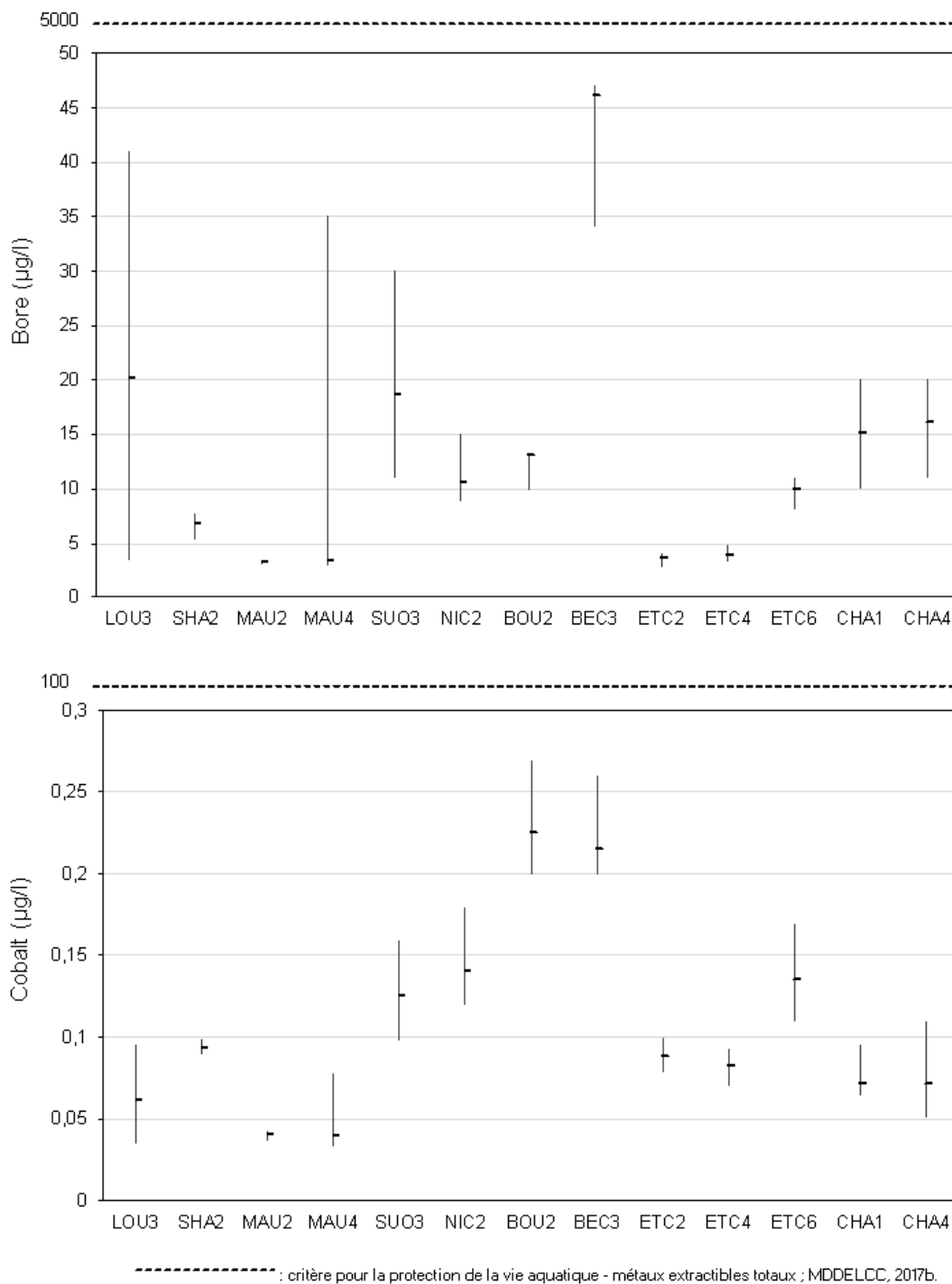
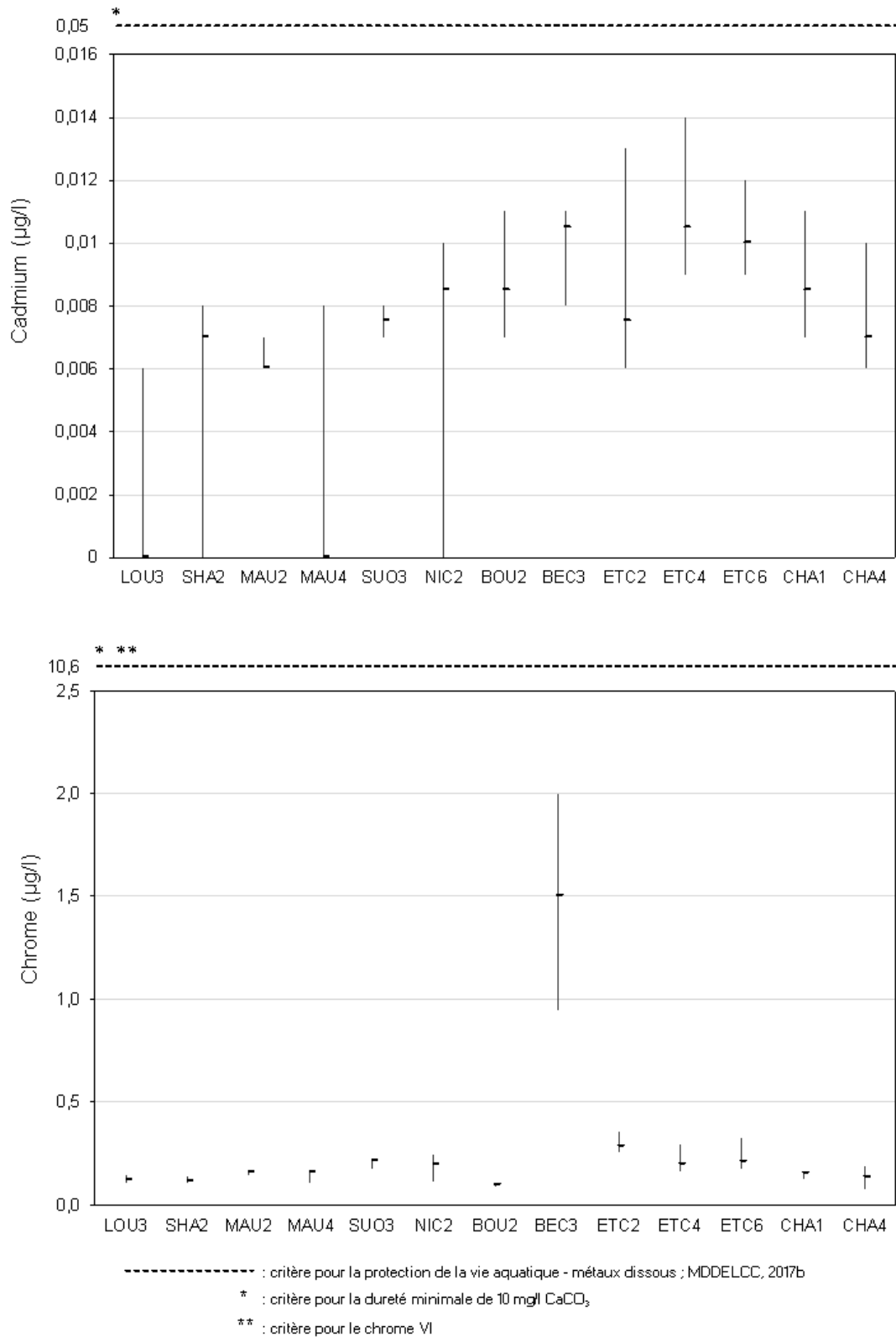


Figure 13. Bore et cobalt dissous: concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage



**Figure 14. Cadmium et chrome dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

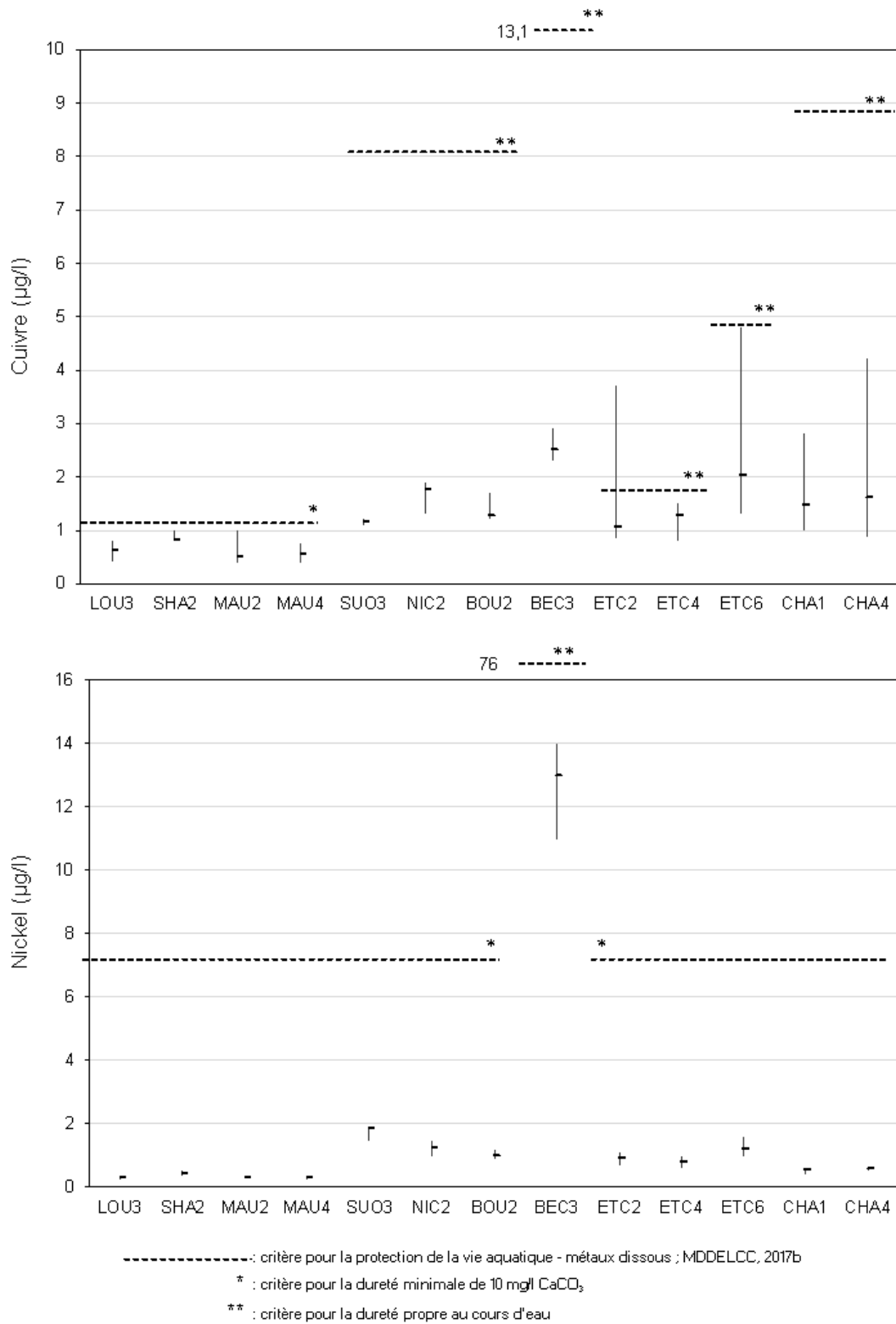


Figure 15. Cuivre et nickel dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage

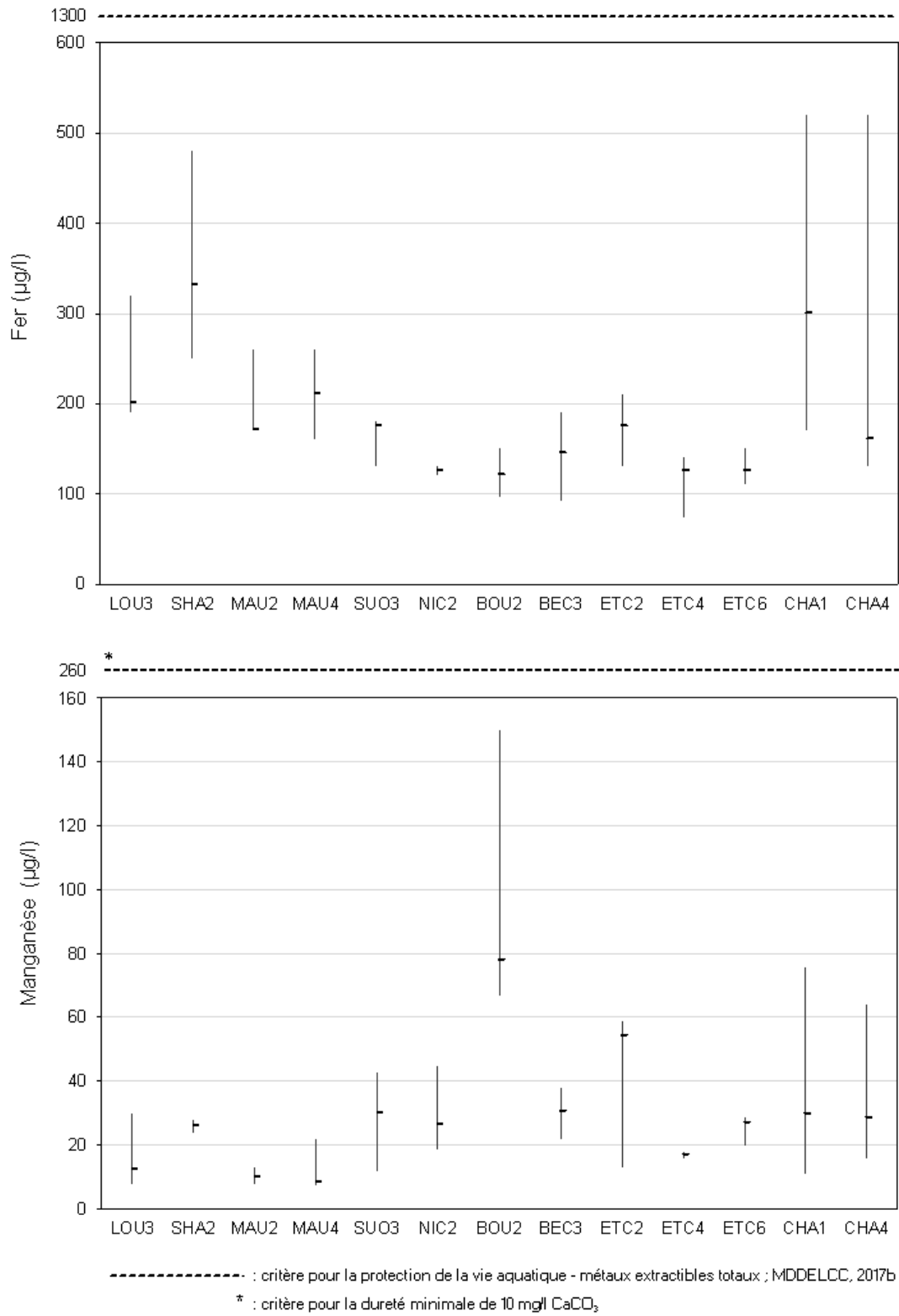


Figure 16. Fer et manganèse dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage



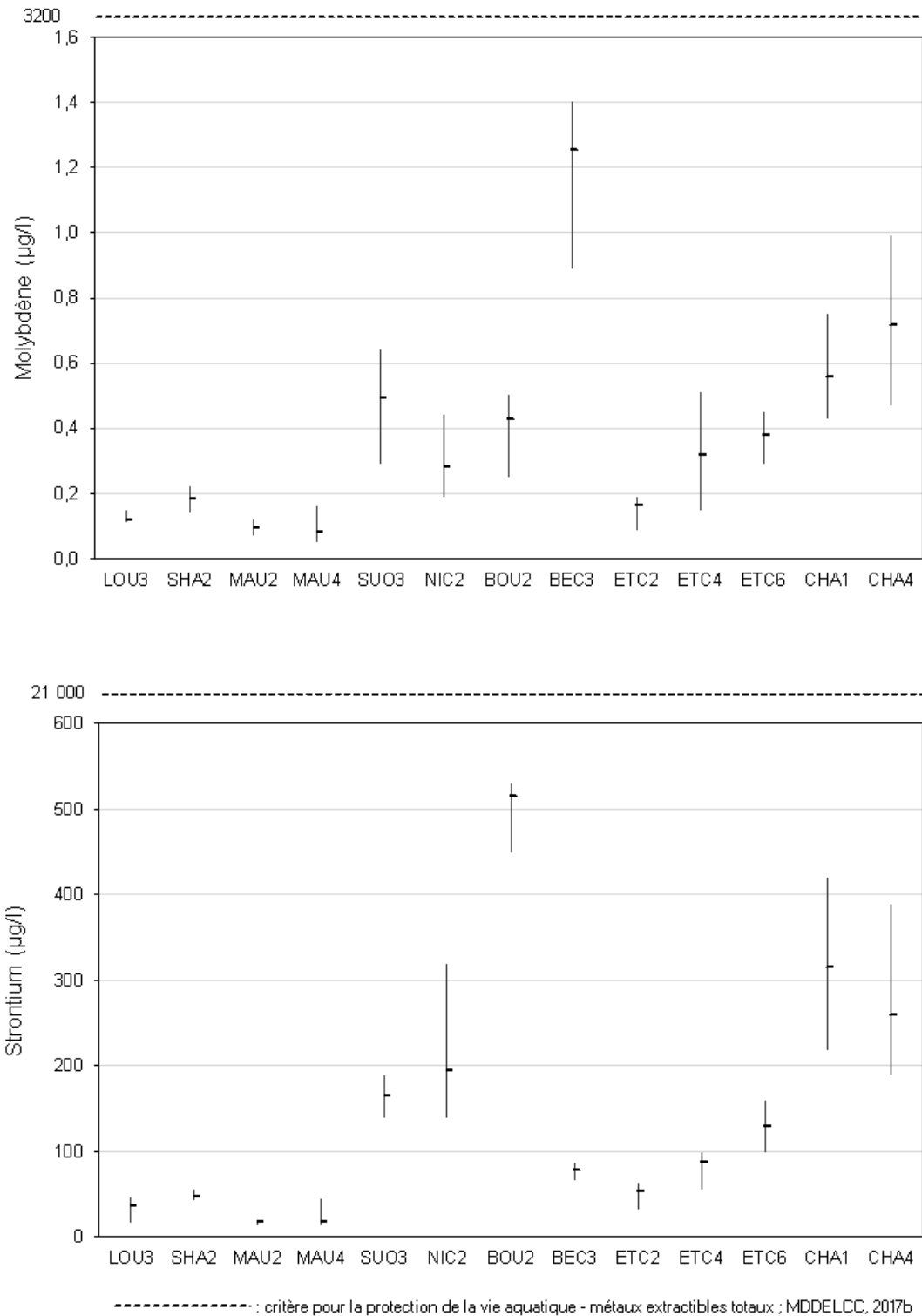


Figure 17. Molybdène et strontium dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage

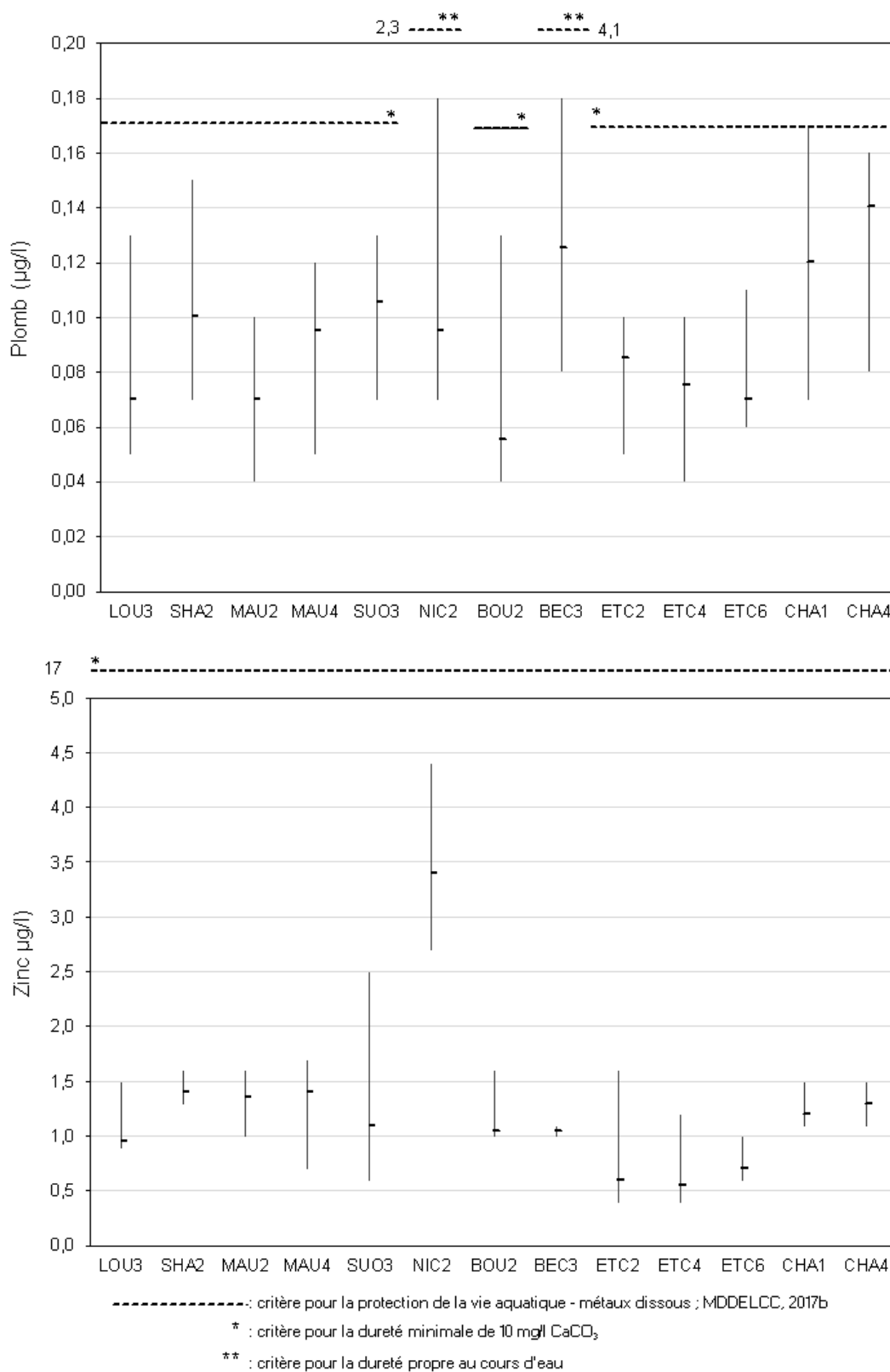
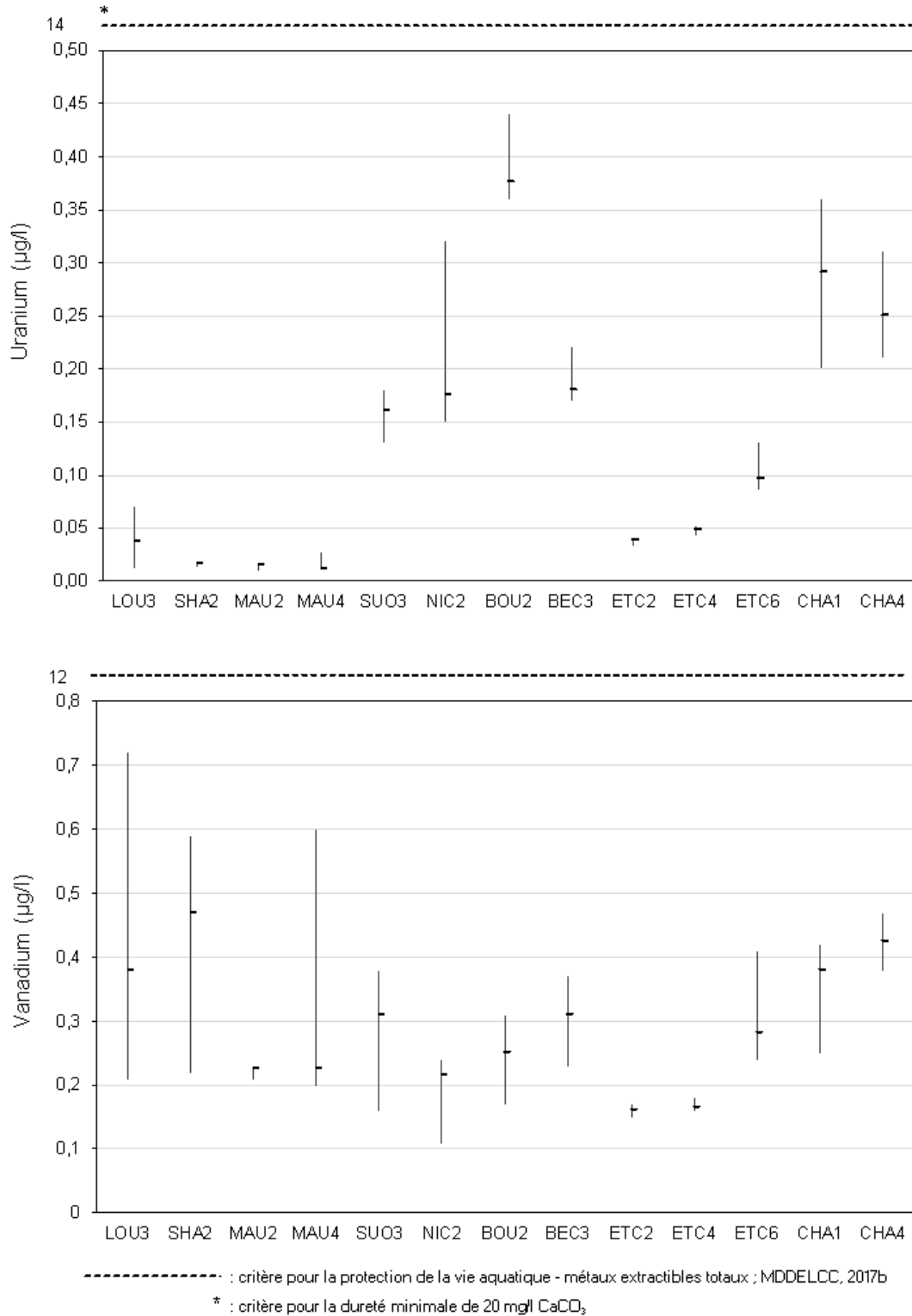


Figure 18. Plomb et zinc dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage



**Figure 19. Uranium et vanadium dissous : concentrations maximum, minimum et médiane à chaque site d'échantillonnage**

## 2.1.7. Toxicité pour les algues unicellulaires

Le tableau 6 présente les résultats du test de toxicité chronique avec l'algue unicellulaire *P. subcapitata*. En 2013, aucune toxicité n'a été trouvée dans les échantillons des rivières Shawinigan, Nicolet Sud-Ouest, Nicolet, Bourbon et Bécancour. À l'inverse, sept des huit échantillons prélevés dans le Saint-Maurice (stations MAU2 et MAU4) ont présenté de la toxicité. Cette différence est sans doute en

partie attribuable au fait que l'eau du Saint-Maurice provient essentiellement du Bouclier canadien et qu'elle est pour cette raison moins dure et moins riche en nutriments. La dureté, c'est-à-dire la présence de calcium et de magnésium dans l'eau, confère une certaine protection aux algues contre la toxicité des autres métaux. Comme mentionné précédemment, l'eau du Saint-Maurice a une faible dureté, de l'ordre de 10 mg/l CaCO<sub>3</sub>, tandis que la dureté des autres cours d'eau échantillonnés s'échelonne entre environ 15 et 155 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

Tableau 6. Résultats du test de toxicité chronique avec algues en unités toxiques de la Cl<sub>25</sub>

Station	2013				2015			
	Juin	Juillet	Août	Novembre	Juin	Juillet	Août	Septembre
LOU1	< 1	> 1 NC	< 1	< 1				
SHA2	< 1	≈ 1	< 1	< 1				
MAU2	> 1 NC	3,8	< 1	> 1 NC				
MAU4	> 1 NC	2,3	> 1 NC	> 1 NC				
SUO3	< 1	< 1	< 1	< 1				
NIC2	< 1	< 1	< 1	< 1				
BOU2	< 1	< 1	< 1	< 1				
BEC3	< 1	< 1	< 1	< 1				
ETC2					≈ 1	1,3	< 1	< 1
ETC4					< 1	1,3	< 1	< 1
ETC6					≈ 1	1,3	< 1	< 1
CHA1					< 1	1,3	< 1	< 1
CHA4					< 1	1,4	< 1	< 1

< 1 : stimulation

≈ 1 : sans effet

> 1 NC : inhibition, mais Cl<sub>25</sub> non calculable

Pour leur part, les nutriments présents dans l'eau peuvent stimuler la croissance des algues et contrebalancer les éventuels effets toxiques d'autres substances. Les concentrations médianes de phosphore des échantillons prélevés dans le Saint-Maurice aux stations MAU2 et MAU4 sont respectivement de 8,6 et 10,6 µg/l, alors qu'aux autres sites d'échantillonnage, elles s'échelonnent entre 13,5 et 73,8 µg/l.

La faible dureté et les basses concentrations de phosphore dans le Saint-Maurice n'expliquent sans doute pas entièrement la toxicité pour les algues qui y est observée. En effet, la rivière Etchemin présente elle aussi une dureté (environ 15 mg/l CaCO<sub>3</sub>) et des concentrations de phosphore (médiane de 13,5 µg/l) assez basses, sans pour autant présenter de toxicité pour l'algue.

Les résultats de 2015, dans les rivières Etchemin et Saint-Charles, montrent une faible toxicité (1,3 à 1,4 unité toxique) à toutes les stations d'échantillonnage, lors de la tournée de juillet, mais aucune toxicité lors des trois autres tournées (tableau 6). De tels résultats sont très peu plausibles et fort probablement indicateurs d'un problème méthodologique lors de la tournée de juillet, au moment de l'échantillonnage sur le terrain ou pendant les essais en laboratoire.

Dans l'étude similaire à la présente réalisée dans des cours d'eau des régions des Laurentides et de Lanaudière, très peu de toxicité pour les algues avait été observée (MDDELCC, 2018b). Dans celle portant sur des cours d'eau de l'Estrie et de la Montérégie, de la toxicité, généralement assez faible, avait été détectée dans 36 % des échantillons (MDDELCC, 2017c).

## 2.1.8. Potentiel œstrogénique de l'eau

Les résultats de l'essai YES, disponibles pour les échantillons de 2015 seulement, sont présentés au tableau 7. De l'estrogénicité a été détectée dans tous les échantillons de la tournée du mois d'août, mais également dans le blanc de cette tournée d'échantillonnage. Pour cette raison, les résultats de ce mois ne peuvent être considérés comme étant valides. Les détections restantes sont occasionnelles et il est difficile de leur accorder une véritable signification sur le plan environnemental.

Tableau 7. Potentiel œstrogénique de l'eau en équivalents de l'estradiol (essai YES)

Station	2015			
	Juin	Juillet	Août	Septembre
Blanc	ND	ND	4,1	ND
ETC2	ND	ND	4,6	3,5
ETC4	ND	ND	4,1	ND
ETC6	ND	ND	3,8	3,3
CHA1	ND	ND	3,5	ND
CHA4	ND	5,2	3,5	3,8

ND : non détecté

## 2.2. Contaminants mesurés dans le poisson

### 2.2.1. Espèce et taille des poissons analysés

Les espèces et les classes de taille des poissons récoltés n'étaient pas les mêmes à toutes les stations d'échantillonnage, pour les raisons détaillées dans la section sur la méthodologie. Ces différences d'espèces et de

classes de taille peuvent causer des écarts dans les concentrations mesurées aux différentes stations d'échantillonnage et il est important d'en tenir compte dans l'interprétation des résultats.

Le tableau 8 présente, pour chacune des stations, l'espèce et la classe de taille soumises à l'analyse, le nombre de poissons dans l'homogénéat analysé et le pourcentage de gras de ce dernier. Plus d'une espèce de poisson a été analysée aux stations SHA2, SUO2, ETC1 et CHA3. À l'inverse, un problème technique a fait qu'aucun spécimen de la station BEC2 n'a été conservé et analysé.

**Tableau 8. Espèce et classe de taille des poissons analysés en fonction de la station d'échantillonnage**

Rivière	Site	Numéro de station	Espèce	Classe de taille <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	% de gras
du Loup	aval de Louisville	LOU2	Doré noir	Gros	5	4,05
Shawinigan	aval de Shawinigan	SHA2	Achigan à petite bouche	Petit	5	2,23
			Meunier noir	Gros	5	2,25
Saint-Maurice	aval de LaTuque	MAU1	Meunier noir	Gros	5	5,51
	Shawinigan en aval du banc de chaux	MAU2	Perchaude	Petit	2	0,40
	Trois-Rivières	MAU3	Perchaude	Petit	2	1,55
Nicolet Sud-Ouest	aval de Kingsey Falls	SUO2	Grand brochet	Moyen	1	2,76
			Méné à nageoires rouges	ND <sup>3</sup>	5	6,15
Nicolet	amont de Victoriaville	NIC1	Méné à nageoires rouges	ND <sup>3</sup>	59	4,65
	aval de Victoriaville	NIC2	Fouille-roche zébré	ND <sup>3</sup>	5	10,6
Bécancour	amont de Thetford Mines	BEC1	Mulet à cornes	ND <sup>3</sup>	5	2,71
Bourbon	aval de Plessisville	BOU2	Meunier noir	Très petits <sup>4</sup>	5	5,88
Etchemin	amont de Saint-Léon-de-Standon	ETC1	Meunier noir	Moyens	4	3,10
			Naseux noir de l'Est	ND <sup>3</sup>	7	5,30
	Sainte-Claire	ETC3	Naseux noir de l'Est	ND <sup>3</sup>	10	6,20
	Lévis (embouchure)	ETC5	Achigan à petite bouche	Très petit <sup>4</sup>	5	5,50
Saint-Charles	quartier Duberger	CHA2	Meunier noir	Très petit <sup>4</sup>	4	2,10
		CHA3	Meunier noir	Moyen	4	4,45
	centre-ville		Doré jaune	Gros	1	9,60
			Grand brochet	Petit	1	3,60

1 classes de taille des poissons selon le Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce (MDDELCC, 2018c).

2 nombre de poissons dans l'échantillon analysé.

3 classe de taille non déterminée car il s'agit d'une espèce de poisson de petite taille, qui n'est pas d'intérêt sportif.

4 taille inférieure à la taille minimale du Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce (MDDELCC, 2018c)

## 2.2.2. Biphényles polychlorés (BPC)

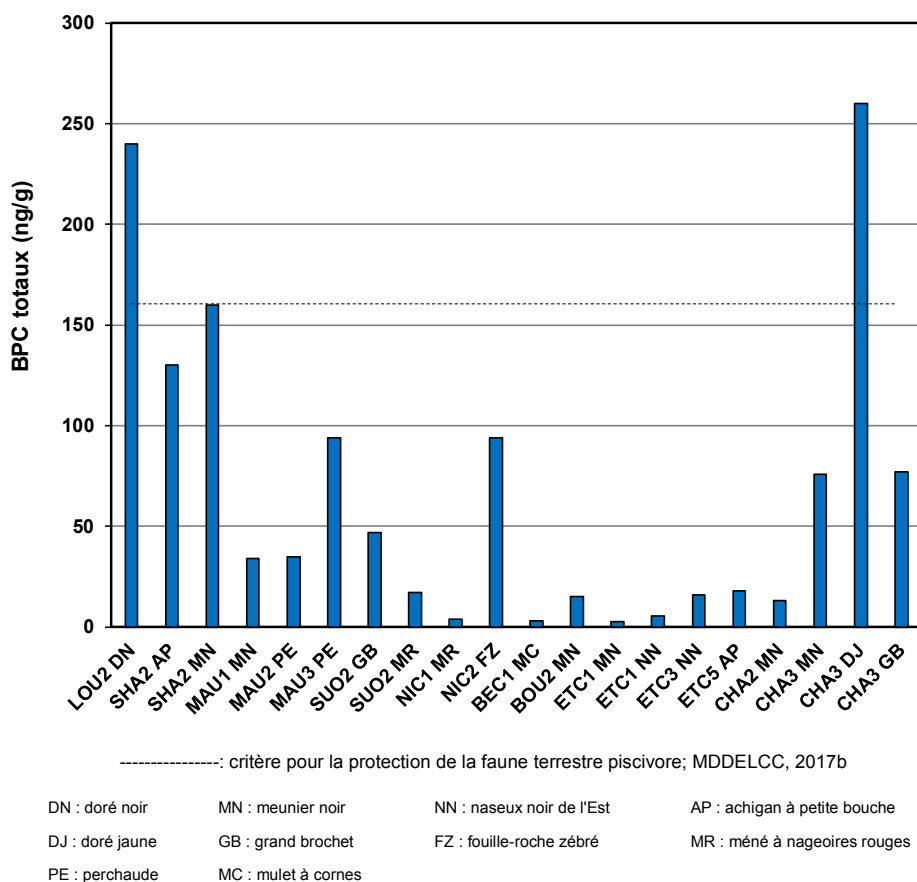
Les BPC sont des produits chimiques synthétiques, persistants dans l'environnement et bioaccumulables. Leurs concentrations dans les organismes vivants ont tendance à croître le long de la chaîne alimentaire. Ils ont été utilisés comme liquides isolants dans les transformateurs et les condensateurs électriques, comme échangeurs de chaleur et dans diverses autres applications spécialisées jusqu'à la fin des années 1970. Depuis 1977,

l'importation, la fabrication et la vente de BPC sont interdites au Canada. Lorsqu'ils atteignent leur fin de vie, les équipements contenant des BPC doivent être éliminés dans la seule installation prévue à cette fin au Canada, située en Alberta (MDDELCC, 2018c).

La figure 20 présente les teneurs en BPC totaux dans les échantillons de poissons entiers. Dans le doré noir de grande taille capturé dans la rivière du Loup (LOU2) et dans le doré jaune de grande taille pêché dans la rivière Saint-Charles (CHA3), les concentrations de BPC dépassent le critère de 160 ng/g pour la

protection des oiseaux et mammifères piscivores adopté par le Ministère (MDDELCC, 2017b). Les concentrations d'environ 250 ng/g de BPC dans ces spécimens sont similaires à celle obtenue dans un doré noir de grande taille capturé dans la rivière Ouareau (MDDELCC, 2018b). Ces concentrations relativement élevées tiennent sans doute en partie au fait que les dorés sont

des prédateurs situés dans le haut de la chaîne alimentaire et que les spécimens analysés étaient de grande taille, donc relativement âgés. Ces deux facteurs concourent à une plus grande accumulation de BPC dans les poissons. Dans le cas du doré jaune de la rivière Saint-Charles, un pourcentage de gras élevé (9,6 %) contribue aussi aux teneurs élevées en BPC.



**Figure 20. Concentrations en BPC totaux dans les poissons (somme de huit familles de congénères)**

Les 160 ng/g de BPC dans les meuniers noirs de grande taille capturés dans la rivière Shawinigan se situent au niveau du critère pour la protection de la faune terrestre piscivore (figure 6). Cette concentration est plus élevée que les 34 ng/g dans la même espèce et la même classe de taille à la station située dans le Saint-Maurice en aval de La Tuque (MAU1), que les 76 ng/g dans des meuniers de taille moyenne capturés dans la rivière Saint-Charles au centre-ville de Québec (CHA3) et, surtout,

que les 2,8 ng/g dans les meuniers de taille moyenne provenant du secteur peu habité et développé dans la partie amont de la rivière Etchemin (ETC1). Les résultats dans les meuniers noirs capturés plus haut dans la rivière Saint-Charles (CHA2) et dans la rivière Bourbon (BOU2) ne sont pas comparables aux autres, car il s'agissait de meuniers de très petite taille.

Les agglomérations urbaines de Shawinigan et de Trois-Rivières sont peut-être des sources de BPC pour le Saint-Maurice. En effet, les concentrations de BPC dans les perchaudes de petite taille capturées à Trois-Rivières (MAU3 – 94 ng/g) sont plus élevées que dans celles pêchées à Shawinigan (MAU2 – 35 ng/g).

La concentration de 94 ng/g de BPC dans les fouilles-roches zébrés de la rivière Nicolet en aval de Victoriaville (NIC2) est élevée en comparaison avec celles mesurées dans les ménés et d'autres espèces de petite taille, ainsi que dans les très petits spécimens de meuniers noirs ou d'achigans à petite bouche (stations SUO2, NIC1, BEC1, BOU2, ETC1, ETC3, ETC5 et CHA2). Le fort pourcentage de gras dans cette espèce (10,6 %; tableau 6) peut contribuer à sa teneur en BPC assez élevée. Il est en effet connu que les BPC s'accumulent dans le gras des poissons et, pour cette raison, les espèces qui présentent une plus forte teneur en gras peuvent accumuler davantage de ce contaminant. Des relevés précédents (MMDELCC, 2017c) ont d'ailleurs révélé la présence de 100 ng/g de BPC dans des fouilles-roches zébrés capturés en Estrie. Cependant, pour les autres contaminants mesurés dans le poisson et dont les résultats sont décrits dans les sections qui suivent, les résultats obtenus en aval de Victoriaville sont élevés. C'est le cas notamment pour le BPC planaire n° 77. Il est donc possible que Victoriaville soit une source de BPC pour la rivière Nicolet.

Même si elles n'apparaissent pas particulièrement élevées dans la figure 20, les concentrations de BPC dans le grand brochet et les ménés à nageoires rouges pêchés en aval de Kingsey Falls sont relativement élevées. Des concentrations plus faibles ont été obtenues dans de grands brochets provenant de la rivière des Mille Îles (MDDELCC, 2018b) et dans les ménés à nageoires rouges capturés en amont de Victoriaville (NIC1, figure 20) et dans le bassin de la rivière Yamaska (MDDELCC, 2017c).

Les concentrations de BPC sont élevées dans les poissons capturés à la station la plus en aval dans la rivière Saint-Charles (CHA3). En plus du doré jaune, dont la concentration de 260 ng/g dépasse le critère pour la faune terrestre piscivore, les meuniers noirs de taille moyenne, avec leurs 76 ng/g, dépassent la concentration obtenue dans les meuniers du haut de la rivière Etchemin (ETC1 – 2,8 ng/g) et ceux du haut du Saint-Maurice (MAU1 – 34 ng/g). Les 77 ng/g dans un

grand brochet sont aussi plus élevés que les 12 et 24 ng/g de spécimens de la même espèce capturés dans le cours inférieur de la rivière des Mille Îles (MDDELCC, 2018b).

Les BPC ont été analysés dans des meuniers noirs capturés dans le Saint-Maurice et la rivière Shawinigan en 1996 (Lapierre, 2002). La comparaison entre les valeurs de 1996 et celles de la présente n'est possible que pour les stations SHA2 et MAU1, car ce sont les seuls endroits où la même espèce (meunier noir) a été capturée les deux années. En 1996, la méthode d'analyse ne fournissait pas de résultats pour l'ensemble des BPC, et pour obtenir les BPC « totaux », on sommat les résultats obtenus pour les congénères spécifiques analysés. Avant de faire ces sommes pour les résultats de 2013, les concentrations inférieures aux limites de détection de 1996 ont été remplacées par zéro.

Le tableau 9 présente les résultats obtenus pour la somme des 43 congénères communs à l'étude de 1996 et à la présente. Dans la rivière Shawinigan, la valeur de 106 ng/g obtenue en 2013 est plus élevée que les 53 à 74 ng/g obtenus en 1996. Cette différence ne peut s'expliquer par le pourcentage de gras des poissons, qui était plus faible dans l'échantillon de 2013 (2,3 %) que dans ceux de 1996 (de 4,4 à 7,1 %). Trois des homogénats de 1996 étaient constitués de meuniers de taille moyenne, mais les concentrations qu'on y a mesurées ne sont pas inférieures à celle obtenue dans le quatrième homogénat, constitué de meuniers de grosse taille.

À l'inverse, les 22,6 ng/g obtenus en aval de La Tuque en 2013 semblent un peu moins élevés que les 27 à 58 ng/g obtenus en 1996. Là encore, la différence ne peut être causée par le pourcentage de gras, car l'échantillon de 2013, à 5,5 % de gras, se trouve en fait dans le haut de la gamme observée en 1996, soit 2,8 à 5,8 %. Cette diminution apparente est peut-être la poursuite de la légère tendance à la baisse observée par Lapierre (2002) de 1993 à 1996.

Les résultats de 2013 n'étant basés que sur une seule analyse par station, des analyses supplémentaires seraient nécessaires pour vérifier si la hausse de concentrations de BPC dans la rivière Shawinigan et la baisse dans le Saint-Maurice sont réelles ou si elles ne sont que le reflet des fluctuations naturelles et aléatoires des concentrations.



**Tableau 9. Résultats de la somme de 43 congénères spécifiques de BPC dans des meuniers noirs entiers provenant des stations SHA2 et MAU1 en 1996 et en 2013**

Station	Année	Classe de taille	N poissons dans l'homogénat	Gras (%)	BPC 43 cong.* (ng/g)
SHA2	1996	Moyen	5	6,6	67
SHA2	1996	Moyen	5	4,4	65
SHA2	1996	Moyen	5	7,1	74
SHA2	1996	Gros	4	5,3	53
SHA2	2013	Gros	5	2,3	106
MAU1	1996	Gros	5	4,8	38
MAU1	1996	Gros	5	5,8	40
MAU1	1996	Gros	5	5,4	49
MAU1	1996	Gros	5	5,0	46
MAU1	1996	Gros	5	3,3	27
MAU1	1996	Gros	5	4,0	48
MAU1	1996	Gros	5	5,5	41
MAU1	1996	Gros	5	4,0	51
MAU1	1996	Gros	5	2,7	58
MAU1	1996	Gros	5	2,8	47
MAU1	2013	Gros	5	5,5	23

\* les données de 2013 ont été tronquées aux limites de détection plus élevées de 1996

### 2.2.3. Dioxines et furannes chlorés et BPC planaires

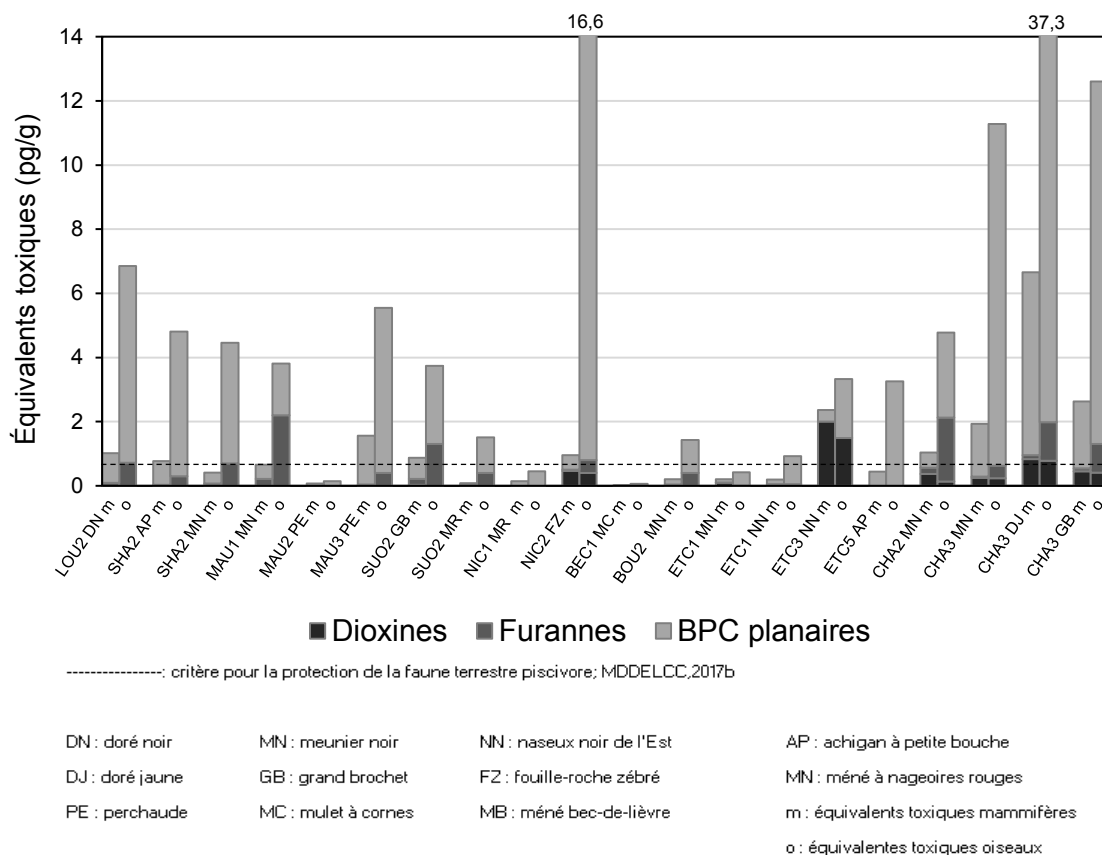
Les dioxines et furannes chlorés sont des substances toxiques, persistantes et bioaccumulables issues de la combustion. Au Canada, les principales sources de ces substances sont « l'incinération de déchets (déchet solides municipaux, déchets dangereux, boues d'épuration et déchets médicaux), la combustion de bois chargé en sel dans les chaudières des usines côtières de pâtes et papiers, le frittage du fer, les fours électriques à arc destinés à la fabrication d'acier et les chambres coniques de combustion de déchets municipaux » (CCME, 2015). Les BPC planaires ont la même origine que les autres BPC (section 2.2.2).

Les dioxines et les furannes chlorés ainsi que les BPC de forme planaire n'ont pas tous la

même toxicité, mais ils ont tous le même mécanisme de toxicité. Pour cette raison, leurs concentrations sont transformées en équivalents de la dioxine chlorée la plus toxique, le 2,3,7,8-TCDD, en multipliant la concentration mesurée de chaque substance par les facteurs d'équivalence présentés à l'annexe 3. Les concentrations équivalentes ainsi obtenues pour chacune des substances sont ensuite sommées, pour obtenir la charge toxique totale associée à la présence de ces substances dans l'échantillon. Ces produits n'ayant pas la même toxicité pour les mammifères et les oiseaux, il existe des facteurs d'équivalence propres à chacun de ces groupes d'animaux (annexe 3). Pour l'ensemble de ces substances (dioxines et furannes chlorés et BPC planaires), le critère de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore est 0,66 pg/g (picogramme par gramme) (MDDELCC, 2017b) et il est souvent dépassé (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b; Laliberté, 2016).

La figure 21 présente les concentrations de dioxines chlorées, de furannes chlorés et de BPC planaires dans les poissons entiers à chacune des stations d'échantillonnage, en équivalents toxiques pour les mammifères piscivores et pour les oiseaux piscivores. Pour ces derniers, les concentrations totales en équivalents toxiques sont problématiques dans presque tous les échantillons de poissons, dépassant souvent de beaucoup le critère de 0,66 pg/g adopté par le Ministère. Pour les mammifères piscivores, les teneurs sont inférieures au critère ou ne le dépassent que de

peu, sauf dans le Saint-Maurice à Trois-Rivières (MAU3), dans la rivière Etchemin à Sainte-Claire (ETC3) et dans la rivière Saint-Charles (CHA3). Dans leur ensemble, ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans des cours d'eau de l'Estrie, de la Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b). Là aussi, les dépassements du critère de qualité en équivalents toxiques pour les oiseaux piscivores étaient nombreux et un échantillon a atteint 31,7 pg/g.



**Figure 21. Concentrations de dioxines et furannes chlorés et de BPC planaires dans les poissons en équivalents toxiques de 2,3,7,8-TCDD (USEPA, 2008) pour les mammifères et les oiseaux piscivores**

La figure 21 montre que dans presque tous les échantillons, il y a plus d'équivalents toxiques en BPC planaires qu'en dioxines et en furannes chlorés, malgré le fait que les premiers aient des facteurs d'équivalence toxique généralement plus faibles (annexe 3). Cela découle d'une plus grande quantité de ces BPC que des deux

autres familles de substances dans les poissons.

La figure 21 montre aussi que pour un même échantillon, les équivalents toxiques plus élevés pour les oiseaux que pour les mammifères tiennent pour beaucoup aux BPC planaires. Une

part importante de cette différence tient au BPC planaire n° 77, dont les facteurs d'équivalence toxique sont de 0,0001 pour les mammifères piscivores et de 0,05 pour les oiseaux piscivores. Selon les échantillons, ce BPC planaire compte à lui seul pour 19 à 84 % des équivalents toxiques totaux à l'égard des oiseaux. Il constitue 84 % des 16,6 pg/g d'équivalents toxiques dans les fouilles-roches zébrés capturés dans la rivière Nicolet en aval de Victoriaville (NIC2), et 31 % des 37,3 pg/g dans le doré jaune provenant de la rivière Saint-Charles à Québec (CHA3). La rivière Saint-Charles se caractérise par une plus forte proportion d'équivalents toxiques dus au BPC planaire n° 81 qu'au BPC planaire n° 77.

La figure 21 montre certaines autres particularités :

- Une valeur élevée (2,2 ng/g) en équivalents toxiques à l'égard des oiseaux pour les furannes chlorés dans le Saint-Maurice en aval de La Tuque (MAU1). Cette valeur est due à la seule présence de 2,3,7,8-tétrachloro-dibenzofurane en concentration plus élevée qu'à tous les autres sites d'échantillonnage de la présente étude. Des valeurs similaires n'ont été obtenues que dans 2 des 30 échantillons de poissons provenant des études précédentes réalisées dans des cours d'eau de l'Estrie, de la Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2018b; MDDELCC, 2017c);
- Des concentrations de dioxines chlorées, de furannes chlorés et surtout de BPC planaires plus élevées dans les petites perchaudes capturées à la hauteur de Trois-Rivières (MAU3) que dans celles provenant de la partie amont de Shawinigan (MAU2), ce qui porte à croire à l'existence d'un apport de ces substances entre les deux stations d'échantillonnage;
- En aval de Kingsey Falls (SUO2), les concentrations dans le grand brochet sont plus élevées que dans des spécimens de la même espèce capturés dans la rivière des Mille Îles (MDDELCC, 2018b). Il en est de même pour les ménés à nageoires rouges, comparativement à ceux capturés en

amont de Victoriaville (BEC1) et dans le bassin de la rivière Yamaska en amont d'Acton Vale (MDDELCC, 2017c);

- Les concentrations totales en équivalents toxiques pour les oiseaux sont beaucoup plus élevées dans les fouilles-roches zébrés capturés en aval de Victoriaville (16,6 pg/g) que dans les ménés à nageoires rouges capturés en amont (0,45 pg/g). Ces résultats pourraient être attribuables, du moins en partie, au pourcentage de gras plus élevé dans les fouilles-roches que dans toutes les autres espèces de poissons capturées dans le cadre de la présente étude. Cependant, les résultats obtenus en aval de Victoriaville sont aussi plus élevés que ceux obtenus pour la même espèce dans un cours d'eau de l'Estrie (MDDELCC, 2017c). De plus, les fouilles-roches capturés en aval de Victoriaville montrent la présence du 1,2,3,7,8-pentadioxine, absent des ménés capturés en amont de la ville, des espèces récoltées à plusieurs des sites d'échantillonnage de la présente étude et d'autres fouilles-roches capturés en Estrie. Il apparaît donc fort probable que l'agglomération de Victoriaville soit une source de dioxines et de BPC planaires pour la rivière Nicolet;
- Des valeurs élevées en équivalents toxiques à l'égard des mammifères (2,0 ng/g) et des oiseaux (1,5 ng/g) pour les dioxines chlorées dans la rivière Etchemin à Sainte-Claire (ETC3), le seul endroit où les équivalents toxiques sont pour une si large part attribuables aux dioxines chlorées. Ces valeurs sont les plus élevées du total de 50 échantillons de la présente étude et de celles des régions de l'Estrie, de la Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2018b; MDDELCC, 2017c). Ces valeurs sont dues à quatre dioxines, soit la forme penta et les trois formes hexa analysées;
- Des valeurs relativement élevées de dioxines et de furannes chlorés dans les quatre échantillons provenant de la rivière Saint-Charles (CHA2 et CHA3), dues à la présence combinée du furanne et des dioxines mentionnées aux deux points précédents.

Comme les BPC, les dioxines et les furannes chlorés ont été analysés dans des meuniers noirs capturés dans le Saint-Maurice et la rivière Shawinigan en 1996 (Lapierre, 2002). La comparaison entre les résultats de 1996 et de 2013 est faite sur la base des équivalents toxiques utilisés en 1996, soit ceux de l'OTAN (1988). Les limites de détection en 1996 étaient un peu plus basses qu'en 2013. Quelques résultats de 1996, inférieurs aux limites de détection de 2013, ont donc été remplacés par zéro avant de faire le calcul des équivalents toxiques.

Le tableau 10 présente les résultats obtenus aux stations SHA2 et MAU1 en 1996 et en 2013. Aux deux endroits, les concentrations de dioxines et furannes dans le poisson semblent avoir diminué. Dans la rivière Shawinigan, la valeur de 0,08 pg/g en 2013 est beaucoup plus basse que les 0,78 à 1,6 pg/g obtenus en 1996. Dans la rivière Saint-Maurice en aval de La Tuque, la concentration de 0,22 pg/g est inférieure aux dix résultats de 1996, qui varient entre 0,94 et 4,78 pg/g.

**Tableau 10. Résultats de la somme des équivalents toxiques (OTAN, 1988) de dioxines et de furannes chlorés dans des meuniers noirs entiers provenant des stations SHA2 et MAU1 en 1996 et en 2013**

Station	Année	Classe de taille	N poissons dans l'homogénat	Gras (%)	Équivalents toxiques totaux (pg/g)
SHA2	1996	Moyen	5	6,6	1,20
SHA2	1996	Moyen	5	4,4	1,54
SHA2	1996	Moyen	5	7,1	1,60
SHA2	1996	Gros	4	5,3	0,78
<i>SHA2</i>	<i>2013</i>	<i>Gros</i>	<i>5</i>	<i>2,3</i>	<i>0,08</i>
MAU1	1996	Gros	5	4,8	2,06
MAU1	1996	Gros	5	5,8	1,94
MAU1	1996	Gros	5	5,4	3,07
MAU1	1996	Gros	5	5,0	3,57
MAU1	1996	Gros	5	3,3	1,44
MAU1	1996	Gros	5	4,0	1,94
MAU1	1996	Gros	5	5,5	4,78
MAU1	1996	Gros	5	4,0	3,30
MAU1	1996	Gros	5	2,7	3,13
MAU1	1996	Gros	5	2,8	0,94
<i>MAU1</i>	<i>2013</i>	<i>Gros</i>	<i>5</i>	<i>5,5</i>	<i>0,22</i>

\* les données de 1996 ont été tronquées aux limites de détection plus élevées de 2013

La diminution des concentrations dans la rivière Shawinigan pourrait être due à la fermeture d'usines et au déclin de l'industrie lourde dans la ville de Shawinigan entre 1996 et 2013. Il est peu plausible que cette baisse soit entièrement attribuable à un spécimen moins gras en 2013 que ceux de 1996. En effet, à la station du Saint-Maurice (MAU1), on observe aussi une baisse des concentrations de dioxines et furannes en 2013, mais le pourcentage de gras du

poisson est élevé en comparaison avec les valeurs de 1996 (tableau 10). Il est à noter qu'en 1996, les concentrations totales étaient, dans tous les échantillons, supérieures au critère de 0,66 pg/g pour la protection de la faune terrestre piscivore, alors qu'en 2013, les concentrations sont sous ce seuil.

Ces tendances à la baisse semblent poursuivre celles déjà observées dans le Saint-Maurice

de 1993 à 1996 (Lapierre, 2002). Les résultats de 2013 n'étant basés que sur une seule analyse par station, des analyses supplémentaires seraient nécessaires pour confirmer la poursuite de ces baisses de concentrations.

#### 2.2.4. Polybromodiphényléthers (PBDE) et autres retardateurs de flamme

Les PBDE sont utilisés comme retardateurs de flamme ajoutés à différentes matrices plastiques, à des résines synthétiques et à des fibres textiles afin de réduire l'inflammabilité d'une multitude de produits de consommation : le rembourrage des 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.

Les effets potentiels des PBDE sur la santé humaine et l'environnement ont été évalués en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE). Au terme de cette évaluation, le gouvernement fédéral a conclu que les PBDE sont des substances toxiques au sens de la LCPE (Environnement Canada, 2004b) et a adopté en 2008 un règlement visant la quasi-élimination des groupes homologues les plus bioaccumulables, soit les tétraBDE, pentaBDE et hexaBDE, qui contiennent respectivement de quatre à six atomes de brome (Gouvernement du Canada, 2008b). Un second règlement, entré en vigueur en décembre 2016, est venu élargir la portée de l'interdiction à tous les PBDE, incluant le décaBDE, qui contient dix atomes de brome (Gouvernement du Canada, 2016).

La figure 22 montre les teneurs en PBDE totaux dans les poissons analysés. Prises dans leur ensemble, les concentrations obtenues ne sont pas très élevées. Aucun résultat ne dépasse 100 ng/g, alors que des concentrations au-dessus de cette valeur ont été obtenues dans neuf échantillons lors des études précédentes (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b). Néanmoins, l'examen des résultats station par station porte à croire que les agglomérations urbaines de Victoriaville, Shawinigan, Kingsey

Falls, Plessisville et possiblement Sainte-Claire sont des sources de PBDE pour leurs cours d'eau récepteurs. En effet :

- Les 96,3 ng/g mesurés dans les feuilles-roches zébrés en aval de Victoriaville (NIC2) sont élevés en comparaison avec les seuls autres résultats disponibles pour cette espèce, soit 16,9 et 17,5 ng/g obtenus dans un cours d'eau de l'Estrie (MDDELCC, 2017c). Cette valeur est également élevée comparativement aux autres résultats obtenus dans le cadre de la présente étude pour de petites espèces de poissons ou pour les très petits spécimens de meunier noirs ou d'achigans à petite bouche, aux stations SUO2, BEC1, BOU2, ETC1, ETC3, ETC5 et CHA2;
- Les 67,6 ng/g dans un meunier noir de grande taille capturé dans la rivière Shawinigan (SHA2) sont plus élevées que les 31,8 ng/g obtenus en aval de La Tuque (MAU1), et que les 2,0 et 14,2 ng/g obtenus dans des spécimens de la même espèce, mais de taille moyenne, provenant respectivement du haut de la rivière Etchemin et de la rivière Saint-Charles (ETC1 et CHA3). Des concentrations supérieures à 67,6 ng/g ont toutefois été obtenues sur d'autres cours d'eau (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b);
- Les 22,6 ng/g dans des ménés à nageoires rouges provenant de l'aval de Kingsey Falls (SUO2) sont plus élevés que les 2,7 ng/g en amont de Victoriaville (NIC1) et le 1,43 ng/g mesuré dans la rivière Le Renne en amont d'Acton Vale (MDDELCC, 2017c). Une concentration, plus élevée, de 96 ng/g, a été mesurée en aval d'Action Vale pour cette espèce, mais ce site s'est avéré être une source de PBDE et d'autres contaminants émergents.

Les 24,7 ng/g dans de très petits meuniers noirs capturés dans la rivière Bourbon en aval de Plessisville sont élevés en comparaison avec les 3,2 ng/g obtenus dans la rivière Saint-Charles (CHA2) et les 2,2 ng/g dans la rivière Le Renne en amont d'Acton Vale (MDDELCC, 2017c);

– Les 31,4 ng/g dans des naseux noirs de l'Est dans la rivière Etchemin à Sainte-Claire (ETC3) sont élevés comparativement aux 3,6 ng/g mesurés plus haut sur le même cours d'eau (ETC1) et aux 2,2 ng/g dans des naseux des rapides en amont d'Acton Vale (MDDELCC, 2017c).

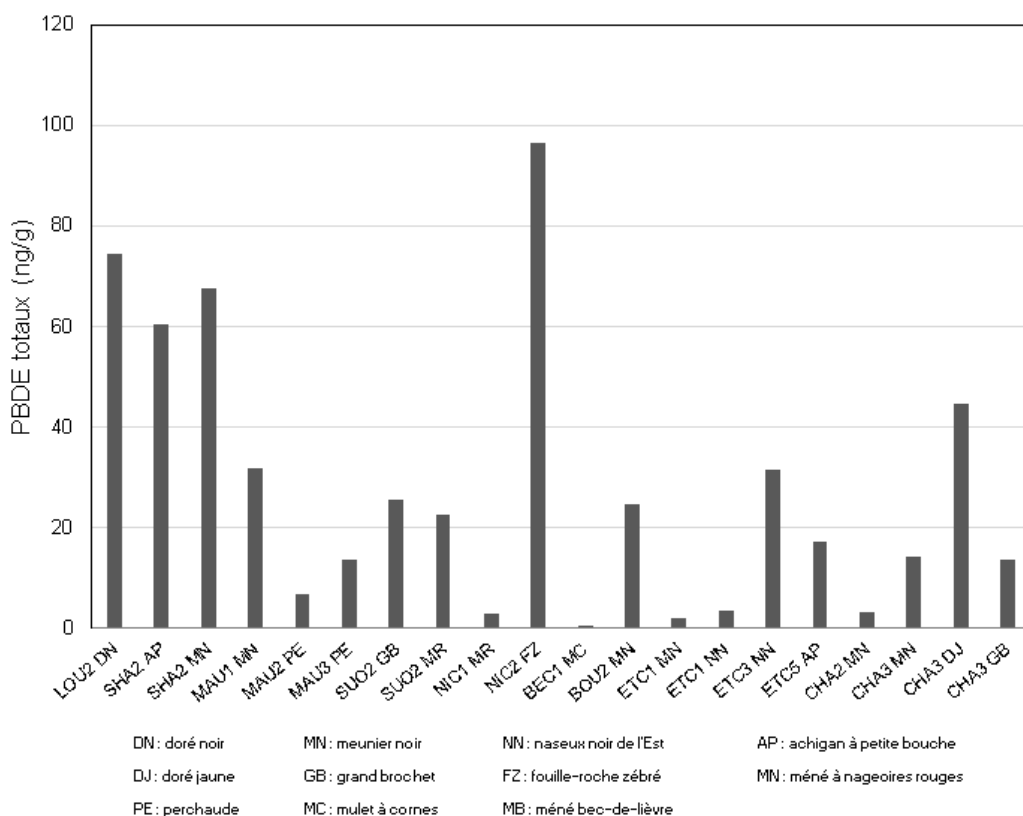


Figure 22. Concentrations de polybromodiphényléthères totaux dans les poissons

Environnement Canada (2013) a établi des critères de qualité pour les concentrations de PBDE dans l'eau de surface, les sédiments et les poissons. Compte tenu du nombre restreint de données toxicologiques disponibles pour établir ces critères, l'organisme a adopté une approche prudente, expliquant que «...des marges d'incertitude considérables sont associées aux seuils de toxicité, et c'est pourquoi des facteurs d'application prudents ont été appliqués». Les valeurs des critères résultants sont donc basses et sont souvent dépassées (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b). Ces critères comprennent deux types de

valeurs : un pour la protection du poisson lui-même et un autre pour la protection de la faune terrestre piscivore. De plus, ces critères sont par famille de PBDE, les tri-, tétra-, penta-, hexa-, hepta-, octa-, nona- et décaBDE ayant chacun leurs valeurs seuils.

Le tableau 11 présente la comparaison des concentrations mesurées dans les poissons de la présente étude aux critères pour les tétra-, penta- et hexaBDE. Pour les autres familles de PBDE, il n'y a eu aucun dépassement des critères, comme dans les études précédentes (MDDELCC, 2018b; MDDELCC, 2017c).

Les teneurs en pentaBDE dépassent, dans la majorité des échantillons, le critère de 1 ng/g pour la protection des poissons et celui de 3 ng/g à l'égard des mammifères piscivores. Les concentrations sont jusqu'à 31 fois plus élevées que le critère pour la protection du poisson. Des effets sur la santé de ces derniers peuvent donc être appréhendés même si, comme mentionné précédemment, ce critère est très sécuritaire. D'ailleurs, des dépassements plus nombreux et de plus forte amplitude ont été observés lors des

études précédentes des cours d'eau de l'Estrie, de la Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b).

Le critère de 13 ng/g en pentaBDE pour protéger les oiseaux piscivores est aussi dépassé dans trois échantillons. Dans le meunier noir provenant de la rivière Shawinigan (SHA2), il y a aussi un dépassement pour les tétraBDE (tableau 11).

**Tableau 11. Facteurs de dépassement des critères de qualité\* concernant les concentrations de PBDE dans le poisson**

Famille de PBDE Groupe animal protégé par le critère Critère (ng/g)			tétraBDE		pentaBDE			hexaBDE	
			poissons 88	mammifères 44	poissons 1	mammifères 3	oiseaux 13	poissons 420	mammifères 4
Station	Espèce	Taille							
LOU2	Doré noir	Gros			31	10	2,4		
SHA2	Achigan à petite bouche	Petit			30	9,9	2,3		
SHA2	Meunier noir	Gros	1,3		7,7	2,6			
MAU1	Meunier noir	Gros			4,5	1,5			
MAU2	Perchaude	Petit			1,4				
MAU3	Perchaude	Petit			4,2	1,4			
SUO2	Grand brochet	Moyen			7,3	2,4			
SUO2	Méné à nageoires rouges	ND							
NIC1	Méné à nageoires rouges	ND							
NIC2	Fouille-roche zébré	ND			49	16	3,7		
BEC1	Mulet à cornes	ND							
BOU2	Meunier noir	Très petit			3,4	1,1			
ETC1	Meunier noir	Moyen							
ETC1	Naseux noir de l'EST	ND							
ETC3	Naseux noir de l'EST	ND			2,9				
ETC5	Achigan à petite bouche	Très petit			7,2	2,4			
CHA2	Meunier noir	Très petit							
CHA3	Meunier noir	Moyens			1,7				
CHA3	Doré jaune	Gros			13	4,4			
CHA3	Grand brochet	Petit			3,3	1,1			

\* : source des critères : Environnement Canada, 2013.

Les valeurs dans le tableau sont les facteurs de dépassement du critère. Par exemple, une valeur de 12 signifie que la concentration dans le poisson est 12 fois supérieure au critère.

L'absence de valeur signifie que le critère n'est pas dépassé.

La figure 23 présente les résultats obtenus pour l'hexabromobiphényle (HBB), un retardateur de flamme bioaccumulable et persistant produit aux États-Unis durant les années 1970, dont la production a cessé en 1976 et dont il n'y a plus de production connue dans le monde depuis de nombreuses années (PNUE, 2011). Le graphique montre que ce produit est toujours détecté, en traces, dans près d'un échantillon

sur trois. Les concentrations mesurées sont toutefois de 100 à 1 000 fois plus basses que les teneurs en PBDE. Lors des études précédentes (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b), la fréquence de détection a été plus élevée et deux stations ont montré des concentrations un peu plus élevées, jusqu'à 1,2 ng/g. Il n'y a pas de critère de qualité auquel les résultats obtenus peuvent être comparés.

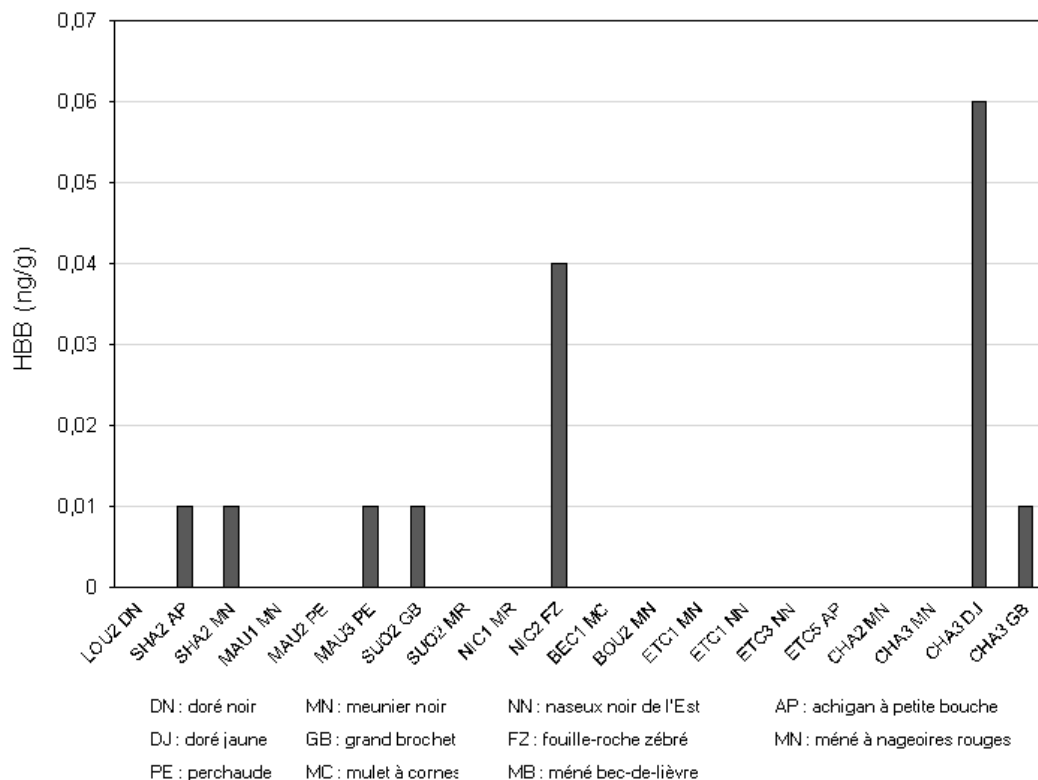


Figure 23. Concentrations d'hexabromobiphényle (HBB) dans les poissons

### 2.2.5. Polychloronaphtalènes

Les naphthalènes chlorés ou polychloronaphtalènes (PCN) sont des molécules constituées de deux noyaux benzéniques liés et d'un à huit atomes de chlore. Il y a 75 PCN différents, selon le nombre et la position des atomes de chlore sur les noyaux benzéniques.

Les PCN ont été utilisés pour la fabrication de polymères, d'abrasifs, de composantes plastiques et de résines de synthèse. Ces produits organiques étaient utilisés à plusieurs fins : matériaux d'étanchéité, additifs de carter de moteur, solvants, agents de préservation du bois, insecticides, matériaux d'enrobage en électronique, isolement et ignifugation de câbles, etc. La production commerciale des PCN a débuté vers 1910 et a cessé complètement aux États-Unis en 1980. Ces substances ne sont plus utilisées commercialement au Canada, mais elles peuvent être produites accidentellement par combustion dans différents procédés industriels et par les incinérateurs. Ces substances sont persistantes, bioaccumulables et toxiques au sens de la Loi canadienne sur la

protection de l'environnement (Environnement Canada, 2011a). Le gouvernement fédéral a mis en place des mesures pour diminuer la production de ces substances et leur rejet dans l'environnement (Environnement Canada, 2011b).

La figure 24 montre les teneurs en polychloronaphtalènes totaux dans les poissons analysés. Les concentrations mesurées sont en picogramme par gramme (pg/g), ce qui est 1 000 fois moins que les teneurs en BPC et en PBDE, exprimées en nanogramme par gramme (ng/g). Il n'y a pas de critère de qualité auquel les résultats peuvent être comparés. Les résultats semblent indiquer un apport de PCN dans les rivières Shawinigan, Nicolet Sud-Ouest et Saint-Charles.

Les concentrations de 188 et de 229 pg/g dans les poissons provenant de la rivière Shawinigan (SHA2) sont plus élevées que celles obtenues dans les autres cours d'eau de la présente étude (figure 24), ainsi que toutes celles obtenues lors des études précédentes dans des cours d'eau de l'Estrie, de la



Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b).

Dans la rivière Nicolet Sud-Ouest en aval de Kingsey Falls (SUO2), les 119 pg/g dans un grand brochet de taille moyenne et les 67 pg/g dans des ménés à nageoires rouges sont élevés comparativement aux résultats obtenus pour ces espèces dans d'autres cours d'eau, soit 0,5 et 4,5 pg/g pour le grand brochet (MDDELCC, 2018b) et 14,3 pg/g pour les ménés (MDDELCC, 2017c). Pour ces derniers, une valeur de 74,3 pg/g a aussi été obtenue par le passé, en aval d'Acton Vale, une source reconnue de contaminants émergents (MDDELCC, 2017c).

À la station CHA3, dans la rivière Saint-Charles, les 81,7 pg/g dans des meuniers noirs de taille moyenne sont beaucoup plus élevés que les 10,5 pg/g obtenus dans la même espèce et classe de taille dans le haut de la rivière Etchemin (ETC1). De même, les 59 pg/g dans un grand brochet de petite taille sont beaucoup plus élevés que les 0,5 et 4,5 pg/g obtenus dans la rivière des Mille Îles (MDDELCC, 2018). Enfin, les 123 pg/g dans un doré jaune de grande taille se comparent aux concentrations élevées obtenues pour cette espèce et le doré noir dans des cours d'eau des régions des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2018b).

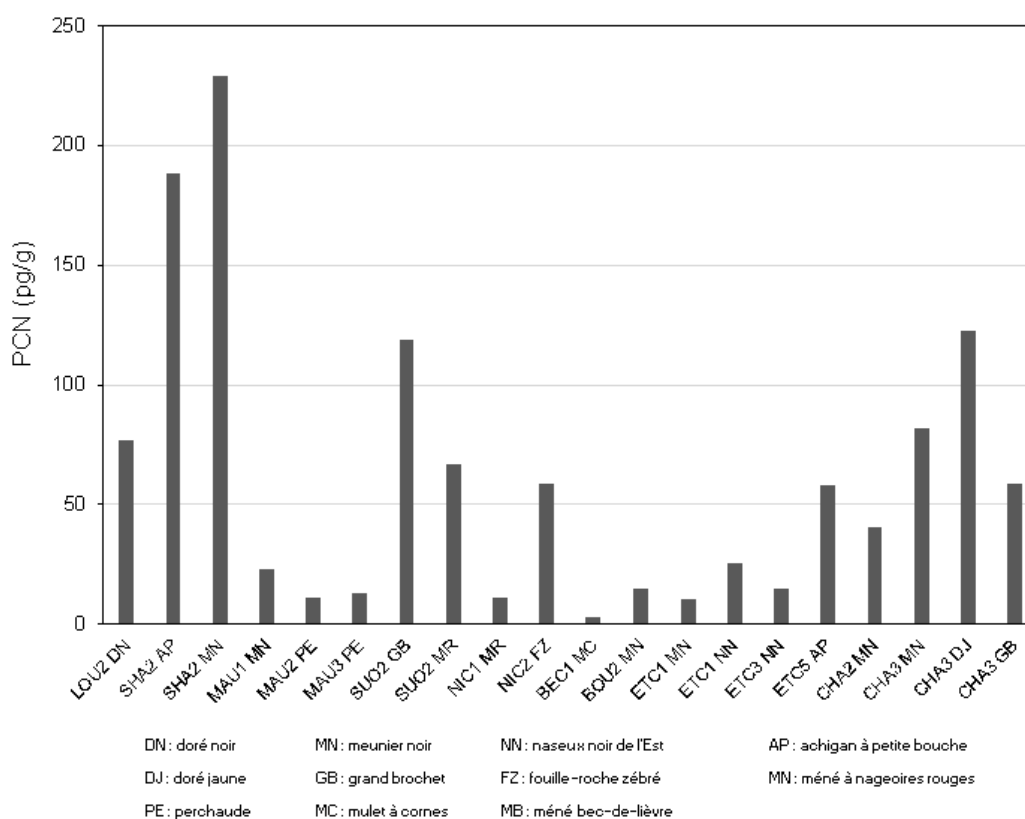


Figure 24. Concentrations de polychloronaphtalènes dans les poissons

### 2.3. État des communautés de poissons

L'abondance et la biomasse de chacune des espèces de poissons capturées, à chacune des stations d'échantillonnage, sont présentées à l'annexe 4. Les valeurs des sept variables qui composent l'indice d'intégrité biotique (IIB) ainsi

que la valeur résultante pour ce dernier sont présentées à l'annexe 5. Les valeurs de l'IIB et du pourcentage d'anomalies de type DELT, l'une des variables de l'IIB, sont illustrées respectivement aux figures 25 et 26.

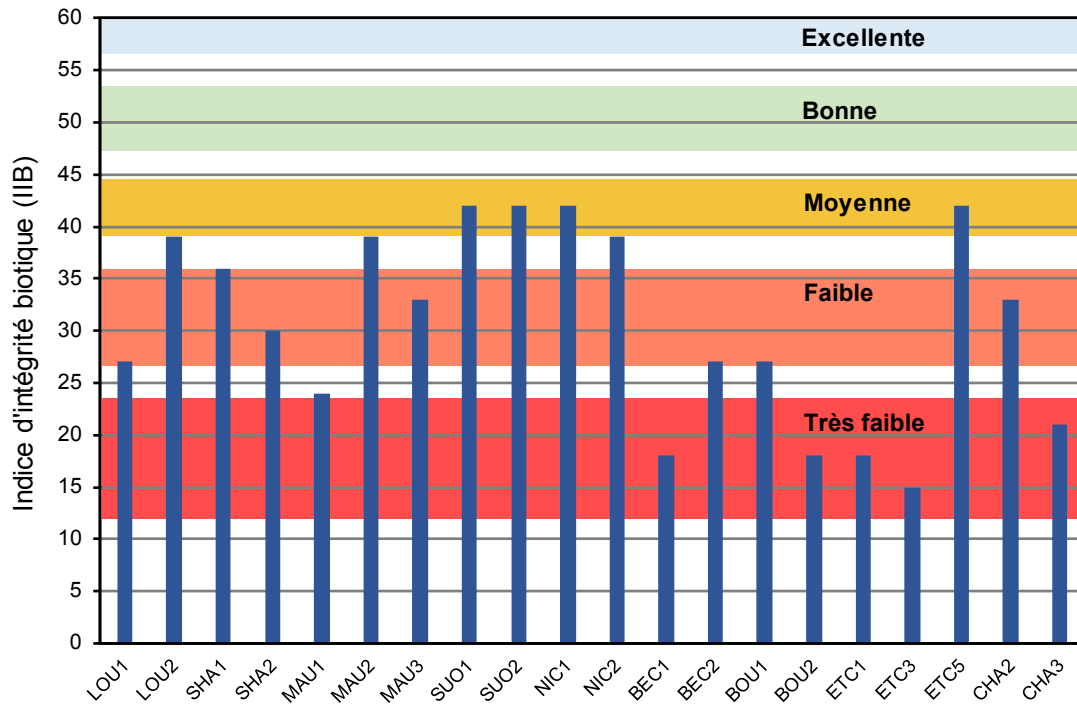


Figure 25. Valeurs de l'indice d'intégrité biotique de la communauté de poissons

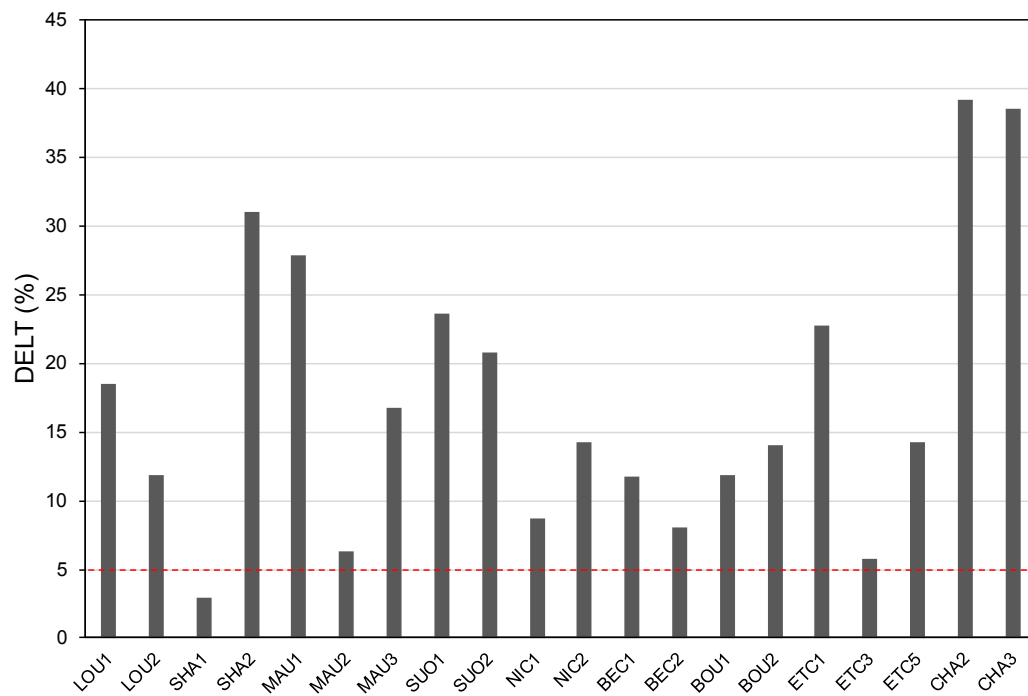


Figure 26. Taux d'anomalies de type DELT chez les poissons

Globalement, les valeurs d'IIB obtenues dans le cadre de la présente étude sont plutôt faibles. En effet, aucune station n'a atteint la classe de qualité « bonne », alors que c'était le cas de 2 stations sur 12 en Estrie–Montérégie (MDDELCC, 2017c) et de 4 stations sur 13 dans Laurentides–Lanaudière (MDDELCC, 2018b). Dans ces deux études, respectivement 42 % et 70 % des stations avaient un IIB dans les classes de qualité moyenne ou bonne, alors que ce n'est le cas que de 35 % des stations de la présente étude.

Concourant à ces résultats, les taux d'anomalies de type DELT de la présente étude sont élevés, une seule station sur 20 (5 %) se trouvant sous le seuil de 5 % d'anomalies (figure 27). En comparaison, 25 % des stations en Estrie–Montérégie et 38 % de celles dans Laurentides–Lanaudière se trouvaient sous ce seuil.

L'examen des résultats des figures 25 et 26, cours d'eau par cours d'eau, mène aux constats suivants :

- Louiseville n'a pas d'effet négatif sur l'intégrité biotique de la rivière du Loup, l'IIB passant même de la cote faible en amont de la ville à moyenne en aval. Cette amélioration résulte principalement d'une moins grande proportion d'espèces de poissons tolérantes à la pollution à la station aval, ce qui influence à la hausse la cote associée à la variable IWB-IWBm;
- Shawinigan n'a pas un grand effet négatif sur l'intégrité biotique de la rivière du même nom, car malgré une baisse de six unités de l'IIB, les stations en amont et en aval de la ville sont toutes deux dans la classe d'intégrité « faible ». Il y a cependant une grande différence en ce qui a trait aux anomalies de type DELT : elles passent de seulement 3 % de la communauté en amont de la ville à 31 % en aval;
- L'intégrité biotique du Saint-Maurice en aval de La Tuque est dans la classe « très faible ». Ce résultat tient principalement au fait que les espèces tolérantes à la pollution occupent une large place dans la communauté, tant en abondance qu'en biomasse. Il en résulte une faible valeur de la variable IWB-IWBm. À 27,8 %, le taux d'anomalies de type DELT est le deuxième plus élevé de tous les sites d'échantillonnage de la présente étude. À la hauteur de Shawinigan, la communauté de poissons du Saint-Maurice est en meilleur état

et atteint la classe d'intégrité moyenne, avec un taux d'anomalies plus bas, de 6,3 %. L'intégrité baisse plus en aval, à la hauteur de Trois-Rivières, en raison notamment d'une plus grande proportion d'espèces de poissons tolérantes à la pollution, ce qui fait baisser la variable IWB-IWBm. Le taux d'anomalies y est également plus élevé, à 16,7 %;

- Dans la rivière Nicolet Sud-Ouest, l'intégrité biotique est de classe « moyenne » en amont d'Asbestos comme en aval de Kingsey Falls. Les variables composant l'indice n'ont pas les mêmes valeurs aux deux stations, mais la somme résultante est la même. Le taux d'anomalies, entre 20 et 25 %, est élevé aux deux stations. Il est à noter qu'à la station amont, l'espèce dominante en abondance et en biomasse est le méné bec-de-lièvre, une espèce intolérante à la pollution;
- Dans la rivière Nicolet, la situation est similaire à celle observée dans la rivière Nicolet Sud-Ouest, c'est-à-dire qu'il n'y a pas beaucoup de différences entre les stations situées de part et d'autre de Victoriaville. Les deux stations se retrouvent dans la classe d'intégrité « moyenne » et la station amont est nettement dominée par le méné bec-de-lièvre, une espèce intolérante à la pollution. Le taux d'anomalies de 14,3 % à la station aval est un peu plus élevé qu'à la station amont, où il est de 8,7 %;
- Avec une valeur de seulement 18, l'IIB est très bas à la station BEC1, située dans le haut du bassin de la rivière Bécancour, dans la décharge du lac Bécancour. Cette basse valeur est difficilement explicable compte tenu du peu de sources de pollution connues en amont. L'IIB est peut-être moins bien adapté pour ce type de cours d'eau, de plus petite taille et en tête de bassin, ce qui limite le nombre d'espèces de poissons potentiellement présentes. La communauté y est dominée par deux espèces de poissons omnivores et tolérantes à la pollution, soit le mulot à cornes et le meunier noir. Le mulot est l'espèce qui présente la plus grande abondance (nombre d'individus) et la plus grande biomasse dans l'échantillon. Le meunier vient au second rang pour la biomasse et au troisième rang pour l'abondance. Cette seconde espèce est également largement dominante à la station en aval de Thetford Mines (BEC2), en abondance comme en biomasse, et c'est une

des raisons pour lesquelles l'IIB y est bas. Les taux d'anomalies aux stations amont et aval, respectivement à 11,7 et 8,1 %, sont relativement similaires;

- La rivière Bourbon, un tributaire de la rivière Bécancour, présente elle aussi de faibles valeurs de l'IIB. La cote globale est dans la classe de qualité « faible » à la station en amont des rejets de Plessisville et descend à « très faible » en aval. Cette baisse tient notamment au fait que la communauté à la station aval est largement dominée, en abondance comme en biomasse, par le meunier noir, une espèce tolérante à la pollution. Les pourcentages de poissons présentant des anomalies de type DELT sont relativement élevés et similaires aux stations amont et aval, soit respectivement 11,9 et 14,0 %;
- Dans la rivière Etchemin, l'IIB a une très faible valeur de 18 à la station la plus en amont (ETC1), à Saint-Léonard-de-Standon. La communauté de poissons y présente des similarités avec celle à la tête de la rivière Bécancour (BEC1): nette dominance du meunier noir et du mulot à cornes et, en sous-dominance, le naseux noir de l'Est, une autre espèce tolérante à la pollution, ainsi que le mené à nageoires rouges et la perchaude. La similarité avec la station BEC1 porte à croire qu'il n'est pas impossible que cet assemblage d'espèces soit naturel dans le haut des cours d'eau des Appalaches, mais qu'il soit sous-évalué par l'IIB. Il est possible également que le milieu soit affecté par un facteur inconnu, car le taux d'anomalies de type DELT est élevé (22,7 %). L'IIB est encore plus bas à la station ETC3, située à Sainte-Claire, en aval de la confluence de la rivière des Abénaquis. La communauté y est très pauvre : seulement trois espèces de poissons ont été recensées et la biomasse de poissons y est très faible. Tant pour l'IIB que pour le nombre d'espèces et la biomasse, aucune station échantillonnée dans les cours d'eau de l'Estrie, de la Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière n'a présenté des valeurs aussi faibles (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b). La communauté y est nettement dominée par le naseux noir de l'Est, une espèce omnivore et tolérante à la pollution. À l'inverse, cependant, le taux d'anomalies de type DELT, qui s'établit à 5,8 %, n'est pas des plus élevés. À la

station ETC5, située près de l'embouchure, l'IIB est nettement plus haut, dans la classe de qualité « moyenne ». Ce résultat découle, pour une large part, d'une communauté de poissons qui n'est pas dominée par les espèces omnivores et tolérantes à la pollution. L'espèce dominante, en nombre et en biomasse, est l'achigan à petite bouche, une espèce piscivore, ce qui contribue à la valeur plus élevée de l'IIB à cette station. Le profil de l'IIB de l'amont à l'aval de la rivière obtenu dans le cadre de la présente étude est le même que celui obtenu lors d'échantillonnages réalisés en 2009 (CBE, 2015). Selon les auteurs de cette étude, la faible intégrité à la hauteur de Saint-Malachie et de la municipalité de Lac-Etchemin et la très faible intégrité à la hauteur de Sainte-Claire seraient attribuables à un habitat physique moins favorable aux poissons;

- Dans la rivière Saint-Charles, en milieu urbain, l'IIB est dans la classe de qualité « faible » à la station CHA2 et « très faible » à la station CHA3. Ces faibles valeurs reflètent une communauté dominée par des espèces tolérantes à la pollution, dont le meunier noir, particulièrement à la station aval. Cette dernière se démarque aussi par sa faible diversité (cinq espèces) et sa faible abondance de poissons (13 captures). Les deux stations ont des taux d'anomalies de type DELT très élevés, respectivement de 39,2 et 38,5 %.

Des études des communautés de poissons ont été réalisées en 1996 dans le Saint-Maurice et la rivière Shawinigan et en 1999 dans la rivière Saint-Charles, avec les mêmes méthodes que celles de la présente étude (Saint-Jacques et Richard, 2002; Richard, 2010). La figure 27 présente les résultats obtenus dans ces cours d'eau, aux stations d'échantillonnage visitées en 1996/1999 et en 2013/2015. Pour une même station, les résultats montrent peu de changement de l'IIB entre les années d'échantillonnage. Les résultats détaillés pour chacune des variables (tableau 12) montrent des changements, mais la direction de ces derniers est variable et il en résulte peu de différence pour l'IIB. Le pourcentage de poissons présentant des anomalies semble faire exception, car les sept stations présentent une hausse pour cette variable de la période 1996/1999 à la période 2013/2015.

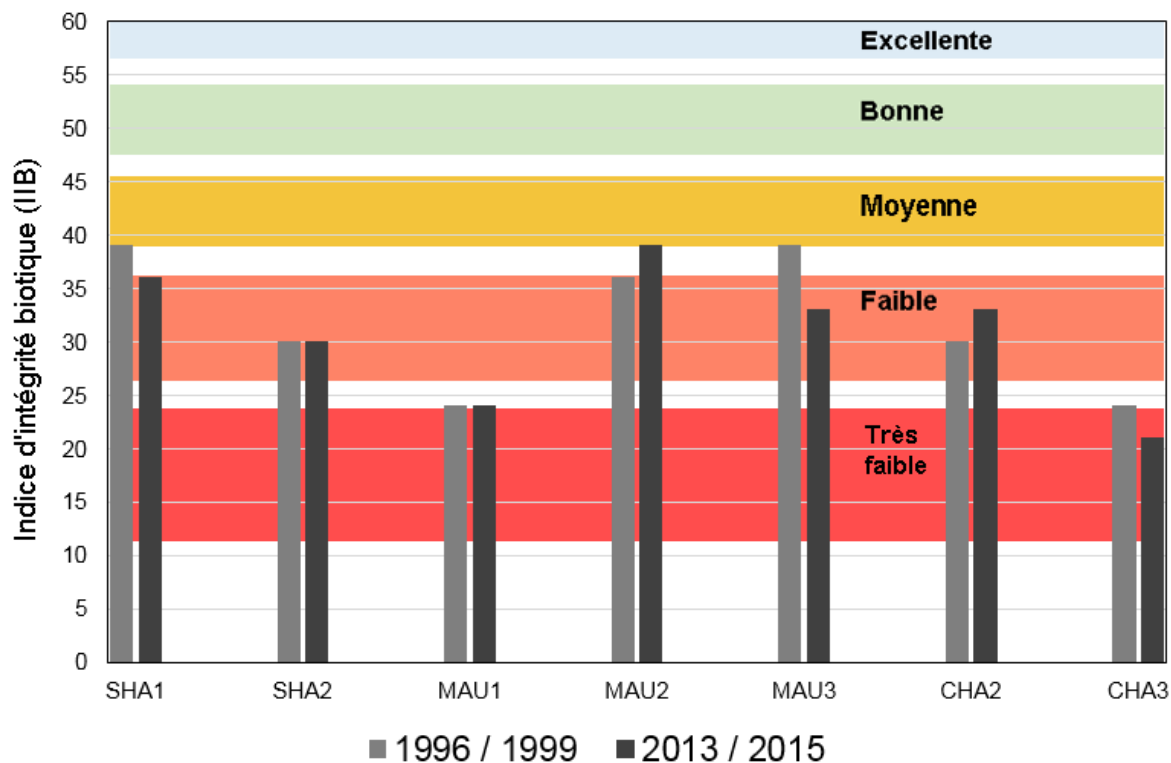


Figure 27. Valeurs de l'indice d'intégrité biotique aux stations des rivières Shawinigan (SHA) et Saint-Maurice (MAU) échantillonnées en 1996 et 2013 et aux stations de la rivière Saint-Charles (CHA) échantillonnées en 1999 et 2015

Tableau 12. Valeurs de l'indice d'intégrité biotique, des variables le constituant et des cotes associées [ ] aux stations échantillonnées en 1996-1999 et en 2013-2015

Rivière	Station	Année	Densité relative des omnivores (%)		Densité relative des cyprinidés insectivores (%)		Densité relative des piscivores (%)		Proportion des poissons avec des anomalies de type DELT (%)		Nombre d'espèces intolérantes		Nombre d'espèces de catostomidés		IWB-IWBm	Indice d'intégrité biotique (IIB) (x 1,5)	Classe d'intégrité biotique	
Shawinigan	SHA1	1996	0	[5]	8	[1]	0	[1]	0	[5]	1	[3]	0	[1]	0,27	[10]	39	moyenne
		2013	31	[3]	14	[1]	0	[1]	2,9	[3]	1	[3]	1	[3]	0,50	[10]	36	faible
	SHA2	1996	30	[3]	49	[5]	3	[3]	10,3	[1]	0	[1]	2	[5]	1,31	[2]	30	faible
		2013	21	[3]	0	[1]	50	[5]	31	[1]	0	[1]	1	[3]	0,75	[6]	30	faible
Saint-Maurice	MAU1	1996	34	[3]	15	[1]	4	[3]	17,7	[1]	1	[3]	1	[3]	1,30	[2]	24	très faible
		2013	42	[3]	44	[3]	3	[3]	27,8	[1]	0	[1]	1	[3]	1,78	[2]	24	très faible
	MAU2	1996	26	[3]	17	[1]	2	[3]	3,5	[3]	0	[1]	1	[3]	0,14	[10]	36	faible
		2013	23	[3]	38	[3]	13	[5]	6,3	[1]	0	[1]	1	[3]	0,20	[10]	39	moyenne
	MAU3	1996	29	[3]	0	[1]	3	[3]	1,5	[5]	0	[1]	1	[3]	0,26	[10]	39	moyenne
		2013	38	[3]	8	[1]	13	[5]	16,7	[1]	1	[3]	1	[3]	0,59	[6]	33	faible
Saint-Charles	CHA2	1999	40,6	[3]	16,8	[1]	0	[1]	2,9	[3]	0	[1]	2	[5]	0,83	[6]	30	faible
		2015	17,1	[5]	7,3	[1]	0	[1]	39,2	[1]	1	[3]	2	[5]	0,47	[6]	33	faible
	CHA3	1999	40	[3]	0	[1]	0	[1]	2,4	[3]	0	[1]	2	[5]	1,46	[2]	24	très faible
		2015	69,2	[1]	0	[1]	15,4	[5]	38,5	[1]	0	[1]	1	[3]	1,32	[2]	21	très faible

## 3. Synthèse et faits saillants

Le tableau 13 présente une synthèse des résultats obtenus pour les différents paramètres d'évaluation de l'état des cours d'eau (colonnes) à chacune des stations d'échantillonnage de la présente étude (lignes). Les paragraphes qui suivent résument les principaux résultats pour chacun des neuf cours d'eau échantillonnés.

### Rivière du Loup

La communauté de poissons n'est pas vraiment en bon état dans le cours inférieur de la rivière du Loup, les deux stations d'échantillonnage qui s'y trouvent étant des classes d'intégrité biotique « moyenne » et « faible ». La ville de Louiseville ne semble pas avoir un effet négatif sur l'état de la communauté, car l'IIB passe de la classe « faible » en amont de la ville à la classe « moyenne » en aval. Cette meilleure intégrité biotique à la station aval est le reflet d'une communauté moins dominée par les espèces de poissons tolérantes à la pollution. De plus, à 11,9 %, la proportion de poissons avec des anomalies de type DELT y est un peu moins élevée qu'à la station amont, où elle est de 18,5 %.

De tous les spécimens de poissons analysés dans le cadre de la présente étude, le doré noir provenant de l'aval de Louiseville est un de ceux qui présente les plus fortes concentrations de contaminants. Cela s'explique en partie par le fait que le doré noir est une espèce piscivore, située plus haut dans la chaîne alimentaire que plusieurs autres espèces analysées dans le cadre de la présente étude. De plus, sa grande taille indique qu'il s'agit d'un spécimen relativement âgé, qui a eu plus de temps pour accumuler des contaminants. Ce doré noir ainsi qu'un doré jaune de grande taille capturé dans la rivière Saint-Charles sont les seuls spécimens de la présente étude qui ont dépassé le critère de 160 ng/g de BPC pour la protection des oiseaux et des mammifères piscivores.

Les échantillons d'eau prélevés dans la rivière en aval de Louiseville n'ont pas présenté des

concentrations élevées pour les contaminants émergents et autres substances analysés, comme les médicaments, les hormones, les composés perfluorés, les métaux, etc.

### Rivière Shawinigan

La communauté de poissons n'est pas en bon état non plus dans le cours inférieur de la rivière Shawinigan, les deux stations d'échantillonnage dans ce tronçon de la rivière étant dans la classe d'intégrité « faible ». Malgré le fait que les deux stations soient dans la même classe d'intégrité, l'agglomération de Shawinigan semble avoir un effet sur la communauté de poissons, car le taux d'anomalies de type DELT passe de 2,9 % à la station en amont de cette ville à 31 % à la station en aval. Cette dernière présente aussi une communauté plus dominée par les espèces tolérantes à la pollution.

Les résultats obtenus pour l'IIB en 2013 aux deux stations d'échantillonnage ne diffèrent pas beaucoup de ceux obtenus en 1996. Les résultats pour certaines variables composant l'IIB ont changé de 1996 à 2013, mais dans des directions opposées et il en résulte peu de changement de la valeur globale de l'indice.

Les concentrations de contaminants sont élevées dans les poissons provenant de la station en aval de Shawinigan. La concentration de BPC dans les meuniers noirs de grande taille atteint le critère pour la protection de la faune terrestre piscivore de 160 ng/g. De plus, les concentrations de PBDE dans les achigans à petite bouche de petite taille dépassent amplement les critères; elles sont presque aussi élevées que dans le doré noir de la rivière du Loup. Enfin, les concentrations de polychloronaphtalènes dans les meuniers et les achigans sont plus élevées qu'à toutes les autres stations d'échantillonnage de la présente étude et des études similaires précédentes (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b).

Tableau 13. Synthèse des résultats par cours d'eau et station d'échantillonnage

Rivière	Station d'échantillonnage	État des communautés de poissons		Contamination du poisson										Substances détectées dans l'eau en concentrations relativement élevées	
		Intégrité <sup>1</sup> (indice IB)	Anomalies <sup>2</sup> (%)	Espèce de poisson analysée	Substance analysée et critère de qualité <sup>3</sup>										
					BPC	Dioxines, furannes et BPC planaires <sup>4</sup>		PBDE							
						M - O 160 (ng/g)	M 0,66 (pg/g)	O 0,66 (pg/g)	tétraBDE		pentaBDE		hexaBDE		
			P	M		P	M	O	P	M					
du Loup	LOU1 : amont de Louiseville	27	19		PAP										PAE
	LOU2 / LOU3 : aval de Louiseville	39	12	Doré noir	1,5	1,5	10,3			31	10	2,4			
Shawinigan	SHA1 : amont de Shawinigan	36	2,9		PAP										PAE
	SHA2 : aval de Shawinigan	30	31	Achigan à petite bouche / Meunier noir	1,0	1,2	7,3			1,3	30	9,9	2,3		
Saint-Maurice	MAU1 : aval de La Tuque	24	28	Meunier noir			5,8			4,5	1,5				PAE
	MAU2 : à Shawinigan	39	6,3	Perchaude						1,4					
	MAU3 / MAU4 : à Trois-Rivières	33	17	Perchaude		2,3	8,3			4,2	1,4				
Nicolet Sud-ouest	SUO1 : amont d'Asbestos	42	24		PAP										PAE
	SUO2 / SUO3 : aval de Kingsy Falls	42	21	Grand brochet / méné à nageoires rouges		1,3	5,6			7,3	2,4				
Nicolet	NIC1 : amont de Victoriaville	42	8,7	Méné à nageoires rouges											PAE
	NIC2 : aval de Victoriaville	39	14	Fouille-roche zébré		1,4	25			49	16	3,7			
Bécancour	BEC1 : amont de Thetford Mines	18	12	Mulet à cornes											PAE
	BEC2 / BEC3 : aval de Thetford Mines	27	8,1		PAP										Acide salicylique, ibuprofène, naproxène, carbamazépine, Triclosan, nonylphénols éthoxylés et leurs dérivés, antimoine, arsenic, bore, chrome, cobalt, nickel, molybdène
Bourbon	BOU1 : amont de Plessisville	27	12		PAP										PAE
	BOU2 : aval de Plessisville	18	14	Meunier noir <sup>5</sup>			2,1			3,4	1,1				Acide salicylique, ibuprofène, nonylphénols éthoxylés et leurs dérivés, baryum, cobalt, manganèse, strontium, uranium
Etchemin	ETC1 / ETC2 : à St-Léon-de-Standon	18	23	Meunier noir / Naseux noir de l'Est			1,4								
	ETC3 / ETC4 : à Ste-Claire	15	5,8	Naseux noir de l'Est		3,6	5,0			2,9					
	ETC5 / ETC6 : à Lévis (embouchure)	42	14	Achigan à petite bouche <sup>6</sup>			4,9			7,2	2,4				
Saint-Charles	CHA1 / CHA2 : Québec, quartier Duberger	33	39	Meunier noir <sup>5</sup>		1,6	6,8								
	CHA3 / CHA4 : Québec, centre-ville	21	39	Meunier noir / doré jaune / grand brochet	1,6	10	56			13	4,4				Bisphénol A, substances estrogéniques?

1 bleu : très bonne; vert : bonne; jaune : moyenne; orange : faible; rouge : très faible. Sources : Richard, 1994; Richard, 1996.

2 bleu : entre 0 % et 2 %; jaune : entre 2 % et 5 %; rouge > 5 %. Sources : Richard, 1994; Richard 1996; Karr, 1991.

3 Critères pour la protection des poissons (P), des mammifères piscivores (M) et des oiseaux piscivores (O). Cases bleues : teneur < critère; cases jaunes : teneur = critère; cases rouges : teneur > critère. Les chiffres dans les cases sont les facteurs de dépassement du critère. Par exemple, 2,2 signifie une teneur 2,2 fois plus élevée que le critère. Aux stations où plus d'une espèce de poisson a été analysée, le dépassement porté au tableau est le plus élevé. Sources des critères : BPC, dioxines, furannes et BPC planaires : MDDELCC, 2017b; PBDE : Environnement Canada, 2013.

4 somme des dioxines chlorés, des furannes chlorés et des BPC planaires en équivalents toxiques de la 2,3,7,8-TCDD

5 les spécimens analysés sont de très petite taille, inférieure à la taille minimale du Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce (MDDELCC, 2018c)

PAE : pas d'analyse d'eau; PAP : pas d'analyse de poisson.

De 1996 à 2013, les concentrations de BPC dans le poisson semblent avoir augmenté légèrement et celles en dioxines et furannes chlorés semblent avoir diminué de façon substantielle. Ces changements apparents ne sont toutefois basés que sur un seul échantillon en 2013 et il en faudrait davantage pour confirmer ou infirmer la tendance.

Parmi les contaminants émergents mesurés dans l'eau, seuls le naproxène, un analgésique vendu en vente libre, et le triclosan, un produit antibactérien, ont présenté à la station en aval de Shawinigan des concentrations plus élevées qu'à presque tous les autres sites d'échantillonnage de la présente étude. Des concentrations analogues ont toutefois été obtenues dans d'autres cours d'eau, dans le cadre d'autres études. Aussi, les concentrations de triclosan demeurent de beaucoup inférieures au critère de qualité de l'eau de surface pour cette substance. Il n'y a pas de critère de qualité de l'eau auquel les résultats pour le naproxène peuvent être comparés.

### **Rivière Saint-Maurice**

En aval de La Tuque, l'intégrité biotique du Saint-Maurice est dans la classe « très faible » et le pourcentage de poissons présentant des anomalies de type DELT est élevé, à près de 28 %. La situation est meilleure à la hauteur de Shawinigan, où l'IIB atteint la classe « moyenne » et où le taux d'anomalies est à 6,3 %. À Trois-Rivières, les valeurs sont à des niveaux intermédiaires, l'IIB étant dans la classe « faible » et les anomalies s'établissant à 16,7 %.

Aux trois stations d'échantillonnage du Saint-Maurice, l'intégrité de la communauté de poissons n'est pas très différente en 2013 de ce qu'elle était en 1996. Les deux années d'échantillonnage, elle est restée très faible en aval de La Tuque, elle est passée de faible à moyenne à la hauteur de Shawinigan et l'inverse s'est produit à la hauteur de Trois-Rivières. La différence la plus importante est la baisse de six unités de l'IIB à la hauteur de Trois-Rivières. À cet endroit, en 2013, la plus grande proportion de poissons d'espèces piscivores et l'apparition d'une espèce intolérante à la pollution sont négativement contrebalancées par une hausse des anomalies de type DELT et une communauté plus largement dominée par les espèces tolérantes à la pollution.

Les concentrations de contaminants dans les poissons provenant du Saint-Maurice ne sont pas parmi les plus élevées de la présente étude, mais cela tient, du moins en partie, aux espèces et classes de taille des poissons analysés. En effet, les petites perchaudes (Shawinigan et Trois-Rivières) sont des poissons fourrage et non des prédateurs âgés et situés vers la fin de la chaîne alimentaire. Malgré des concentrations totales de dioxines chlorées, de furannes chlorés et de BPC planaires qui ne sont pas particulièrement élevées, la station en aval de La Tuque se démarque par des concentrations élevées pour ce qui des furannes chlorés, plus particulièrement du 2,3,7,8-TCDF. Il est également à noter que les concentrations de BPC, de dioxines chlorées, de furannes chlorés et de BPC planaires sont plus élevées dans les petites perchaudes capturées à la hauteur de Trois-Rivières que dans celles provenant de la partie amont de Shawinigan, ce qui porte à croire à l'existence d'un apport de ces substances entre les deux stations d'échantillonnage.

De 1996 à 2013, en aval de La Tuque, les concentrations de BPC et de dioxines et furannes chlorés semblent avoir diminué. Ces tendances apparentes pourraient être la suite de celles déjà observées de 1993 à 1996 dans le cadre d'une autre étude (Lapierre, 2002). Les changements de 1996 à 2013 ne sont toutefois basés que sur un seul échantillon en 2013 et il en faudrait davantage pour confirmer la tendance.

Les prélèvements d'eau aux trois stations d'échantillonnage dans le Saint-Maurice n'ont pas présenté des concentrations élevées pour les contaminants émergents et les autres substances analysées : médicaments, hormones, composés perfluorés, métaux, etc.

### **Rivière Nicolet Sud-Ouest**

Les agglomérations d'Asbestos, Danville et Kingsey Falls ne semblent pas avoir un effet marqué sur la communauté de poissons de la rivière Nicolet Sud-ouest, car l'IIB est dans la classe moyenne en amont comme en aval de cette suite de municipalités. Aux deux endroits cependant, le pourcentage de poissons présentant des anomalies de type DELT est élevé, soit entre 20 et 25 %.



À première vue, les résultats affichés dans le tableau 13 portent à croire que les concentrations de contaminants dans les poissons sont relativement peu élevées en aval de Kingsey Falls. Cela tient en partie aux espèces analysées, soient le brochet et le méné à nageoires rouges, qui accumulent moins les contaminants que les espèces comme le doré jaune. De fait, les concentrations dans les brochets et les ménés pêchés en aval de Kingsey Falls sont relativement élevées en comparaison de celles obtenues ailleurs pour ces deux espèces. À titre d'exemple, les concentrations dans les ménés à nageoires rouges capturés dans la rivière Nicolet en amont de Victoriaville (station NIC1, tableau 13) ne dépassent aucun critère pour les substances analysées.

Les prélèvements d'eau aux deux stations d'échantillonnage dans la rivière Nicolet Sud-Ouest n'ont pas présenté des concentrations élevées pour les contaminants émergents et autres substances analysés, comme les médicaments, les hormones, les composés perfluorés, les métaux, etc.

### Rivière Nicolet

Dans la rivière Nicolet, l'IIB est dans la classe de qualité « moyenne » en amont comme en aval de Victoriaville, indiquant que les éventuels effets de celle-ci sur les poissons ne se font pas sentir à l'échelle de la communauté. Parmi les variables intégrées à cet indice, le pourcentage de poissons avec des anomalies de type DELT est un peu plus élevé en aval de Victoriaville (14 %) qu'il ne l'est en amont (8,7 %).

La situation est différente en ce qui a trait à la contamination du poisson. Les concentrations de tous les produits chimiques mesurés dans les tissus de poissons, soit les BPC, la somme des dioxines chlorées, des furannes chlorés et des BPC planaires, les PBDE, le HBB et les chloronaphtalènes, sont plus élevées dans les fouilles-roches zébrés capturés en aval de Victoriaville que dans les ménés à nageoires rouges provenant de l'amont. Pour la somme des dioxines chlorées, des furannes chlorés et des BPC planaires, ainsi que pour les PBDE, il en résulte des dépassements des critères pour la protection des poissons et de la faune terrestre piscivore en aval de Victoriaville, alors que ce n'est pas le cas en amont. Une partie de cette différence pourrait tenir au fait que le

fouille-roche zébré est un poisson plus gras que le méné à nageoires rouges, ce qui fait qu'il est plus susceptible d'accumuler les contaminants. Cependant, il est peu probable que ce phénomène explique entièrement les concentrations élevées dans les fouilles-roches capturés en aval de Victoriaville, car des concentrations moins élevées ont été obtenues ailleurs pour cette espèce (MDDELCC, 2017c).

À l'inverse des contaminants mesurés dans le poisson, ceux mesurés dans l'eau, comme les médicaments, les hormones, les composés perfluorés, les nonylphénols éthoxylés, les métaux, etc., n'ont pas présenté des concentrations élevées aux deux stations d'échantillonnage dans la rivière Nicolet.

### Rivière Bécancour

L'intégrité de la communauté de poissons est à un niveau considéré comme « très faible » dans la Décharge du lac Bécancour et « faible » plus bas dans la rivière Bécancour, en aval de Thetford Mines, au niveau du pont du chemin de Vimy. Ce résultat dans la décharge du lac Bécancour est étonnant, compte tenu du peu de sources de pollution en amont. L'IIB n'est peut-être pas adéquat pour ce type de cours d'eau de tête de bassin.

Un problème technique a fait qu'aucun poisson pêché en aval de Thetford Mines n'a été analysé pour les contaminants. Pour leur part, les mulets à cornes provenant de la station amont présentent des niveaux de contaminants très bas pour tous les composés analysés. Il s'agit en fait de la seule station d'échantillonnage où les concentrations dans le poisson ne dépassent aucun des critères pour la protection des poissons eux-mêmes et de la faune terrestre piscivore.

La station d'échantillonnage située en aval de Thetford Mines se caractérise par des concentrations relativement élevées de quelques médicaments (acide salicylique, ibuprofène, naproxène, carbamazépine), d'un désinfectant (triclosan), d'un détergent (nonylphénols éthoxylés et leurs dérivés) et de certains métaux (antimoine, arsenic, bore, chrome, cobalt, nickel et molybdène). Aucune de ces substances ne s'y trouve toutefois en concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie

aquatique ou les niveaux pouvant être problématiques pour celle-ci.

Dans le cas du chrome et surtout du nickel, les concentrations mesurées à la station d'échantillonnage en aval de Thetford Mines dépassent les valeurs obtenues ailleurs dans des cours d'eau du Québec méridional (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b; Duchemin et Hébert, 2014). Ces concentrations de métaux plus élevées découlent vraisemblablement de la présence de parc à résidus miniers dans le bassin versant en amont de la station, dans le secteur de Thetford Mines.

### Rivière Bourbon

La rivière Bourbon semble affectée par les rejets de Plessisville, car l'IIB passe de la classe d'intégrité « faible » en amont du rejet municipal à « très faible » en aval. La baisse de l'indice à la station aval est due notamment à une communauté plus largement dominée par le meunier noir, une espèce tolérante à la pollution.

Les données du tableau 13 montrent qu'en aval de Plessisville, les concentrations pour la somme des dioxines chlorées, des furannes chlorés et des BPC planaires ainsi que celles en PBDE dépassent les critères pour la protection du poisson ou de la faune terrestre piscivore, selon le cas. Les facteurs de dépassement des critères ne sont pas élevés en comparaison avec ceux observés à d'autres stations d'échantillonnage, mais cela tient, du moins en partie, au fait que ce sont des meuniers noirs de très petite taille qui ont été analysés. Ces jeunes poissons ont eu peu de temps pour accumuler des contaminants. Néanmoins, les 24,7 ng/g de PBDE totaux dans les très petits meuniers noirs en aval de Plessisville sont élevés comparativement aux 3,2 ng/g obtenus dans la rivière Saint-Charles (CH2) et les 2,2 ng/g dans la rivière Le Renne en amont d'Acton Vale (MDDELCC, 2017c).

La station d'échantillonnage située en aval de Plessisville se caractérise par des concentrations relativement élevées de deux médicaments (acide salicylique, ibuprofène), d'un détergent (nonylphénols éthoxylés et leurs dérivés) et de certains métaux (baryum, cobalt, manganèse, strontium et uranium). Aucune de ces substances ne s'y trouve toutefois en concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie

aquatique ou les niveaux pouvant être problématiques pour celle-ci. Dans le cas des métaux, des concentrations similaires ont été obtenues dans d'autres cours d'eau drainant des territoires situés entièrement ou principalement dans les basses terres du Saint-Laurent.

### Rivière Etchemin

La communauté de poissons de la rivière Etchemin présente une très faible intégrité biotique à la hauteur de Saint-Léon-de-Standon et à Sainte-Claire, en aval de la confluence de la rivière des Abénaquis. L'intégrité est moyenne à l'embouchure de la rivière au fleuve Saint-Laurent. Quoique les sites d'échantillonnage n'étaient pas exactement les mêmes que ceux de la présente étude, un profil très similaire a été obtenu lors d'échantillonnages réalisés en 2009 (CBE, 2015). Selon les auteurs de cette étude, la très faible intégrité à Sainte-Claire et en amont serait due à un habitat physique peu favorable aux poissons.

Les contaminants analysés dans le poisson indiquent un apport probable de dioxines chlorées, de BPC planaires et de PBDE à la rivière Etchemin entre Saint-Léon-de-Standon et le secteur amont de Sainte-Claire. En effet, les naseux noirs de l'Est capturés à Sainte-Claire présentent des concentrations de ces contaminants plus élevées que ceux pêchés à Saint-Léon-de-Standon. Les concentrations de dioxines chlorées dans les poissons capturés à Sainte-Claire se distinguent de celles obtenues ailleurs dans le cadre de la présente étude et dans les études similaires réalisées dans des cours d'eau de l'Estrie, de la Montérégie, des Laurentides et de Lanaudière (MDDELCC, 2017c; MDDELCC, 2018b).

Les contaminants émergents et autres substances analysés dans l'eau, comme les médicaments, les hormones, les composés perfluorés, les nonylphénols éthoxylés, les métaux, etc., n'ont pas présenté des concentrations élevées aux deux endroits où des prélèvements d'eau ont été faits dans la rivière Etchemin, soit à son embouchure et au pont de Sainte-Claire.

### Rivière Saint-Charles

Dans le cours inférieur de la rivière Saint-Charles, à Québec, l'IIB est dans la classe de qualité « faible » à la hauteur du quartier

Duburger et dans la classe « très faible » plus en aval, dans le secteur de la rue Marie-de-l'Incarnation. Ces faibles valeurs de l'IIB reflètent une communauté dominée par des espèces tolérantes à la pollution, dont le meunier noir, particulièrement à la station aval. Cette dernière se démarque aussi par sa faible diversité (cinq espèces) et sa faible abondance de poissons (13 captures). Les deux stations ont des taux d'anomalies de type DELT très élevés, de près de 40 %.

Aux deux stations d'échantillonnage, le pourcentage d'anomalies de type DELT a augmenté substantiellement de 1999 à 2013, passant d'environ 2,5 % à environ 39 %. Cette détérioration en ce qui a trait aux anomalies est compensée par certaines améliorations d'autres variables de l'indice IIB. Il en résulte que les valeurs globales de l'indice en 2013 sont restées les mêmes qu'en 1999.

Les concentrations de BPC totaux, de la somme des dioxines chlorées, des furannes chlorés et

des BPC planaires ainsi que de polychloronaphtalènes totaux sont élevées dans les poissons provenant de la rivière Saint-Charles. C'est le cas notamment des 260 ng/g de BPC dans un doré jaune, qui dépassent le critère de 160 ng/g pour la protection de la faune terrestre piscivore. Les poissons de ce cours d'eau se caractérisent par une plus grande présence du BPC planaire n° 81.

Sauf pour le bisphénol A, les contaminants émergents et autres substances analysés dans l'eau, comme les médicaments, les hormones, les composés perfluorés, etc., n'ont pas présenté des concentrations élevées aux deux stations d'échantillonnage de la rivière Saint-Charles. À la station d'échantillonnage la plus en aval, les concentrations de bisphénol A, quoiqu'un peu plus élevées que dans les autres cours d'eau, sont demeurées très en deçà du critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique.

## CONCLUSION

Le présent rapport fait état des résultats d'échantillonnage concernant des contaminants d'intérêt émergent, des substances toxiques et l'état des communautés de poissons dans neuf cours d'eau du Québec méridional. La section *Synthèse et faits saillants* résume les principaux résultats obtenus pour chacun des cours d'eau. Ces constats permettent de tirer les généralités suivantes.

### - Contaminants émergents mesurés dans l'eau

Des contaminants d'intérêt émergent et d'autres substances ont été détectés dans l'eau à tous les sites à l'étude, mais en concentrations qui ne sont pas élevées en comparaison avec celles mesurées dans d'autres cours d'eau au Québec, au Canada et aux États-Unis. Au Québec comme ailleurs, il y a peu de contaminants émergents pour lesquels des critères de qualité de l'eau de surface sont disponibles, ce qui limite la capacité d'interprétation des résultats. Il faut aussi rappeler que dans une eau où plusieurs contaminants sont présents en même temps, même en concentrations qui respectent les critères de qualité de chacun d'entre eux, des effets sur les organismes aquatiques peuvent résulter de l'action combinée des différentes substances. De plus, des substances non visées par la présente étude, comme les pesticides, pourraient entraîner des effets sur ces organismes.

### - Métaux

On constate une certaine augmentation des concentrations de métaux dissous dans les cours d'eau en aval de certaines agglomérations urbaines visées par la présente étude, sans toutefois que les concentrations résultantes dépassent les critères de qualité de l'eau de surface de façon préoccupante.

### - Toxicité pour l'algue *P. subcapitata*

Sauf dans le Saint-Maurice, l'eau des tronçons de cours d'eau à l'étude n'est pas toxique pour les algues, selon les résultats des essais de toxicité réalisés avec l'algue *P. subcapitata*. Si des contaminants sont présents dans l'eau des secteurs à l'étude

en concentrations suffisantes pour avoir des effets toxiques pour les algues, les nutriments semblent en concentrations suffisantes pour contrebalancer ces éventuels effets toxiques. Dans le Saint-Maurice, une certaine toxicité pour *P. subcapitata* a été observée, probablement parce que les eaux du Bouclier canadien sont moins dures et contiennent moins de nutriments que celles provenant des basses terres du Saint-Laurent ou des Appalaches.

### - BPC

Le niveau de BPC dans les poissons respecte le critère de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore (160 ng/g) dans tous les spécimens analysés, sauf dans un doré noir provenant de la rivière du Loup et un doré jaune provenant de la rivière Saint-Charles. Les concentrations de BPC sont souvent plus élevées dans ces espèces piscivores situées à la fin de la chaîne alimentaire, surtout dans les gros individus, plus âgés, qui ont eu plus de temps pour accumuler des contaminants.

### - Dioxines chlorées, furannes chlorés et BPC planaires

La contamination du poisson pour la somme des dioxines et furannes chlorés et des BPC planaires dépasse le critère de qualité pour la protection des oiseaux piscivores à presque toutes les stations d'échantillonnage où le poisson a été analysé. Ce critère de qualité est d'ailleurs dépassé en maints endroits au Québec. Le BPC planaire n° 77 contribue pour une large part à ces dépassements de critère. Aux deux endroits de la présente étude où des données historiques sont disponibles, soit à l'embouchure de la rivière Shawinigan et dans le Saint-Maurice en aval de La Tuque, les données semblent indiquer une baisse de la contamination du poisson par les dioxines et les furannes chlorés de 1996 à 2015. Cette diminution poursuivrait celle déjà observée de 1993 à 1996 (Lapierre, 2002).

### - PBDE

La contamination du poisson par les PBDE à cinq atomes de brome (pentaPBDE)

dépasse les critères de qualité pour la protection des poissons eux-mêmes et ceux établis pour la protection de mammifères piscivores, et ce, à presque tous les sites d'échantillonnage où le poisson a été analysé. Ces critères de qualité sont bas (sécuritaires) et dépassés en de nombreux endroits au Québec. À trois stations d'échantillonnage, les concentrations de PBDE dans le poisson dépassent aussi le critère de qualité pour la protection des oiseaux piscivores.

- **Indice d'intégrité biotique**

L'indice d'intégrité biotique (IIB) permet d'évaluer l'état de la communauté de poissons sur la base de variables telles que l'abondance et la diversité des espèces de poissons, plutôt que par leurs teneurs en produits chimiques. À la plupart des stations d'échantillonnage de la présente étude, les communautés de poissons se situent dans les classes d'intégrité dites « faible » ou « très faible ». Les stations d'échantillonnage des rivières Nicolet Sud-Ouest et Nicolet sont plutôt dans la classe d'intégrité moyenne.

Aux sept stations d'échantillonnage où des données sont disponibles pour les périodes 1996-1999 et 2013-2015, on constate une augmentation du pourcentage de poissons avec des anomalies de type DELT au cours de cette période. Cependant, cette hausse pour les anomalies est en général compensée par des améliorations pour d'autres variables de l'IIB et il en résulte peu de changement dans la valeur globale de ce dernier.

- **Anomalies de type DELT**

L'une des variables de l'indice d'intégrité biotique est le pourcentage de poissons avec des anomalies de type DELT (déformations, érosion des nageoires, lésions et tumeurs). Un pourcentage de DELT supérieur au seuil de 5 %, indicateur d'un milieu affecté par des contaminants, a été constaté à presque toutes les stations d'échantillonnage de la présente étude. À ce chapitre, les rivières Saint-Charles à Québec, Saint-Maurice en aval de La Tuque et Shawinigan en aval de Shawinigan se démarquent avec des taux d'anomalies entre 28 et 39 %.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALSIGER, H.A., ET COLL. (2010). « A four-hour yeast bioassay for the direct measure of estrogenic activity in wastewater without sample extraction, concentration, or sterilization ». *Science of the Total Environment*, vol. 408, n° 6, p. 1422-1429.
- BERRYMAN, D., F. HOUDE, C. DE BLOIS ET M. O'SHEA (2003). *Un suivi des nonylphénols éthoxylés dans l'eau brute et l'eau traitée de onze stations de traitement d'eau potable au Québec*. Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 32 p.
- BERRYMAN, D. (2005). *Un suivi des nonylphénols éthoxylés dans sept cours d'eau recevant des eaux usées traitées d'entreprises de textiles*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 41 p. + annexes.
- BERRYMAN, D., C. SALHI, A. BOLDUC, C. DEBLOIS ET H. TREMBLAY (2012a). *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, , 35 p. et 2 annexes.
- BERRYMAN, D., B. SARRASIN ET C. DEBLOIS (2012b). *Diminution des concentrations de nonylphénols éthoxylés dans les cours d'eau du Québec méridional de 2000 à 2010*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 20 p.
- BERRYMAN, D., M. RONDEAU ET V. TRUDEAU (2014). *Concentrations de médicaments, d'hormones et de quelques autres contaminants d'intérêt émergent dans le Saint-Laurent et dans trois de ses tributaires*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec et Environnement Canada, 15 p.
- CBE (2015). *Plan directeur de l'eau des bassins versants des secteurs d'intervention de la Zone Etchemin – version finale*. Conseil de bassin de la rivière Etchemin (CBE), Saint-Henri, 333 p.
- CCME (2015). « Dioxines et furannes ». [En ligne], Conseil canadien des ministres de l'environnement, [\[https://www.ccme.ca/fr/ressources/air/dioxins\\_furans.html\]](https://www.ccme.ca/fr/ressources/air/dioxins_furans.html). (Consulté le 22 juillet 2019).
- CCME (2018). *Canadian Water quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Carbamazepine*. Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 8 p.
- CEAEQ (2012). *Modes de conservation pour l'échantillonnage des eaux de surface, DR-09-10*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 7 p.
- COMMISSION EUROPÉENNE (2011). *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – Guidance document No. 27 – Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards*. European Commission, Technical Report - 2011 - 055, 204 p.

- CORCORAN, J., M. J. WINTER ET C. R. TYLES (2010). « Pharmaceuticals in the aquatic environment: A critical review of the evidence for health effects in fish ». *Critical Reviews in Toxicology*, vol. 40, n° 4, p. 287-304.
- DUCHEMIN, M., ET S. HÉBERT (2014). *Les métaux dans les rivières du sud-ouest du Québec (2008-2011)*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 24 p. et 17 annexes.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2004a). *Stratégie de gestion du risque concernant le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés en vertu de la LCPE (1999)*. [En ligne], [[http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2014/ec/En14-139-2004-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ec/En14-139-2004-fra.pdf)] (Consulté le 24 février 2012).
- ENVIRONNEMENT CANADA (2004b). *Rapport d'évaluation environnementale préalable des polybromodiphényléthers (PBDE)*. [En ligne], [<http://www2.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=DF7DE982-1&toc=show>] (Consulté le 3 juin 2008).
- ENVIRONNEMENT CANADA (2011a). *Évaluation écologique préalable – Naphtalènes chlorés*. 53 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2011b). *Approche de gestion des risques pour les naphtalènes polychlorés (NPC)*. 17 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (2013). *Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement – Polybromodiphényléthers (PBDE)*. 28 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA ET SANTÉ CANADA (2001). *Le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés – Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) – Liste des substances d'intérêt prioritaire*. Rapport d'évaluation n° EN 40-215/57F, 105 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA ET SANTÉ CANADA (2008). *Évaluation préalable finale pour le Défi concernant le phénol 4,4' – (1méthyléthylidène)bis (Bisphénol-A) – Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 80-05-7*. [En ligne], 120 p.
- [[https://www.ec.gc.ca/ese-ees/3C756383-BEB3-45D5-B8D3-E8C800F35243/batch2\\_80-05-7\\_fr.pdf](https://www.ec.gc.ca/ese-ees/3C756383-BEB3-45D5-B8D3-E8C800F35243/batch2_80-05-7_fr.pdf)].
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2017a). *Projet d'avis de planification de la prévention de la pollution pour le triclosan – Document de consultation*. 19 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2017b). *Ébauche de recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement – Triclosan*. 11 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2017c). *L'acide pentadécafluorooctanoïque, ses sels et ses précurseurs, et les acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne, leurs sels et leurs précurseurs et le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012)*. [En ligne], [<http://ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&xml=3E603995-6012-4D22-993B-0ADEA222C2C4>] (Consulté le 19 avril 2018).
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2018a). *Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement – Perfluorooctanesulfonates (PFOS)*. 25 p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (2018b). *Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement – Bisphénol A*. 21 p.
- GAUTHIER, K., ET COLL. (2013). « Le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés – Une réussite dans leur élimination du milieu récepteur ». *Vecteur Environnement*, vol. 46, n° 1, p. 44-49.
- GOVERNEMENT DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE, 2009. *Water quality guidelines for pharmaceutically-active compounds (PhACs): 17  $\alpha$ -ethynylestradiol (EE2) – Overview report*. Colombie-Britannique, ministère de l'Environnement, 6 p.

- GOUVERNEMENT DU CANADA (2008a). « Règlement sur le sulfonate de perfluorooctane et ses sels et certains autres composés ». *Gazette du Canada*, partie II, vol. 142, n° 12, p. 1306-1387.
- GOUVERNEMENT DU CANADA (2008b). « Règlement sur les polybromodiphényléthers ». *Gazette du Canada*, partie II, vol. 142, n° 14, p. 1663-1664.
- GOUVERNEMENT DU CANADA (2016). « Règlement modifiant le Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012) ». *Gazette du Canada*, partie II, vol. 150, n° 20, p. 3533-3578.
- KARR, J. R. (1991). « Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management ». *Ecological Application*, vol. 1, n° 1, p. 66-84.
- KLEYWEGT, S., ET COLL. (2011). « Pharmaceuticals, hormones and bisphenol A in untreated source and finished drinking water in Ontario, Canada – Occurrence and treatment efficiency ». *Science of the Total Environment*, vol. 409, n° 8, p. 1481-1488.
- KOLPIN, D. W., ET COLL. (2002). « Pharmaceuticals, Hormones, and Other Organic Wastewater Contaminants in US Streams, 1999-2000: A National Reconnaissance ». *Environmental Science & Technology*, vol. 36, n° 6, p. 1202-1211.
- LALIBERTÉ, D. (2016). *La contamination des poissons d'eau douce par les substances toxiques – 3<sup>e</sup> édition*. Fiche produite dans le cadre du Programme de suivi de l'état du Saint-Laurent du Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 6 p.
- LAPIERRE, L. (2002). *Le bassin de la rivière Saint-Maurice : contamination des poissons, de l'eau et des sédiments en suspension, 1996*. Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, rapport n° EA/2002-05, 128 p. et 14 annexes.
- MANN, A. H., ET V. W. REID, 1971. « Biodegradation of synthetic detergents. Evaluation by community trials, Part 2: alcohol and alkylphenol ethoxylates ». *Journal of American Oil Chemists' Society*, vol. 48, n° 12, p. 294-297.
- MDDELCC (2011). *Protocole de préparation des échantillons de poisson pour l'analyse des métaux et composés toxiques*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 7 p. et 3 annexes.
- MDDELCC (2017a). *Protocole d'échantillonnage pour le suivi des substances toxiques dans la chair de poisson de pêche sportive en eau douce*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 7 p.
- MDDELCC (2017b). *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*. [En ligne], Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [\[http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/index.asp\]](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp).
- MDDELCC (2017c). *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau de la Montérégie et de l'Estrie*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 62 p.



- MDDELCC (2018a). *Données extraites de la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement (communication personnelle).
- MDDELCC (2018b). *Contaminants d'intérêt émergent, substances toxiques et état des communautés de poissons dans des cours d'eau des Laurentides et de Lanaudière*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 63 p.
- MDDELCC (2018c). *Biphényles polychlorés (BPC)*. [En ligne], Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [\[http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/bpc\]](http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/bpc)
- MDDEP (2011). *Résultats du suivi des produits pharmaceutiques et de soins personnels ainsi que d'hormones dans des eaux usées, de l'eau de surface et de l'eau potable au Québec*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, 108 p.
- MDEQ (2016). *Rule 57, Water Quality Values*. Michigan Department of Environmental Quality, Surface Water Assessment Section, 5 p.
- METCALFE, C. D., X. S. MIAO, B. G. KOENIG ET S. STRUGER (2003). « Distribution of acidic and neutral drugs in surface waters near sewage treatment plants in the lower Great Lakes, Canada ». *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 22, n° 12, p. 2881-2889.
- MUNCH CHRISTENSEN, A., B. MARKUSSEN, A. BAUN ET B. HALLING-SORENSEN (2009). « Probabilistic environmental risk characterisation of pharmaceuticals in sewage treatment plant discharges ». *Chemosphere*, vol. 77, p. 351-358.
- OTAN (1988). *Scientific basis for the development of international Toxicity Equivalency Factors (I-TEFF) – Method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds*. Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, Report No. 178.
- PNUE (2011). *Évaluation pour les pays méditerranéens des nouveaux POP ajoutés à la liste de la Convention de Stockholm*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, UNEP(DEPI) MED WG.352/Inf.5, 175 p. + annexes.
- RICHARD, Y. (1994). *Les communautés ichtyologiques du bassin de la rivière L'Assomption et l'intégrité biotique des écosystèmes fluviaux*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, rapport n° QE-89, 153 p. et 12 annexes.
- RICHARD, Y., 1996. *Le bassin versant de la rivière Saint-François : les communautés ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN960254, rapport n° EA-3, 70 p. et 10 annexes.
- Richard, Y. (2010). *L'intégrité biotique de la rivière Saint-Charles : situation en 1999 avant la naturalisation des berges et l'implantation des bassins de rétention*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 27 p. et 5 annexes.
- SAINT-JACQUES, N., ET Y. RICHARD (2002). *Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996*. Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 75 p. et 10 annexes.
- SANTOS, L.H., ET COLL. (2010). « Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment ». *Journal of Hazardous Materials*, vol. 175, n° 1-3, p. 45-95.

- SCHER (2011a). *Chemicals and the water framework directive: draft environmental quality standards – Diclofenac*. Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER), Commission européenne, 8 p.
- SCHER (2011b). *Chemicals and the water framework directive: draft environmental quality standards – Ethinylestradiol (EE2)*. Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER), Commission européenne, 9 p.
- STIFF, M. J., R. C. ROOTHAM ET G. E. CULLEY (1973). « The effects of temperature on the removal on non-ionic surfactants during small-scale activated-sludge sewage treatment – I. Comparison of alcohol ethoxylates with a branched-chain alkyl phenol ethoxylate ». *Water Research Journal*, vol. 7, n° 7, p. 1003-1010.
- TERNES, T. A. (1998). « Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers ». *Water Research*, vol. 32, n° 11, p. 3245-3260.
- USEPA (1998). « National Recommended Water Quality Criteria; Republication – Notices ». États-Unis, Environmental Protection Agency, *Federal Register*, vol. 63, n° 237, p. 68354-68364.
- USEPA (2008). *Framework for Application of the Toxicity Equivalence Methodology for Polychlorinated Dioxins, Furans, and Biphenyls in Ecological Risk Assessment*. États-Unis, Environmental Protection Agency, EPA/100/R-08/004, 92 p.
- USEPA (2015). *ECOTOX User Guide: ECOTOXicology Database System, Version 4.0*. [En ligne], États-Unis, Environmental Protection Agency, [\[http://www.epa.gov/ecotox\]](http://www.epa.gov/ecotox) (Consulté le 1<sup>er</sup> octobre 2015).
- VERLICHI, P., M. AL AUKIDY ET E. ZAMBELLO (2012). « Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: Removal, mass load and environmental risk after secondary treatment – A review ». *Science of the Total Environment*, vol. 429, p. 123-155.
- WHITE, R., ET COLL. (1994). « Environmentally persistent alkylphenolic compounds are oestrogenic ». *Endocrinology*, vol. 135, n° 1, p. 175-182.

## ANNEXES

## Annexe 1. Informations sur les stations d'échantillonnage

Rivière	Site	Numéro de station		Description	Coordonnées		Composante échantillonnée		Méthode de pêche
		Carte	BQMA		Latitude	Longitude	Eau	Poissons	
du Loup	amont de Louiseville	LOU1	05280074	en amont du pont de la route 138	46,27445	-72,92804		X	Bateau
	aval de Louiseville	LOU2	05280075	865 m en aval de la ligne électrique, rue Notre-Dame Sud	46,23580	-72,92283		X	Bateau
	aval de Louiseville	LOU3	05280076	125 m en amont de l'embouchure de la Petite rivière du Loup	46,23075	-72,93335	X		-
Shawinigan	amont de Shawinigan	SHA1	05010427	2,4 km en aval du pont de Saint-Gérard-des-Laurentides	46,59535	-72,79388		X	À gué
	aval Shawinigan	SHA2	05010424	200 en amont de l'embouchure	46,54085	-72,76718	X	X	Bateau
Saint-Maurice	aval de LaTuque	MAU1	05010528	7,9 km en aval du barrage de LaTuque	47,37313	-72,79791		X	Bateau
	Shawinigan en aval du banc de chaux	MAU2	05010535	aval immédiat du banc de chaux	46,53947	-72,74220	X	X	Bateau
	Trois-Rivières	MAU3	05010008	pont de l'autoroute 40	46,36655	-72,55806		X	Bateau
	Trois-Rivières	MAU4	05010572	au 2206, boul. des Chenaux	46,36465	-72,55234	X		-
Nicolet Sud-Ouest	amont d'Asbestos	SUO1	03010041	pont du 6e rang en amont des Trois-Lacs	45,78367	-71,84636		X	À gué
	aval de Kingsey Falls	SUO2	03010123	3,2 km en aval du pont à Kingsey Falls	45,86223	-72,10709		X	À gué
	aval de Kingsey Falls	SUO3	03010127	derrière le 53 rue de l'Opale	45,87677	-72,14653	X		-
Nicolet	amont de Victoriaville	NIC1	03010124	2,2 km en amont du pont de la rue du Muguet	45,99197	-71,87770		X	À gué
	aval de Victoriaville	NIC2	03010125	derrière le 108 rue Montcalm	46,04496	-71,98909	X	X	À gué
Bécancour	amont de Thetford Mines	BEC1	02400037	pont du rang de la Colline	46,08893	-71,23920		X	À gué
	aval de Thetford Mines	BEC2	02400078	pont du chemin de Vimy	46,03365	-71,40243		X	À gué
	aval de Thetford Mines	BEC3	02400005	pont de la route Marcheterre	46,04564	-71,44710	X		-
Bourbon	amont de Plessisville	BOU1	02400048	pont du 11e rang au sud de Plessisville	46,18395	-71,75406		X	À gué
	aval de Plessisville	BOU2	02400076	pont de la route Bellevue	46,25514	-71,79390	X	X	À gué
St-Charles	quartiers Duberger et Les-Saules	CHA1	5090020	pont du boulevard Central	46,80921	-71,29199	X		-
	quartiers Duberger et Les-Saules	CHA2	5090020	100 m en amont du pont du boul. Central	46,80880	-71,29316		X	À gué
	centre-ville	CHA3	5090018	470 m en aval du pont Marie-de-l'Incarnation	46,81502	-71,24563		X	Bateau
	centre-ville	CHA4	5090017	pont Dorchester (avenue du Pont)	46,81929	-71,22372	X		-
Etchemin	amont de Saint-Léon-de-Standon	ETC1	2330071	100 m en amont du pont de St-Léon-de-Standon	46,47755	-70,61888		X	Bateau
	amont de Saint-Léon-de-Standon	ETC2	2330071	pont de la rue de l'Église à St-Léon-de-Standon	46,47777	-70,61925	X		-
	Sainte-Claire	ETC3	2330006	1 km en amont du pont de Sainte-Claire	46,59660	-70,85740		X	À gué
	Sainte-Claire	ETC4	2330006	pont de Sainte-Claire	46,59571	-70,86970	X		-
	Lévis (embouchure)	ETC5	2330001	200 m en aval du pont de la route 132	46,76043	-71,23066		X	À gué
	Lévis (embouchure)	ETC6	2330001	pont de la route 132	46,75982	-71,22827	X		-

## Annexe 2. Substances analysées et limites de détection

Famille de substances Substance	Limite de détection*
<u>Analyse de l'eau</u>	
<b>Médicaments, triclosan et caféine</b>	<b>(ng/l)</b>
Acide salicylique	55
Acide clofibrique	5
Ibuprofène	6
Gemfibrozil	5
Caféine	13
Chlorophène	7
Fénopropène	11
Naproxène	20
Triclosan	6
Kétoprofène	6
Acide diclofénacique	5
Carbamazépine	5
Pentoxifylline	23
Fénofibrate	11
Mestranol	8
Bezafibrate	9
Indométhacine	10
<b>Hormones, bisphénol A et autres</b>	<b>(ng/l)</b>
4-ter-Octylphénol	3
Nonylphénol grade technique	80
p-n-Nonylphénol	2
Bisphénol A	2
Estrone	0,5
Estradiol-17b	1
Testostérone	4
17A-Éthynylestradiol	2
Coprostan	1
Estriol	2
Coprostan-3-ol	4
Coprostan-3-one	4
Cholestérol	80
<b>Composés perfluorés</b>	<b>(ng/l)</b>
Perfluorohexanesulfonate (PFHxS)	1
Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	1
Acide perfluorooctanoïque (PFOA)	1
Perfluorodécane sulfonate (PFDS)	4
Acide perfluorononanoïque (PFNA)	1
Acide perfluorodécanoïque (PFDA)	2
Acide perfluoroundécanoïque (PFUdA)	2
Acide 2H-perfluoro-octénoïque (FHUEA)	2
Acide 2H-perfluoro-décénoïque (FOUEA)	1
Acide 2H-perfluoro-dodécénoïque (FDUEA)	2
Perfluorooctane sulfonamide (PFOSA)	1
N-méthyle perfluorooctane sulfonamide (N-me PFOSA)	6
N-éthyle perfluorosulfonamide (N-Et PFOSA)	6

## Annexe 2. Substances analysées et limites de détection (suite)

Famille de substances	Limite de détection*
Substance	
<u>Analyse de l'eau</u>	
<b>Nonylphénols éthoxylés</b>	<b>(µg/l)</b>
NP1EO	0,03
NP2EO	0,04
NP3EO	0,07
NP4EO	0,05
NP5EO	0,04
NP6EO	0,05
NP7EO	0,05
NP8EO	0,05
NP9EO	0,05
NP10EO	0,05
NP11EO	0,03
NP12EO	0,04
NP13EO	0,07
NP14EO	0,04
NP15EO	0,03
NP16EO	0,03
NP17EO	0,01
NP1EC	0,005
NP2EC	0,006
4-Tert-octylphénol	3
Para-n-nonylphénol	2
Nonylphénol grade technique	80
<b>Métaux dissous</b>	<b>(µg/l)</b>
Argent	0,002
Aluminium	0,4
Arsenic	0,03
Bore	0,3
Baryum	0,02
Béryllium	0,008
Cadmium	0,006
Cobalt	0,007
Chrome	0,04
Cuivre	0,05
Fer	0,5
Manganèse	0,004
Molybdène	0,003
Nickel	0,03
Plomb	0,03
Antimoine	0,004
Sélénium	0,2
Strontium	0,005
Uranium	0,001
Vanadium	0,01
Zinc	0,3

## Annexe 2. Substances analysées et limites de détection (suite)

Famille de substances	Limite de détection*
Substance	
<b>Analyse des poissons</b>	
<b>BPC</b>	<b>(ng/g)</b>
Trichlorobiphényles	
IUPAC # 18	0,002
IUPAC # 17	0,002
IUPAC # 31	0,001
IUPAC # 28	0,001
IUPAC # 33	0,001
Tétrachlorobiphényles	
IUPAC # 52	0,001
IUPAC # 49	0,001
IUPAC # 44	0,001
IUPAC # 74	0,002
IUPAC # 70	0,002
Pentachlorobiphényles	
IUPAC # 95	0,002
IUPAC # 101	0,002
IUPAC # 99	0,001
IUPAC # 87	0,002
IUPAC # 110	0,001
IUPAC # 82	0,002
IUPAC # 118	0,001
IUPAC # 105	0,001
Hexachlorobiphényles	
IUPAC # 151	0,001
IUPAC # 149	0,001
IUPAC # 153	0,001
IUPAC # 132	0,002
IUPAC # 138	0,001
IUPAC # 158*	0,001
IUPAC # 128	0,002
IUPAC # 156	0,001
IUPAC # 169	0,001
Heptachlorobiphényles	
IUPAC # 187*	0,001
IUPAC # 183	0,001
IUPAC # 177	0,001
IUPAC # 171	0,001
IUPAC # 180	0,001
IUPAC # 191*	0,001
IUPAC # 170*	0,001
Octachlorobiphényles	
IUPAC # 199	0,001
IUPAC # 195	0,001
IUPAC # 194	0,001
IUPAC # 205	0,001
Nonachlorobiphényles	
IUPAC # 208	0,002
IUPAC # 206	0,003

## Annexe 2. Substances analysées et limites de détection (suite)

Famille de substances	Limite de détection*
Substance	
<b>Analyse des poissons</b>	
<b>BPC</b>	<b>(ng/g)</b>
Décachlorobiphényles	
IUPAC # 209	0,001
TRI-CB totaux	0,001
TETRA-CB totaux	0,001
PENTA-CB totaux	0,001
HEXA-CB totaux	0,001
HEPTA-CB totaux	0,001
OCTA-CB totaux	0,001
NONA-CB totaux	0,002
<b>Dioxines et furannes chlorés</b>	<b>(pg/g)</b>
2,3,7,8-TCDD	0,1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,1
OCDD	0,1
2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,1
2,3,4,7,8-PeCDF	0,1
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,2
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,2
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,1
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,1
OCDF	0,1
Tétra dioxines totaux	0,1
Penta dioxines totaux	0,1
Hexa dioxines totaux	0,1
Hepta dioxines totaux	0,1
Tétra furannes totaux	0,1
Penta furannes totaux	0,1
Hexa furannes totaux	0,1
Hepta furannes totaux	0,1
<b>BPC planaires</b>	<b>(ng/g)</b>
Tétrachlorobiphényles	
IUPAC # 77	0,001 à 0,003
IUPAC # 81	0,001 à 0,004
Pentachlorobiphényles	
IUPAC # 105	0,001 à 0,002
IUPAC # 114 et # 122	0,001 à 0,002
IUPAC # 118	0,001 à 0,002
IUPAC # 123	0,001 à 0,002
IUPAC # 126	0,001 à 0,002



## Annexe 2. Substances analysées et limites de détection (suite)

Famille de substances	Limite de détection*
Substance	
<b>Analyse des poissons</b>	
<b>BPC planaires</b>	<b>(ng/g)</b>
Hexachlorobiphényles	
IUPAC # 156	0,001 à 0,005
IUPAC # 157	0,001 à 0,005
IUPAC # 167	0,001 à 0,002
IUPAC # 169	0,001 à 0,005
Heptachlorobiphényles	
IUPAC # 170	0,001 à 0,005
IUPAC # 189	0,001 à 0,005
<b>Polybromodiphényles éthers (PBDE)</b>	<b>(ng/g)</b>
IUPAC #17	0,01
IUPAC #28	0,01
Tétrabromodiphényles éther	
IUPAC #47	0,01
IUPAC #49	0,01
IUPAC #66	0,01
IUPAC #71	0,01
IUPAC #77	0,01
Pentabromodiphényles éther	
IUPAC#85	0,01 à 0,03
IUPAC#99	0,01
IUPAC#87	0,01
IUPAC#100	0,01
IUPAC#119	0,01
IUPAC#126	0,01
Hexabromodiphényles éther	0,01
IUPAC#138	0,01
IUPAC#153	0,01
IUPAC#154	0,01 à 0,02
IUPAC#156	
Heptabromodiphényles éther	
IUPAC#183	0,01 à 0,02
IUPAC#184	0,01 à 0,02
IUPAC#191	0,01 à 0,02
Octabromodiphényles éther	
IUPAC#196	0,02 à 0,07
IUPAC#197	0,02 à 0,06
Nonabromodiphényles éther	
IUPAC #206	0,03 à 1
IUPAC #207	0,03 à 1
Décabromodiphényles éther	
IUPAC #209	0,05 à 0,8
Hexabromobiphényles	
IUPAC #153	0,01

## Annexe 2. Substances analysées et limites de détection (suite)

Famille de substances Substance	Limite de détection*
<b>Analyse des poissons</b>	
<b>Polychloronaphtalènes</b>	<b>(pg/g)</b>
Pentachloronaphtalène	
1,2,3,4,5-Penta CN (IUPAC # 49)	0,3 à 1
1,2,3,4,6-Penta CN (IUPAC # 50)	0,3 à 1
1,2,3,5,7-Penta CN (IUPAC # 52)	0,3 à 1
1,2,3,5,8-Penta CN (IUPAC # 53)	0,3 à 1
1,2,3,6,7-Penta CN (IUPAC # 54)	0,3 à 1
Hexachloronaphtalène	
1,2,3,4,6,7 et 5,6,7-Hexa CN (IUPAC # 66 et 67)	0,1 à 0,2
1,2,3,5,6,8-Hexa CN (IUPAC # 68)	0,1 à 0,2
1,2,3,5,7,8-Hexa CN (IUPAC # 69)	0,1 à 0,2
1,2,3,6,7,8-Hexa CN (IUPAC # 70)	0,1 à 0,6
1,2,4,5,6,8 et 7,8-Hexa CN (IUPAC # 71 et 68)	0,1 à 0,3
Heptachloronaphtalène	
1,2,3,4,5,6,7-Hepta CN (IUPAC # 73)	0,09 à 0,1
1,2,3,4,5,6,8-Hepta CN (IUPAC # 74)	0,09 à 0,1
Octachloronaphtalène	
Octa CN (IUPAC # 75)	0,4 à 0,7

\* un intervalle ( x à x) signifie que la limite varie selon l'échantillon

### Annexe 3. Facteurs d'équivalence toxique pour les dioxines et les furannes chlorés et les BPC planaires

Substance	Facteur d'équivalence toxique	
	Mammifères	Oiseaux
<b>Dioxines</b>		
2,3,7,8-TCDD	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,05
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,01
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,0005
OCDD	0,0003	0,0001
<b>Furannes</b>		
2,3,7,8-TCDF	0,1	1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,03	1
2,3,4,7,8-PeCDF	0,3	1
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01
OCDF	0,0003	0,0001
<b>BPC planaires</b>		
Tétrachlorobiphényles (IUPAC # 77)	0,0001	0,05
Tétrachlorobiphényles (IUPAC # 81)	0,0003	0,1
Pentachlorobiphényles (IUPAC # 105)	0,00003	0,0001
Pentachlorobiphényles (IUPAC # 114)	0,00003	0,0001
Pentachlorobiphényles (IUPAC # 118)	0,00003	0,00001
Pentachlorobiphényles (IUPAC # 123)	0,00003	0,00001
Pentachlorobiphényles (IUPAC # 126)	0,1	0,1
Hexachlorobiphényles (IUPAC # 156)	0,00003	0,0001
Hexachlorobiphényles (IUPAC # 157)	0,00003	0,0001
Hexachlorobiphényles (IUPAC # 167)	0,00003	0,00001
Hexachlorobiphényles (IUPAC # 169)	0,03	0,001
Heptachlorobiphényles (IUPAC # 189)	0,00003	0,00001

\* source : EPA, 2008.

## Annexe 4. Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées

Espèces	Niveau de tolérance	Niveau trophique	Bécancour		Bourbon		du Loup		Nicolet		Nicolet Sud-Ouest	
			BEC01-PE	BEC02-P	BOU01-P	BOU02-PE	LOUP01-PE	LOUP02-P	NIC01-PE	NIC02-PE	SO01-P	SO02-P
<b>Catostomidae</b>												
CHEVALIER BLANC	INR	INS	-	-	-	-	2	3	-	4	-	2
<i>Moxostoma anisurum</i>			-	-	-	-	(265,8)	(3191,2)	-	(6,1)	-	(2249,0)
CHEVALIER ROUGE	INR	INS	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			-	-	-	-	(40,8)	-	-	(1,7)	-	-
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	16	138	-	125	1	-	5	12	-	3
<i>Catostomus commersonii</i>			(600,0)	(528,0)	(64,1)	(5250,0)	(35,0)	-	(19,9)	(91,0)	-	(131,5)
MEUNIER ROUGE	INR	INS	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Catostomus catastomus</i>			(35,0)	(18,9)	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Centrarchidae</b>												
ACHIGAN A PETITE BOUCHE	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	1	7	3
<i>Micropterus dolomieu</i>			-	-	-	-	-	-	-	(1,1)	(256,1)	(318,8)
CRAPET DE ROCHE	INR	INS	-	-	-	-	2	-	-	1	-	6
<i>Ambloplites rupestris</i>			-	-	-	-	(322,3)	-	-	(12,7)	-	(153,5)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	2	-	-	-	11	-	24	7	7
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	(16,9)	-	-	-	(398,5)	-	(208,6)	(81,3)	(89,6)
<b>Cottidae</b>												
CHABOT TACHETE	INR	INS	-	-	2	7	-	-	-	-	-	-
<i>Cottus bairdi</i>			-	-	(9,0)	(41,1)	-	-	-	-	-	-
<b>Cyprinidae</b>												
CARPE	TOL	OMN	-	-	-	-	4	2	-	-	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>			-	-	-	-	(8160,0)	(10590,0)	-	-	-	-
MÈNE A MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	-	-	-	1	-	-	26	1	-	1
<i>Pimphales notatus</i>			-	-	-	(5,2)	-	-	(91,1)	(1,5)	-	(2,0)
MÈNE A NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	9	60	1	29	-	7	1	-	7	10
<i>Luxilus cornutus</i>			(34,8)	(307,8)	(3,4)	(299,5)	-	(6,1)	(2,3)	-	(11,4)	(107,2)
MÈNE A TACHE NOIRE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis hudsonius</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÈNE-BEC-DE-LIEVRE	INTO	INS	-	-	-	1	-	-	82	10	32	2
<i>Exoglossum maxillingua</i>			-	-	-	(27,0)	-	-	(578,1)	(83,8)	(314,7)	(24,0)
MÈNE BLEU	INR	INS	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-
<i>Cyprinella spiloptera</i>			-	-	-	-	(7,6)	(8,9)	-	-	-	-
MÈNE JAUNE	TOL	OMN	-	-	-	2	-	-	-	-	-	9
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	-	-	(5,2)	-	-	-	-	-	(34,1)
MÈNE PALE	INTO	INS	-	-	-	6	-	-	-	-	1	-
<i>Notropis volucellus</i>			-	-	-	(10,0)	-	-	-	-	(1,2)	-
MULET A CORNES	TOL	OMN	62	38	9	15	-	-	2	1	1	-
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(656,4)	(149,5)	(43,3)	(192,3)	-	-	(31,0)	(2,9)	(2,4)	-
NASEUX DES RAPIDES	INR	INS	-	24	39	3	-	-	7	-	-	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	(88,2)	(208,0)	(15,8)	-	-	(35,5)	-	-	-
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	OMN	7	1	39	1	-	-	3	-	-	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>			(23,3)	(0,3)	(134,5)	(3,3)	-	-	(6,1)	-	-	-
QUITOUCHE	INR	OMN	1	-	-	8	1	2	-	-	7	-
<i>Semotilus corporalis</i>			(12,4)	-	-	(486,3)	(11,3)	(6,6)	-	-	(40,4)	-
MÈNE A TÊTE ROSE	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Notropis rubellus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	(5,3)
<b>Esocidae</b>												
GRAND BROCHET	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Esox lucius</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	(2114,9)
MASKINONGE	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Esox masquinongy</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gasterosteidae</b>												
EPINOÏCHE A CINQ EPINES	TOL	INS	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Culaea inconstans</i>			-	(0,2)	-	(0,7)	-	-	-	-	-	-
<b>Hiodontidae</b>												
LAQUAÏCHE ARGENTÉE	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hiodon tergisus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ictaluridae</b>												
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	-	7	4	-	-	-	-	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>			-	-	-	(150,3)	(640,3)	-	-	-	-	-
CHAT-FOU DES RAPIDES	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
<i>Noturus flavus</i>			-	-	-	-	-	-	(19,6)	(50,6)	-	-
<b>Percidae</b>												
DARD BARRE	INR	INS	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma flabellare</i>			-	-	(9,6)	(2,8)	-	-	-	-	-	-
DORE JAUNE	INR	PIS	-	-	-	-	2	3	-	-	1	-
<i>Sander vitreus</i>			-	-	-	-	(17,6)	(19,2)	-	-	(68,3)	-
DORE NOIR	INR	PIS	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-
<i>Sander canadensis</i>			-	-	-	-	-	(4908,0)	-	-	-	-
FOUILLE-ROCHE ZEBRE	INR	INS	-	-	-	-	3	2	-	8	9	5
<i>Percina caprodes</i>			-	-	-	-	(26,2)	(12,4)	-	(106,5)	(69,0)	(42,4)
PERCHAUDE	INR	INS	18	-	-	6	4	22	-	-	-	-
<i>Perca flavescens</i>			(105,4)	-	-	(172,0)	(383,9)	(448,8)	-	-	-	-
RASEUX-DE-TERRÉ GRIS	TOL	INS	-	-	2	4	-	-	3	5	-	-
<i>Etheostoma olmstedii</i>			-	-	(5,0)	(13,0)	-	-	(7,2)	(11,9)	-	-
RASEUX-DE-TERRÉ NOIR	INR	INS	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma nigrum</i>			-	-	(3,2)	-	-	-	-	-	-	-
<b>Percopsidae</b>												
OMISCO	INR	INS	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Percopsis omiscomaycus</i>			-	-	-	-	(7,1)	-	-	-	-	-
<b>Salmonidae</b>												
OMBLE DE FONTAINE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salvelinus fontinalis</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Petromyzontidae</b>												
LAMPROIE DE L'EST	INTO	FIL	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-
<i>Lampetra appendix</i>			-	-	(18,3)	-	-	-	(15,6)	-	-	-
<b>Lotidae</b>												
Lotte	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lota lota</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Nombre total d'espèces</b>			7	8	10	16	12	10	10	12	9	12
<b>Abondance totale</b>			114	269	105	217	27	67	132	71	72	53
<b>Biomasse totale (g)</b>			1467,3	1109,8	498,4	6674,5	9917,9	19589,7	806,4	578,4	844,8	5272,3
<b>PUE totale</b>			20,7	21,5	11,1	21,4	1,2	2,7	10	4,4	5,5	3,1
<b>BUE totale</b>			266,8	88,8	52,5	658,7	430,3	789,9	61,2	35,4	64,4	309,2

TOL : tolérant; INR : intermédiaire; INTO : intolérant; OMN : omnivore; INS : insectivore; PIS : piscivore; FIL : filtreur

### Annexe 4 Abondance et biomasse (g) des espèces capturées (suite)

Espèces	Shawinigan		Saint-Maurice			Saint-Charles		Etchemin		
	SHA02-P	SHA03-PE	SM01-P	SM02-PE	SM03-P	CHAR01-PT	CHAR02-PT	ETCH01-PT	ETCH02-PT	ETCH03-PT
<b>Catostomidae</b>										
CHEVALIER BLANC	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Moxostoma anisurum</i>	-	-	-	-	(1993,3)	-	-	-	-	-
CHEVALIER ROUGE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEUNIER NOIR	9	9	15	4	-	4	8	27	4	1
<i>Catostomus commersonii</i>	(7,4)	(11430,0)	(11844,5)	(125,0)	-	(121,9)	(2851,5)	(4227,9)	(1,5)	(0,7)
MEUNIER ROUGE	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-
<i>Catostomus catostomus</i>	-	-	-	-	-	(307)	-	-	-	-
<b>Centrarchidae</b>										
ACHIGAN A PETITE BOUCHE	-	20	-	4	2	-	-	-	-	19
<i>Micropterus dolomieu</i>	-	(2810,0)	-	(1987,7)	(159,2)	-	-	-	-	(498,7)
CRAPET DE ROCHE	3	6	3	2	-	-	-	-	-	-
<i>Ambloplites rupestris</i>	(31,9)	(604,6)	(48,0)	(271,9)	-	-	-	-	-	-
CRAPET SOLEIL	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Lepomis gibbosus</i>	-	(7,1)	-	(65,5)	-	-	-	-	-	-
<b>Cottidae</b>										
CHABOT TACHETE	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
<i>Cottus bairdi</i>	-	-	-	-	-	(12,3)	-	-	-	-
<b>Cyprinidae</b>										
CARPE	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>	-	-	-	-	(7350,0)	-	-	-	-	-
MÈNE A MUSEAU ARRONDI	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Pimephales notatus</i>	-	-	-	-	-	-	(2,9)	-	-	-
MÈNE A NAGEOIRES ROUGES	-	-	16	-	-	-	-	11	-	-
<i>Luxilus cornutus</i>	-	-	(57,2)	-	-	-	-	(34)	-	-
MÈNE A TACHE NOIRE	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis hudsonius</i>	-	-	-	(87,1)	-	-	-	-	-	-
MÈNE-BEC-DE-LIEVRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Exoglossum maxillingua</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6,3)
MÈNE BLEU	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Cyprinella spiloptera</i>	-	-	-	-	(6,7)	-	-	-	-	-
MÈNE JAUNE	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	-	-	-	(7,5)	-	-	-	-	-	-
MÈNE PALE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis volucellus</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MULET A CORNES	1	-	-	-	-	3	-	39	-	-
<i>Semotilus atromaculatus</i>	(0,3)	-	-	-	-	(34)	-	(383,7)	-	-
NASEUX DES RAPIDES	5	-	-	-	-	3	-	1	7	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>	(13,8)	-	-	-	-	(11,3)	-	(4)	(15,1)	-
NASEUX NOIR DE L'EST	1	-	-	-	-	-	-	14	40	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>	(0,3)	-	-	-	-	-	-	(27,9)	(70,1)	-
QUITOUICHE	-	-	-	6	8	-	-	-	-	-
<i>Semotilus corporalis</i>	-	-	-	(59,9)	(222,8)	-	-	-	-	-
MÈNE A TÊTE ROSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis rubellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Esocidae</b>										
GRAND BROCHET	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
<i>Esox lucius</i>	-	-	-	-	(386)	-	(987,3)	-	-	-
MASKINONGE	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Esox masquinongy</i>	-	(1121,2)	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gasterosteidae</b>										
EPINOÏCHE A CINQ EPINES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Culaea inconstans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Hiodontidae</b>										
LAQUAÏCHE ARGENTÉE	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Hiodon tergisus</i>	-	-	-	-	(528,3)	-	-	-	-	-
<b>Ictaluridae</b>										
BARBOTTE BRUNE	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>	-	-	(17,7)	(749,6)	-	-	-	-	-	-
CHAT-FOU DES RAPIDES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Noturus flavus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Percidae</b>										
DARD BARRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma flabellare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DORE JAUNE	-	-	1	2	-	-	1	-	-	-
<i>Sander vitreus</i>	-	-	(533,0)	(685,9)	-	-	(1497,8)	-	-	-
DORE NOIR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sander canadensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOUILLE-ROCHE ZEBRE	-	5	-	-	2	6	-	-	-	4
<i>Percina caprodes</i>	-	(31,2)	-	-	(7,9)	(36,3)	-	-	-	(49,5)
PERCHAUDE	-	-	-	6	5	-	-	2	-	-
<i>Perca flavescens</i>	-	-	-	(362,3)	(193,2)	-	-	(223,6)	-	-
RASEUX-DE-TERRE GRIS	8	-	-	-	-	10	2	-	-	2
<i>Etheostoma olmstedi</i>	(18,2)	-	-	-	-	(34,1)	(5,1)	-	-	(3,5)
RASEUX-DE-TERRE NOIR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma nigrum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Percopsidae</b>										
OMISCO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Percopsis omiscomaycus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Salmonidae</b>										
OMBLE DE FONTAINE	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
<i>Salvelinus fontinalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	(479,6)	-	-
<b>Petromyzontidae</b>										
LAMPROÏE DE L'EST	8	-	-	-	-	1	-	-	-	4
<i>Lampetra appendix</i>	(68,3)	-	-	-	-	(14,4)	-	-	-	(33)
<b>Lotidae</b>										
Lotte	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1
<i>Lota lota</i>	-	-	-	-	-	-	-	(82,8)	-	(42,3)
<b>Nombre total d'espèces</b>										
	7	6	5	10	9	8	5	8	3	7
<b>Abondance totale</b>										
	35	42	36	48	24	41	13	101	51	34
<b>Biomasse totale (g)</b>										
	140,2	16004,1	12500,4	4402,4	10847,4	571,3	5344,6	5463,5	86,7	634
<b>PUE totale</b>										
	1,3	1,7	1	2,6	0,5	3,1	0,8	4,3	2,8	1,7
<b>BUE totale</b>										
	5,4	662,7	362,7	238,8	234,8	43,2	326,9	232,8	4,8	30,8

TOL : tolérant; INR : intermédiaire; INTO : intolérant; OMN : omnivore; INS : insectivore; PIS : piscivore; FIL : filtreur

**Annexe 5. Valeurs de chacune des variables et codification retenue [ ] pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique**

Rivière	Station	Année	Densité relative des omnivores		Densité relative des cyprinidés insectivores		Densité relative des piscivores		Proportion des poissons avec des anomalies de type DELT		Nombre d'espèces intolérantes		Nombre d'espèces de catostomidés		IWB-IWBm		Indice d'intégrité biotique (IIB) (x 1,5)	Classe d'intégrité biotique
			(%)	[ ]	(%)	[ ]	(%)	[ ]	(%)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]			
Bécancour	BEC01-PE	2013	76	[1]	8	[1]	0	[1]	11,7	[1]	0	[1]	2	[5]	1,71	[2]	18	très faible
	BEC02-P	2013	66	[1]	31	[3]	0	[1]	8,1	[1]	0	[1]	2	[5]	1,01	[6]	27	faible
Bourbon	BOU01-P	2013	51	[1]	38	[3]	0	[1]	11,9	[1]	1	[3]	1	[3]	0,72	[6]	27	faible
	BOU02-PE	2013	70	[1]	18	[1]	0	[1]	14	[1]	2	[3]	1	[3]	1,56	[2]	18	très faible
du Loup	LOUP01-PE	2013	22	[3]	7	[1]	7	[5]	18,5	[1]	0	[1]	3	[5]	1,31	[2]	27	faible
	LOUP02-P	2013	6	[5]	15	[1]	22	[5]	11,9	[1]	0	[1]	1	[3]	0,40	[10]	39	moyenne
Nicolet	NIC01-PE	2013	27	[3]	68	[5]	0	[1]	8,7	[1]	3	[5]	1	[3]	0,28	[10]	42	moyenne
	NIC02-PE	2013	20	[3]	14	[1]	1	[3]	14,3	[1]	2	[3]	3	[5]	0,26	[10]	39	moyenne
Nicolet Sud-Ouest	SO01-P	2013	11	[5]	56	[5]	1,4	[3]	23,6	[1]	2	[3]	0	[1]	0,01	[10]	42	moyenne
	SO02-P	2013	25	[3]	30	[3]	1,9	[3]	20,8	[1]	2	[3]	2	[5]	0,16	[10]	42	moyenne
Shawinigan	SHA02-P	2013	31	[3]	14	[1]	0	[1]	2,9	[3]	1	[3]	1	[3]	0,50	[10]	36	faible
	SHA03-PE	2013	21	[3]	0	[1]	50	[5]	31	[1]	0	[1]	1	[3]	0,75	[6]	30	faible
Saint-Maurice	SM01-P	2013	42	[3]	44	[3]	3	[3]	27,8	[1]	0	[1]	1	[3]	1,78	[2]	24	très faible
	SM02-PE	2013	23	[3]	38	[3]	13	[5]	6,3	[1]	0	[1]	1	[3]	0,20	[10]	39	moyenne
	SM03-P	2013	38	[3]	8	[1]	13	[5]	16,7	[1]	1	[3]	1	[3]	0,59	[6]	33	faible
Saint-Charles	CHAR01-PT	2015	17,1	[5]	7,3	[1]	0	[1]	39,2	[1]	1	[3]	2	[5]	0,53	[6]	33	faible
	CHAR02-PT	2015	69,2	[1]	0,0	[1]	15,4	[5]	38,5	[1]	0	[1]	1	[3]	1,32	[2]	21	très faible
Etchemin	ETCH01-PT	2015	79,2	[1]	11,9	[1]	3,0	[3]	22,7	[1]	0	[1]	1	[3]	1,73	[2]	18	très faible
	ETCH02-PT	2015	86,3	[1]	13,7	[1]	0	[1]	5,8	[1]	0	[1]	1	[3]	1,87	[2]	15	très faible
	ETCH03-PT	2015	2,9	[5]	8,8	[1]	58,8	[5]	14,3	[1]	2	[3]	1	[3]	0,05	[10]	42	moyenne





**Environnement  
et Lutte contre  
les changements  
climatiques**

**Québec** 