



# Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic

L'état de la communauté piscicole de la  
rivière Chaudière en 2016



### Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Elle s'inscrit dans le plan d'action du MDDELCC face au déversement de pétrole dans la rivière Chaudière survenu le 6 juillet 2013, lors de l'accident ferroviaire de Lac-Mégantic.

### Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez remplir le formulaire disponible à cette adresse :

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp>

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

Télécopieur : 418 646-5974

Internet : [www.mddelcc.gouv.qc.ca](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca)

### 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  
675, boul. René-Lévesque Est, 7<sup>e</sup> étage, boîte 22  
Québec (Québec) G1R 5V7  
Tél. : 418 521-3820

Ce document peut être consulté sur le site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques à l'adresse suivante :

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/lac-megantic/chaudiere.htm>

### Référence à citer

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 2017. *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – L'état de la communauté piscicole de la rivière Chaudière en 2016*, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 21 pages et 3 annexes.

Dépôt légal – 2017  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN : 978-2-550-79722-7 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec - 2017

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

### Rédaction

Yvon Richard<sup>1</sup>, biologiste, M. Sc.

### Échantillonnage et taxonomie

Sylvie Legendre<sup>1</sup>, technicienne de la faune, B. Sc.

Jean-Philippe Baillargeon<sup>1</sup>, technicien de la faune, DEC

René Therreault<sup>1</sup>, technicien de la faune, DEC

René Houle<sup>2</sup>, technicien de la faune, DEC

### Révision scientifique

David Berryman<sup>1</sup>, biologiste, M. Sc.

Frédéric Dechamplain<sup>3</sup>, chimiste, M. Sc.

Mélanie Desrosiers<sup>4</sup>, écotoxicologue, Ph. D.

Sylvain Roy<sup>2</sup>, biologiste, B. Sc.

### Cartographie

Mona Frenette<sup>1</sup>, technicienne en eau et assainissement, DEC

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, Secteur des opérations régionales.

<sup>3</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction régionale du Centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, Bureau de coordination des urgences

<sup>4</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

## RÉSUMÉ

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'état de la communauté piscicole de la rivière Chaudière en 2016, trois ans après le déversement d'environ 100 000 litres de pétrole dans la rivière, à la suite de l'accident ferroviaire de Lac-Mégantic. Les données ont été comparées avec celles obtenues en 2014, un an après le déversement, et celles obtenues en 1994, soit plus de vingt ans auparavant, lors d'une étude similaire sur l'état de santé des poissons de cette rivière.

La contamination de la rivière en 2013 par les résidus pétroliers n'a pas eu d'effet sur la biodiversité spécifique et sur la taille des poissons. Les valeurs moyennes des trois campagnes d'échantillonnage pour ces variables ont toujours été comparables.

Dans la haute Chaudière, l'abondance et la biomasse des poissons ont augmenté respectivement de 63 % et de 52 % de 2014 à 2016, sans atteindre les valeurs de 1994. De plus, deux espèces de poissons ont augmenté leur aire de distribution, soit le méné bec-de-lièvre, une espèce intolérante à la pollution, et l'achigan à petite bouche, une espèce piscivore. Ces résultats suggèrent que la diminution de la contamination du milieu favorise une reprise de la productivité piscicole. Ils sont des signes encourageants puisqu'ils indiquent une complexification de la chaîne trophique, qu'on associe habituellement à une diminution de la pollution des rivières.

Malgré ces constats positifs, l'intégrité biotique de la communauté piscicole de la rivière ne s'est pas améliorée de 2014 à 2016 et elle est demeurée comparable à celle observée en 1994. Les valeurs de l'indice d'intégrité biotique (IIB) aux différentes stations d'échantillonnage sont presque toujours demeurées à l'intérieur des classes d'intégrité faible et moyenne. En 2016, sur l'ensemble de la rivière, les valeurs des sept variables qui composent l'IIB sont restées sensiblement les mêmes que celles obtenues en 2014.

Les taux d'anomalies de type DELT, élevés en 2014, le sont restés en 2016, avec des valeurs de 29,1 % dans l'ensemble des stations de la rivière et de 33 % dans celles de la haute Chaudière. Lorsque plus de 5 % des poissons sont affectés par le DELT, le milieu est considéré comme contaminé par des substances toxiques. La principale anomalie observée demeure l'érosion des nageoires, avec des taux de 27 % dans l'ensemble des stations de la rivière et de 30 % dans celles de la haute Chaudière. Selon la documentation scientifique, l'érosion des nageoires est l'anomalie la plus fréquemment rapportée chez les poissons après un déversement de produits pétroliers en milieu marin. Un suivi à plus long terme sera nécessaire pour vérifier si ces taux d'anomalies diminueront avec le temps, alors que les cohortes de poissons exposées au déversement seront remplacées par de nouvelles, moins exposées.

## TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	1
2. Aire d'étude	1
3. Méthodologie	4
3.1 Échantillonnage	4
3.2 Traitement des données	7
4. Résultats et discussion	8
4.1 Habitats	8
4.2 Communauté piscicole	10
5. Conclusion	18
6. Références bibliographiques	19
Annexes	22

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Critères et cotes associés à chacune des variables utilisées pour former l'indice d'intégrité biotique (IIB) à partir des caractéristiques des communautés de poissons (adapté de Karr, 1991)	7
Tableau 2	Caractéristiques des habitats aquatiques à chacune des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016	9

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Localisation des stations d'échantillonnage des poissons dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016 _____	2
Figure 2	Pêche électrique à gué et prise de données sur les poissons au laboratoire ____	5
Figure 3	Exemples d'anomalies de type DELT trouvées chez les poissons de la rivière Chaudière en 2016 _____	6
Figure 4	Variation amont-aval de la taille moyenne des poissons (A), du nombre d'espèces (B), de leur abondance (C) et de leur biomasse (D) dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016 _____	11
Figure 5	Variation amont-aval de l'indice d'intégrité biotique dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016 _____	13
Figure 6	Variation amont-aval des composantes de l'indice d'intégrité biotique dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016 : l'indice IWB-IWBm (A), le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (B), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (C), la densité relative des omnivores (D), des cyprinidés insectivores (E) ainsi que des piscivores (F) et le pourcentage des poissons de la communauté piscicole affectés par des anomalies de type DELT (G) _____	14
Figure 7	Pourcentage de poissons affectés par des anomalies de type DELT en 2014 et en 2016 pour chacune des espèces les plus abondantes (nombre de captures $\geq 20$ ) dans la rivière Chaudière _____	15
Figure 8	Variation amont-aval du pourcentage de poissons de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par différents types d'anomalies corporelles en 2014 et en 2016 _____	16
Figure 9	Pourcentage de poissons affectés par l'érosion des nageoires (A) et la déformation des nageoires (B) pour chacune des espèces les plus abondantes (nombre de captures $\geq 20$ ) dans la rivière Chaudière en 2014 et en 2016 _____	17
Figure 10	Types de nageoires les plus affectées par l'érosion (A) et par des déformations (B) en 2014 et en 2016 _____	18

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Localisation des stations d'échantillonnage des poissons, dates de pêche et méthodes d'échantillonnage en 1994, en 2014 et en 2016	22
Annexe 2	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016	23
Annexe 3	Valeurs de chacune des variables et codification retenue [ ] pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016	26

## MISE EN CONTEXTE

Le 6 juillet 2013, un train de 72 wagons transportant 7,679 millions de litres de pétrole brut a déraillé dans le centre-ville de Lac-Mégantic. Un incendie s'est déclaré, provoquant des explosions ainsi que l'émission et le déversement de pétrole et d'autres contaminants dans l'environnement. Des quelque six millions de litres de pétrole déversés ou brûlés, il a été estimé qu'environ 100 000 litres se sont répandus dans la rivière Chaudière à partir du centre-ville de Lac-Mégantic.

Au cours de l'été et de l'automne 2013, des équipes étaient à pied d'œuvre pour nettoyer le littoral et, autant que possible, le fond de la rivière par des méthodes manuelles. Pendant la même période, un grand nombre d'observations visuelles et d'échantillonnages ont été réalisés pour évaluer le niveau et l'étendue de la contamination du milieu par le pétrole et ses produits dérivés.

En janvier 2014, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques a confié à un comité d'experts le mandat de dégager un état de situation de la rivière sur la base des résultats obtenus en 2013, de déterminer les impacts potentiels sur l'écosystème et d'élaborer un plan de gestion de la contamination résiduelle. Le plan proposé par ce comité a été adopté par le Ministère et rendu public le 12 mai 2014 (MDDELCC, 2014). Ce plan comprenait 14 projets à réaliser en 2014-2015. L'un de ces projets consistait à évaluer l'impact du déversement de pétrole sur les communautés de poissons de la rivière, ce qui a mené à la publication d'un premier rapport sur ce sujet (MDDELCC, 2015a).

Le 27 novembre 2015, le Ministère a rendu public le deuxième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers (MDDELCC 2015b). Celui-ci fait état des résultats obtenus à la suite de la mise en œuvre du plan d'action de 2014-2015 et en proposait un second, comprenant une deuxième étude sur les communautés de poissons : *Projet 3.3 – Suivi de la communauté de poissons en 2016*. Le présent rapport fait état des résultats de cette seconde étude sur les communautés de poissons de la rivière Chaudière.

## 1. INTRODUCTION

Le déversement de pétrole de Lac-Mégantic, le 6 juillet 2013, ne semble pas avoir eu d'impact important sur les populations de poissons adultes de la rivière Chaudière à l'été 2013. En effet, durant les jours et les mois qui ont suivi l'accident, très peu de poissons ont été trouvés morts dans la rivière et les individus capturés lors de pêches exploratoires semblaient dans un état normal (MDDELCC, 2014). En 2014, une étude plus approfondie de l'état de la communauté de poissons de la rivière a été réalisée selon un protocole standardisé, utilisé depuis plusieurs années au Ministère, notamment en 1994 dans la rivière Chaudière. Par rapport aux données de 1994, les résultats de 2014 ont mis en évidence les faits suivants :

- une chute marquée de la biomasse de poissons;
- aucun changement de l'intégrité biotique de la rivière comparativement aux données historiques;
- une hausse marquée des anomalies physiques chez les poissons, menant à des taux d'anomalies sans précédent au Québec (MDDELCC, 2015a).

Aucune hypothèse autre que le déversement de pétrole du 6 juillet 2013 n'a pu être avancée pour expliquer ces résultats. Le Comité expert a donc recommandé qu'un nouveau suivi de la communauté de poissons de la rivière Chaudière soit réalisé à l'été 2016, trois ans après le déversement (MDDELCC, 2015b). Le présent rapport fait état des résultats de ce second suivi.

L'évaluation de l'état de la communauté de poissons se fait notamment sur la base de l'intégrité biotique, qui se définit comme la capacité d'un écosystème à supporter et à maintenir une communauté de poissons comparable à celle d'un écosystème naturel peu ou pas perturbé par l'activité anthropique (destruction d'habitats et pollution chimique) (Karr, 1987). Dans le présent rapport, les résultats obtenus dans la rivière Chaudière en 2016 sont comparés à ceux obtenus en 1994, lors d'une étude similaire effectuée par le Ministère (Martel et Richard, 1998), et à ceux obtenus en 2014, un an après le déversement (MDDELCC, 2015a).

## 2. AIRE D'ÉTUDE<sup>1</sup>

Le bassin versant de la rivière Chaudière est situé sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Québec et draine une région d'environ 6 682 km<sup>2</sup>. La rivière prend sa source dans le lac Mégantic à l'extrémité sud du bassin et coule sur 185 km vers le nord pour se jeter dans le fleuve Saint-Laurent à Lévis (Saint-Romuald) (figure 1). Le débit de la rivière est fort variable. La moyenne annuelle est de 114 m<sup>3</sup>/s, mais on enregistre des maximums journaliers de plus de 2 000 m<sup>3</sup>/s durant la crue printanière et des minimums journaliers aussi bas que 5 m<sup>3</sup>/s durant l'étiage d'été.

---

<sup>1</sup> Les données présentées dans cette section sont tirées de Thibault (2008) et MDDELCC (2014).

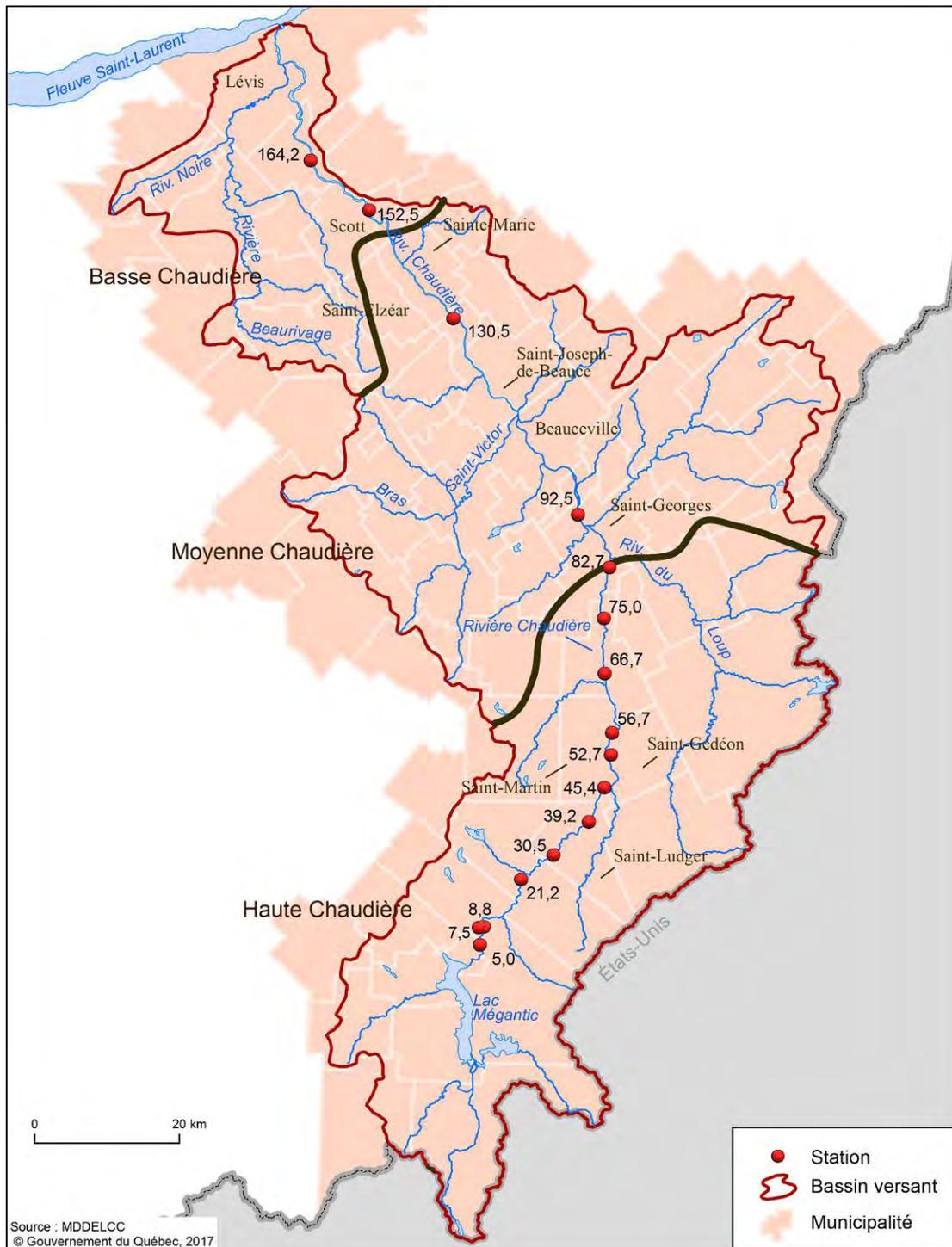


Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnage des poissons dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Les stations 5,0 et 164,2 n'ont été échantillonnées qu'en 1994 et en 2014, la station 21,2 en 2014 et en 2016 et la station 7,5 en 2016 seulement.

Le bassin versant de la rivière Chaudière est divisé en trois secteurs caractérisés par une pente différente : la haute Chaudière, la moyenne Chaudière et la basse Chaudière.

Le secteur de la haute Chaudière présente une pente moyenne de 2,5 m/km. Il couvre 46 % de la superficie totale du bassin versant et s'étend de l'extrémité sud jusqu'à la confluence de la rivière du Loup et de la rivière Chaudière (amont du barrage Sartigan). Le secteur est plus forestier et moins peuplé que les autres, la densité humaine étant de 12 personnes par kilomètre carré (km<sup>2</sup>) et 11 % des terres étant en culture. Les entreprises industrielles de la haute Chaudière appartiennent à l'industrie du bois et aux secteurs de la transformation métallique, de l'agroalimentaire et de la chimie. La municipalité de Lac-Mégantic en est le centre industriel.

Le secteur de la moyenne Chaudière, avec une pente moyenne de 0,5 m/km, est nettement plus plat. Il occupe la partie centrale du bassin et couvre 40 % de sa superficie totale. Il s'étend du barrage Sartigan, en amont de Saint-Georges, à la municipalité de Scott. La densité humaine est de 30 personnes par km<sup>2</sup> et 31 % du territoire est agricole. Ce secteur est au cœur de l'activité industrielle du bassin versant. Les petites et moyennes entreprises sont rattachées aux domaines du textile, des produits alimentaires et de la transformation du bois. Les centres industriels sont les municipalités de Saint-Georges, de Saint-Joseph-de-Beauce et de Sainte-Marie.

Le secteur de la basse Chaudière a une pente moyenne de 3 m/km. Il correspond à la partie aval du bassin versant et couvre 14 % du territoire. Il s'étend de la municipalité de Scott jusqu'à l'exutoire de la rivière Chaudière, à Lévis. C'est le secteur le plus peuplé du bassin versant avec 67 personnes par km<sup>2</sup> et il est couvert à 37 % par des terres agricoles. Les industries du secteur se trouvent principalement dans les secteurs des pâtes et papiers, de l'agroalimentaire, du textile et de la transformation des produits métalliques. La municipalité de Lévis (Saint-Nicolas et Charny) en est le centre industriel.

## 3. MÉTHODOLOGIE

### 3.1 Échantillonnage

#### Communauté piscicole

L'analyse de l'état et de l'intégrité de la communauté piscicole de la rivière Chaudière porte sur 16 stations. Chacune est désignée par un numéro, appelé aussi point kilométrique (PK), qui correspond à sa distance en kilomètres par rapport à l'exutoire du lac Mégantic (figure 1). Douze sont réparties dans la haute Chaudière, deux sont situées dans la moyenne Chaudière et les deux autres se trouvent dans la basse Chaudière. Toutes ces stations, à l'exception des stations 7,5 et 21,2, ont déjà été échantillonnées en 1994 (Martel et Richard, 1998). La station 21,2 a été ajoutée en 2014, et ce, en vue d'assurer une meilleure répartition spatiale des stations dans la haute Chaudière. La station 7,5 a été ajoutée en 2016 en remplacement de la station 5,0, alors inaccessible. La station 164,2 n'a pas été échantillonnée en 2016 en raison de son trop faible niveau d'eau.

Dans les trois campagnes d'échantillonnage (1994, 2014 et 2016), la capture des poissons a eu lieu à la fin de la période estivale (fin juillet à début septembre), au moyen des mêmes méthodes de pêche : une embarcation munie d'un engin de pêche électrique aux stations navigables ou un engin de pêche électrique à gué aux stations non navigables. Seule la station 92,5, échantillonnée à gué en 1994, a dû être échantillonnée en bateau en 2014 et en 2016 à cause de son niveau d'eau plus élevée qu'en 1994. La Violette (1999) donne un schéma détaillé des appareils utilisés pour la pêche en bateau et la pêche à gué.

À chaque station, tous les poissons capturés ont été déposés dans des glacières. Les très petits spécimens ont été conservés dans l'alcool éthylique à 70 % pour éviter leur décomposition. Ils ont par la suite été transportés au laboratoire pour être identifiés, dénombrés et pesés globalement par espèce (figure 2). Pour chaque espèce, 20 individus au maximum, représentatifs de chacune des classes de taille, étaient mesurés (longueur à la fourche) et examinés dans le but de dénombrer les anomalies externes de type DELT (déformation, érosion des nageoires, lésions et tumeurs) (Ohio EPA, 1988; Uhland, Mikaelian et Martineau, 2000; Richard, Baillargeon et Massé, 2016) (figure 3). Cette méthode de sous-échantillonnage, appelée allocation proportionnelle, a été décrite par Castro et Lawing (1995). Ce sous-échantillon a servi ultérieurement au calcul du pourcentage de l'ensemble des poissons capturés affectés par des anomalies.

Les coordonnées géographiques des stations, les dates de pêche, la longueur des rives échantillonnées ainsi que l'effort de pêche sont présentés à l'annexe 1. L'abondance et la biomasse de chacune des espèces capturées figurent à l'annexe 2.

#### Habitats

Les caractéristiques des habitats biophysiques ont été évaluées à chacune des stations de pêche. L'altitude et la pente ont été établies à l'aide de cartes topographiques à l'échelle de 1/50 000. La profondeur maximale a été mesurée au moyen d'une corde graduée. La largeur moyenne de la rivière, la vitesse du courant, la transparence, la composition du substrat dominant, l'abondance des macrophytes et l'érosion des rives ont été estimées visuellement.



Figure 2 Pêche électrique à gué et prise de données sur les poissons au laboratoire

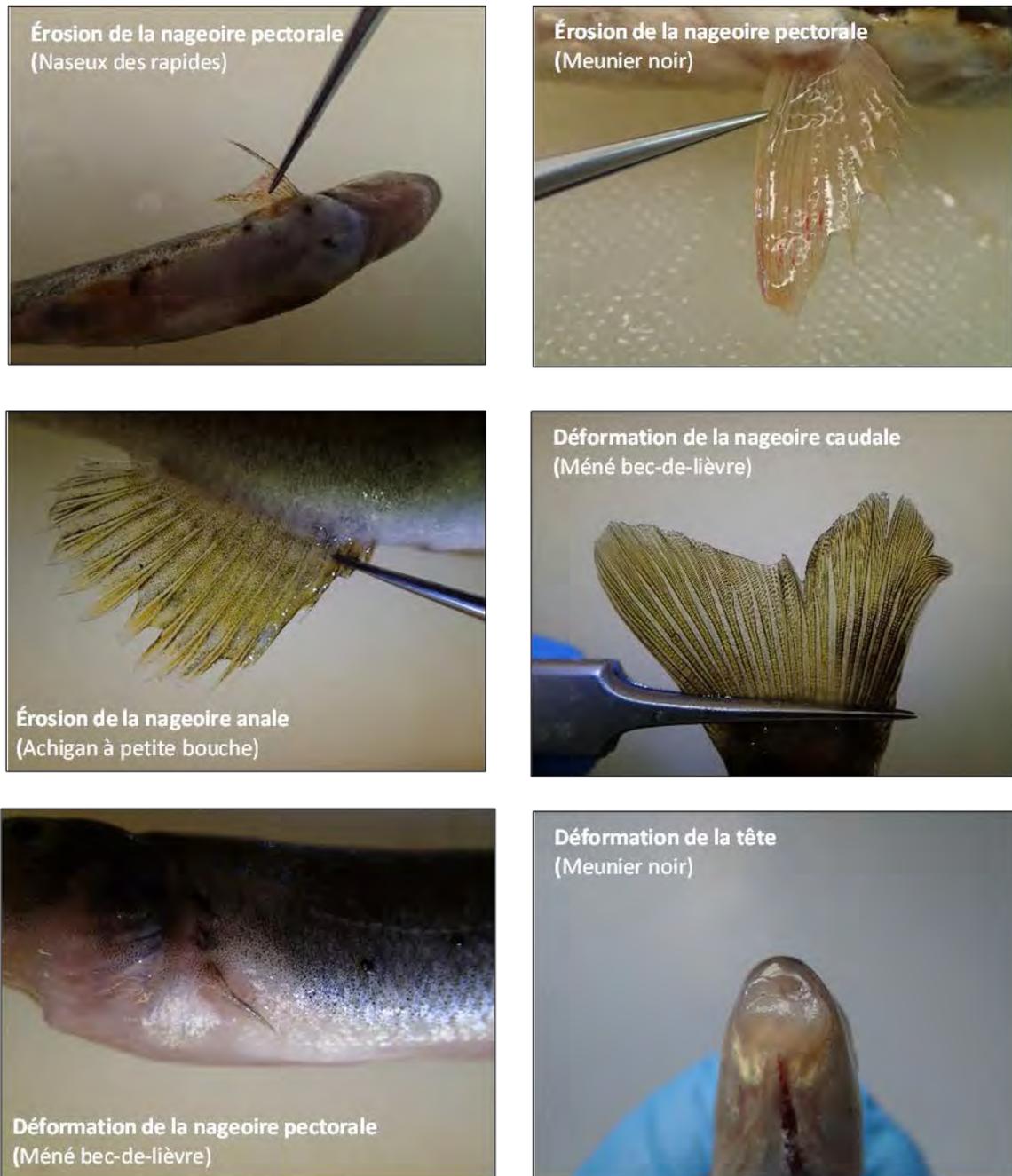


Figure 3 Exemples d'anomalies de type DELT trouvées chez les poissons de la rivière Chaudière en 2016

## 3.2 Traitement des données

L'abondance de poissons est exprimée en prises par unité d'effort (PUE) et leur masse, en biomasse par unité d'effort (BUE). Ces variables traduisent respectivement le nombre total de poissons capturés (prises) et la biomasse totale (g) prélevée par minute de pêche (effort), c'est-à-dire pour chaque minute où un courant électrique a été appliqué à la masse d'eau.

L'intégrité biotique de la communauté piscicole a été évaluée au moyen de l'indice d'intégrité biotique (IIB) conçu par Karr et collab. (1986) et adapté par Richard (1994 et 1996) pour le Québec. La tolérance relative des espèces à la pollution et leur niveau trophique, informations nécessaires au calcul de l'indice, sont en grande partie tirés de Barbour et collab. (1999) (annexe 3). L'IIB intègre sept variables, dont les valeurs sont comparées à des critères de référence (tableau 1). Une cote est accordée à chacune des variables selon que la valeur obtenue ressemble à celle normalement observée pour un écosystème naturel ou peu perturbé (cote 5), en diffère légèrement (cote 3) ou en diffère largement (cote 1). La valeur de l'IIB correspond à la somme des cotes de l'ensemble des variables. Elle est ensuite multipliée par un facteur de 1,5 pour permettre la comparaison à l'indice de Karr et collab. (1986), composé de 12 variables. Pour connaître la pertinence des variables de l'indice, les considérations écologiques qu'elles sous-tendent et le mode de calcul de la variable « indice de Well Being » (IWB-IWBm), on peut consulter les travaux de Richard (1994 et 1996).

Tableau 1 Critères et cotes associés à chacune des variables utilisées pour former l'indice d'intégrité biotique (IIB) à partir des caractéristiques des communautés de poissons (adapté de Karr, 1991)

Variable	Cote		
	5	3	1
<b>Composition et abondance</b>			
<b>1. IWB-IWBm*</b>	0 à 0,5	0,6 à 1	≥ 1,1
<b>2. Nombre d'espèces de catostomidés</b>	≥ 2	1	0
<b>3. Nombre d'espèces intolérantes</b>	≥ 3	1 à 2	0
<b>Organisation trophique</b>			
<b>4. Densité relative des omnivores</b>	≤ 19 %	20 à 45 %	≥ 46 %
<b>5. Densité relative des cyprinidés insectivores</b>	≥ 46 %	20 à 45 %	≤ 19 %
<b>6. Densité relative des piscivores</b>	≥ 5,1 %	1 à 5 %	≤ 0,9 %
<b>Condition des poissons</b>			
<b>7. Proportion des poissons avec des anomalies de type DELT</b>	0 à 2 %	2,1 à 5 %	≥ 5,1 %

\* 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.

Pour chacune des variables testées, une analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification (l'année) a d'abord été réalisée pour comparer les résultats obtenus lors des trois campagnes d'échantillonnage (1994, 2014 et 2016). Lorsqu'une différence statistiquement significative ( $p < 0,05$ ) était constatée entre les années, l'analyse de variance était suivie du test de comparaisons multiples SNK (Student-Newman-Keuls), qui servait à déterminer les années entre lesquelles se trouvent les différences. Ces analyses ont été faites sur les données préalablement transformées en rangs. Seules les données des 12 stations échantillonnées en 1994, en 2014 et en 2016 ont été utilisées pour ces analyses statistiques. Les taux d'érosion et de déformation des nageoires n'ont pu être analysés que chez les poissons capturés aux 13 stations échantillonnées lors des deux dernières campagnes d'échantillonnage (2014 et 2016). Ces comparaisons ont été faites au moyen du test de Wilcoxon pour données appariées (Gibbons, 1976). En l'absence de différence significative, les analyses statistiques ont été refaites en ne considérant que les stations de la haute Chaudière, car dans ce secteur, la plus forte contamination des sédiments

par les résidus pétroliers pourrait avoir un effet plus marquant sur les poissons. L'analyse de variance et le test SNK ont alors été appliqués sur les neuf stations de la haute Chaudière échantillonnées en 1994, en 2014 et en 2016, alors que le test de Wilcoxon a été appliqué sur les dix stations échantillonnées en 2014 et en 2016. Toutes ces analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS 9.4 (SAS Institute, 2013; modules SAS/STAT et SAS/BASE).

## 4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Habitats

Les stations situées dans la haute Chaudière sont souvent à pente forte, peu profondes et à vitesse de courant modérée à rapide. Le substrat dominant est composé de blocs et de galets. L'eau est claire et les macrophytes sont plutôt absents. La station 82,7 se démarque des autres stations par une forte profondeur, un écoulement lentique et un substrat sableux (tableau 2).

Les deux stations de la moyenne Chaudière sont à pente faible et assez profondes. Les eaux sont souvent troubles et s'écoulent lentement. Le substrat dominant est composé de sable, d'argile et de limon. Les macrophytes sont présents, mais non abondants (tableau 2).

Les deux stations de la basse Chaudière sont larges et profondes. La pente est un peu plus prononcée que dans la moyenne Chaudière, mais la vitesse du courant reste plutôt faible. La transparence de l'eau varie de claire à opaque. Les macrophytes sont également présents, mais non abondants (tableau 2).

Dans la grande majorité des stations de la rivière Chaudière, l'érosion des rives est absente (tableau 2).

Tableau 2 Caractéristiques des habitats aquatiques à chacune des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016

Station (PK)	Date	Altitude (m)	Pente (m/km)	Largeur (m)	Profondeur maximale (m)	Vitesse du courant	Transparence	Substrat dominant	Abondance des macrophytes <sup>1</sup>	Érosion des rives <sup>1</sup>
<b>Haute Chaudière</b>										
5	1994-09-08	385	1,9	35	0,9	modérée	claire	galet	modérée (G)	absente (G)
	2014-08-06			25	0,6	modérée-rapide	claire	bloc	absent	absente
7,5	2016-08-03	382	1,5	30	0,5	modérée-rapide	claire	galet	absent	absente
8,8	1994-09-08	376	4,4	40	≥ 1	modérée	claire	bloc	absent (G)	absente (G)
	2014-08-06			30	n. d.	lente-rapide	claire	bloc	absent	absente
21,2	2016-08-03	338	1,8	30	0,5	modérée-rapide	claire	galet	absent	absente
	2014-08-12			35	0,5	modérée	claire	bloc	absent	absente
30,5	2016-08-02	315	1,4	35	1,2	modérée-rapide	claire	bloc	absent	absente
	1994-09-01			60	0,4	modérée	claire	galet	rare	absente
39,2	2014-08-11	291	3,6	20	0,8	modérée	claire	galet	absent	absente (D)-faible (G)
	2016-08-02			20	0,5	modérée-rapide	claire	galet	absent	absente (D)-faible (G)
45,4	1994-09-01	268	2,1	60	≥ 0,7	modérée	claire	galet-bloc	absent (G)	absente (G)
	2014-08-11			25	0,45	rapide	claire	bloc	absent	absente
52,7	2016-07-28	255	1,6	25	0,4	rapide	claire	bloc	absent	absente
	1994-09-07			90	≥ 0,7	modérée	claire	galet	rare(D)	absente (G)
56,7	2014-08-05	247	2,9	50	0,4	modérée	claire	galet	absent	absente
	2016-07-27			50	0,5	modérée	claire	galet	absent	absente
66,7	1994-08-31	231	1,3	100	≥ 0,7	lente	claire	roc	absent (D)	absente (D)
	2014-08-04			30	1,15	modérée	claire	galet	absent	absente
75	2016-07-26	212	2,9	30	1	modérée	claire-trouble	bloc	absent	faible (D)-absente (G)
	1994-09-07			80	≥ 0,8	modérée	claire	galet	absent (G)	absente (G)
82,7	2014-07-31	170	2,6	45	0,45	modérée-rapide	claire	galet	absent	absente
	2016-07-26			45	0,4	modérée-rapide	claire	galet	absent	absente
92,5	1994-08-24	158	1,1	100	≥ 0,9	modérée	claire	galet-bloc	modérée (G)	absente
	2014-07-31			60	1	rapide	claire	galet-bloc	rare	absente
130,5	2016-07-25	144	0,2	103	1	modérée	claire	galet-bloc	rare	absente
	1994-08-30			175	3,4	lente	opaque	sable	absent	absente
152,5	2014-08-01	115	1,7	60	4,5	lente	claire	sable	rare	absente
	2016-08-01			60	4,5	lente	claire	sable	absent	absente
<b>Moyenne Chaudière</b>										
92,5	1994-08-23	158	1,1	75	≥ 0,9	lente	trouble	argile-limon	modérée	absente
	2014-07-28			40	1,5	lente	claire	sable	absent (D)-rare (G)	forte (D)-absente (G)
130,5	2016-08-04	144	0,2	30	1,5	lente	claire	sable	rare (D)-modérée (G)	forte (D)-absente (G)
	1994-08-18			100	3	lente	trouble	argile-limon	modérée (D)-absent (G)	absente
152,5	2014-07-29	115	1,7	50	2	lente	trouble	sable	rare	absente
	2016-08-08			40	2	lente	trouble	sable	rare (D)-absent (G)	absente
<b>Basse Chaudière</b>										
152,5	1994-08-15	138	1,6	300	4	lente	opaque	sable	rare	absente
	2014-08-07			280	3	lente	claire	sable	rare (D)-modérée (G)	absente
164,2	2016-08-09	115	1,7	200	3	lente	claire	sable	rare (D)-modérée (G)	absente
	1994-08-10			400	3	lente	trouble	sable	modérée	absente
164,2	2014-07-30			200	1	modérée	claire	sable	rare	absente

<sup>1</sup> Inclut les deux rives lorsque non spécifié; autrement, G : rive gauche et D : rive droite  
n. d. : non déterminé

## 4.2 Communauté piscicole

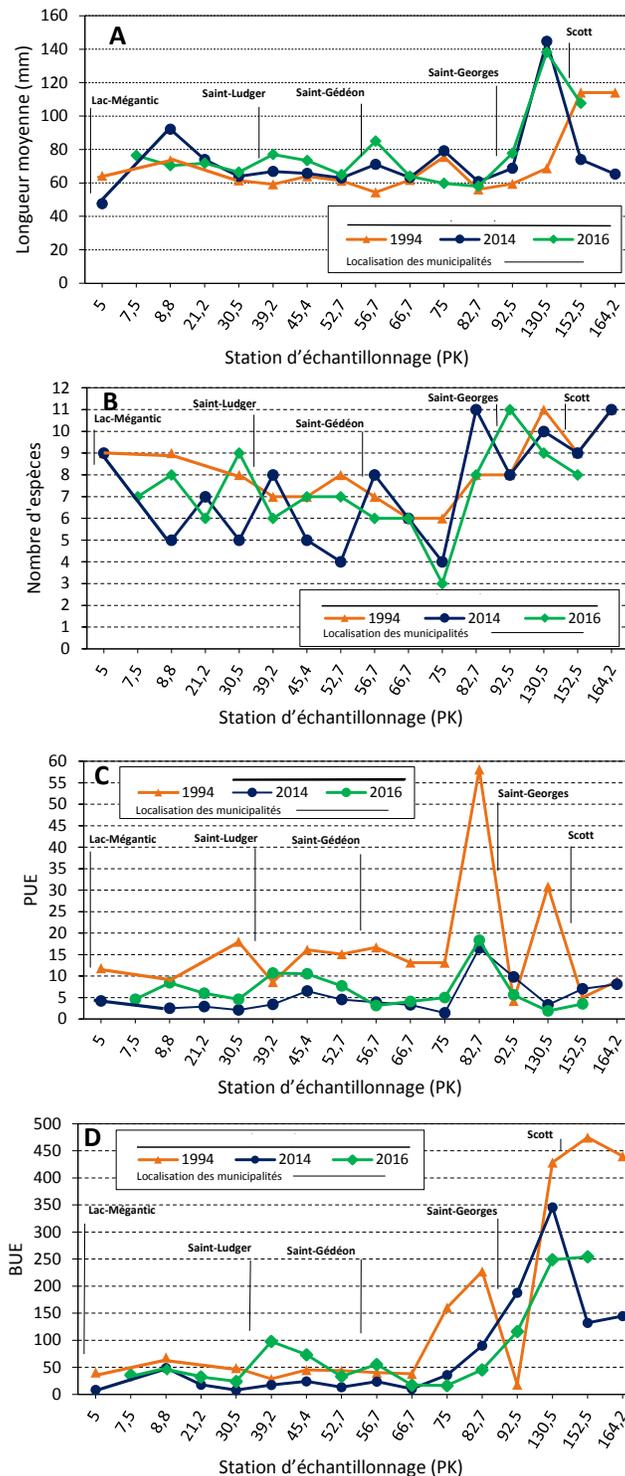
### Paramètres de communauté (taille, diversité, abondance, biomasse)

Les hydrocarbures pétroliers déversés dans la rivière en 2013 ont fortement contaminé les sédiments de la haute Chaudière et, à un degré bien moindre, ceux de la moyenne et de la basse Chaudière (MDDELCC, 2015a). Cette contamination a toutefois diminué de façon marquée au cours des trois années qui ont suivi le déversement. Un suivi pluriannuel à 130 stations d'échantillonnage montre qu'en 2013, les concentrations de HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassaient la valeur de référence des effets chroniques (164 mg/kg) à 25 % des stations et la valeur de référence d'effets aigus (832 mg/kg) à 27 % des stations. Les pourcentages de stations qui dépassaient ces critères ont baissé respectivement à 20 et 5 % en 2014 et à 8 et 1 % en 2016 (WSP, 2017).

Cette contamination ne semble toutefois pas avoir eu d'effets négatifs sur la taille des poissons. L'analyse de variance démontre qu'il n'y a pas de différence significative (ANOVA,  $p > 0,05$ ) dans la taille des poissons capturés en 1994, en 2014 et en 2016 (figure 4 A). Il en va de même pour les poissons de la haute Chaudière, où les tailles moyennes des trois années ne sont pas statistiquement différentes (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

Le déversement de pétrole n'a pas non plus modifié le nombre d'espèces observées en 1994, en 2014 et en 2016 (ANOVA,  $p > 0,05$ ) (figure 4 B). Au total, 20 espèces de poissons ont été capturées en 1994, 18 en 2014 et 21 en 2016 dans l'ensemble des stations de la rivière. Les espèces les plus largement distribuées étaient le meunier noir, le raseux-de-terre gris, le méné à nageoires rouges, le naseux des rapides et le naseux noir de l'Est. On les trouvait dans 58 à 100 % des sites échantillonnés (annexe 2). Dans la haute Chaudière, là où la contamination des sédiments est plus prononcée, le nombre d'espèces capturées en 1994, en 2014 et en 2016 est resté le même, soit 15 espèces (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Le meunier noir et le naseux des rapides occupaient l'ensemble des stations. Tout comme dans la présente étude, Masnik et collab. (1976) n'ont pas observé de baisse dans le nombre d'espèces de poissons après un déversement de pétrole brut dans le ruisseau Plum en Virginie, au printemps 1973. Ce constat ne peut toutefois pas être généralisé, car les effets des déversements de pétrole sur la diversité des espèces de poissons, en eau douce aussi bien qu'en milieu marin, sont peu connus (Perhar et Arhonditsis, 2014).

L'abondance de poissons pêchés par unité d'effort (PUE) dans l'ensemble de la rivière n'a pas significativement augmenté de 2014 à 2016, et elle est restée significativement plus faible que celle obtenue en 1994 (SNK,  $p < 0,05$ ) (figure 4 C). De 2014 à 2016, elle est passée de 5,4 poissons/min en moyenne à 7,0 poissons/min, soit une augmentation de 30 %, alors qu'elle était de 17,3 poissons/min en 1994. Dans la haute Chaudière, l'augmentation a été plus importante : les prises sont passées de 4,9 à 8,0 poissons/min, soit une hausse de plus de 63 %, mais elles sont toujours demeurées nettement inférieures à la valeur moyenne de 18,6 poissons/min enregistrée en 1994. Ces dernières valeurs sont toutes statistiquement différentes (SNK,  $p < 0,05$ ).



Note : dans la légende : pas de différence significative [p > 0,05] entre les années reliées par un trait

Figure 4 Variation amont-aval de la taille moyenne des poissons (A), du nombre d'espèces (B), de leur abondance (C) et de leur biomasse (D) dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016

Le pétrole, en se déposant sur les sédiments, peut nuire à certaines espèces de poissons par la diminution de la disponibilité de leur nourriture, constituée principalement d'invertébrés benthiques. Il peut également causer une mortalité accrue des œufs, des embryons et des alevins et conduire à une diminution du recrutement (Sindermann, 1982; Moles et Norcross, 1998; Perhar et Arhonditsis, 2014). L'augmentation de plus de 63 % de l'abondance de poissons dans la haute Chaudière entre 2014 et 2016 est peut-être une conséquence de la diminution de la contamination du milieu durant cette période, qui aurait favorisé une survie accrue des embryons et des alevins ainsi qu'une meilleure disponibilité de la nourriture. Cependant, cette interprétation demande certaines réserves. En effet, d'autres mécanismes, souvent difficiles à cerner, telles la compétition et la prédation, peuvent influencer le recrutement d'une année à l'autre et avoir des répercussions sur l'abondance des poissons dans la communauté.

La biomasse de poissons prélevés par unité d'effort (BUE) dans l'ensemble de la rivière n'a pas significativement augmenté de 2014 à 2016 (figure 4 D). Au cours de cette période, elle est passée de 77,9 g/min en moyenne à 85,7 g/min, alors qu'elle était de 135,1 g/min en 1994. Ces valeurs ne sont toutefois pas significativement différentes (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Dans la haute Chaudière, la biomasse moyenne prélevée est passée de 29,9 à 45 g/min entre 2014 et 2016, mais elle demeure là aussi inférieure à la valeur moyenne de 77,8 g/min enregistrée en 1994. La biomasse de 2016, avec une valeur intermédiaire, n'est pas significativement différente de celles enregistrées pour les années 1994 et 2014, qui sont statistiquement différentes entre elles (SNK,  $p < 0,05$ ). L'augmentation de la biomasse de 2014 à 2016, dans la haute Chaudière, bien qu'elle soit non statistiquement significative, est peut-être le signe d'une reprise de la productivité piscicole, conséquente à la diminution de la contamination du milieu.

### Indice d'intégrité biotique

Globalement, l'intégrité biotique de la communauté piscicole de la rivière Chaudière ne s'est pas améliorée de 2014 à 2016 et elle est demeurée comparable à celle observée en 1994, soit plus de vingt ans auparavant (figure 5). Les valeurs de l'indice se sont maintenues en grande partie à l'intérieur des classes d'intégrité faible et moyenne sur tout le parcours de la rivière et les valeurs pour chacune des campagnes d'échantillonnage ne sont pas significativement différentes (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Le même constat s'applique aux stations de la haute Chaudière.

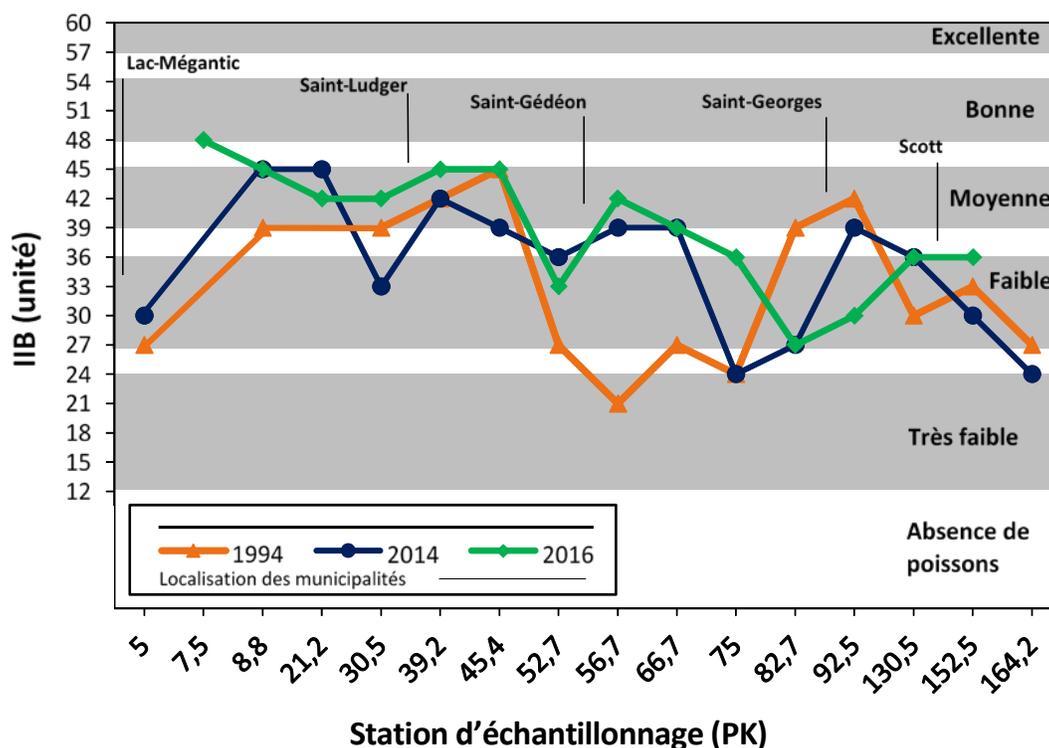
En 2016, les sept variables qui composent l'IIB ont présenté sensiblement les mêmes valeurs qu'en 2014. Dans l'ensemble des stations de la rivière, ces variables n'affichent pas de différence significative (ANOVA ou SNK,  $p > 0,05$ ) entre les deux campagnes d'échantillonnage (figure 6). Il en va de même dans les stations de la haute Chaudière, à l'exception de la densité relative de piscivores. La densité relative moyenne pour ce groupe de poissons, qui était de 0,3 % en 1994 et de 1,3 % en 2014, est passée à 3,7 % en 2016, valeur significativement différente de celles des deux premières campagnes d'échantillonnage (SNK,  $p < 0,05$ ). La distribution spatiale des piscivores, représentés uniquement par l'achigan à petite bouche dans la haute Chaudière (annexe 2), a également augmenté dans ce secteur. L'espèce, présente à la seule station 8,8 en 1994, a été capturée à trois stations en 2014 et à huit stations en 2016 (figure 6 F). Des chaînes trophiques complexes, où l'on trouve aux mêmes stations des espèces omnivores (figure 6 D), insectivores (figure 6 E) et piscivores (figure 6 F), sont, comme dans le cas présent, un autre signe que le milieu s'assainit. L'augmentation de la distribution spatiale du méné bec-de-lièvre est également un constat positif. L'espèce a été recensée à six stations de la haute Chaudière en 2014 et à neuf stations en 2016 (figure 6 C). Comme il s'agit d'une espèce intolérante à la pollution, l'augmentation de son aire de distribution entre 2014 et 2016 pourrait aussi signifier une atténuation naturelle et progressive des effets polluants du déversement de pétrole de Lac-Mégantic en 2013.

Les concentrations de résidus pétroliers dans les sédiments ont diminué entre 2014 et 2016 (WSP, 2017), mais il n'y a pas eu de baisse du taux d'anomalies de type DELT chez les poissons. Les taux moyens sont passés de 23,9 à 29,1 % dans l'ensemble des stations de la rivière et de 26 à 33 % dans les stations de la haute Chaudière. Ces moyennes, largement supérieures à celles de 1994, ne diffèrent pas statistiquement l'une de l'autre (figure 6 G) (SNK,  $p > 0,05$ ). Les hausses apparentes pourraient être le reflet de changements dans l'abondance relative de certaines espèces de poissons plus affectées par les anomalies. En effet, en 2016, à plusieurs stations

d'échantillonnage, le méné bec-de-lièvre et le naseux des rapides constituaient une plus large part de la communauté qu'en 2014. Comme expliqué plus loin, ces deux espèces sont parmi les plus affectées par les anomalies.

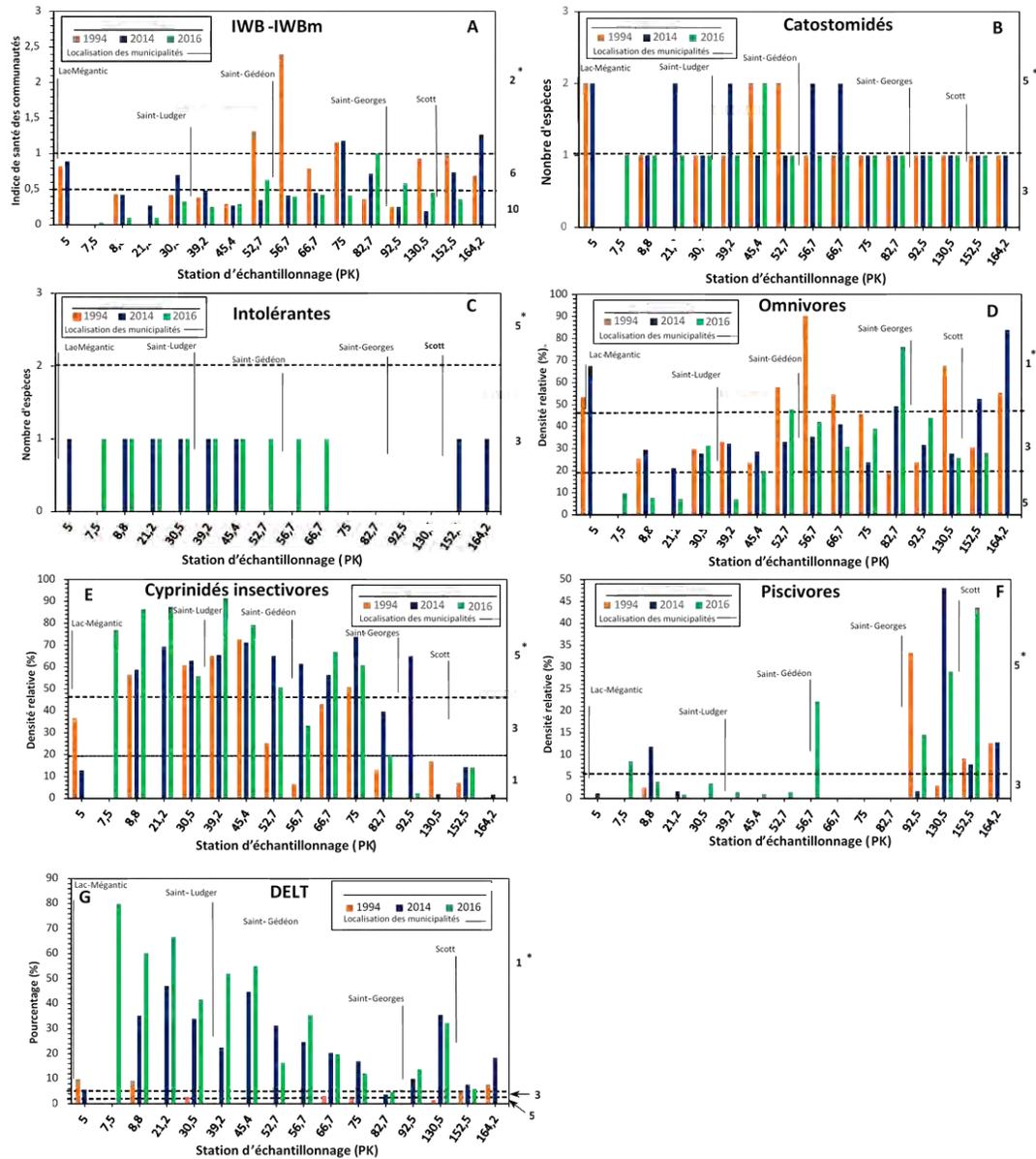
Les taux d'anomalies très élevés à plusieurs stations de la haute Chaudière en 2014 et en 2016 (stations 8,8, 21,2, 39,2 et 45,4) et plus particulièrement à la station 7,5, où le taux d'anomalies est de 80 %, vont de pair avec le gradient décroissant de contamination des sédiments de l'amont vers l'aval. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'aval, les sédiments sont moins contaminés (WSP, 2017) et les taux d'anomalies baissent progressivement pour se rapprocher du seuil de 2 % (stations 82,7 et 152,5) (figure 6 G). La station 130,5 dans la moyenne Chaudière fait toutefois exception. Les forts taux d'anomalies enregistrés en 2014 et en 2016 à cette station pourraient résulter d'une contamination des sédiments par des déversements d'hydrocarbures en provenance des entreprises Recyc RPM inc. et MV Recyclage de plastiques inc. Situées à 25 km en amont, à Beauceville (PK 105,5), ces entreprises ont été mises en cause pour des déversements illégaux à l'automne 2014 (MDDELCC, 2015a).

La figure 7 présente les espèces les plus affectées par le DELT en 2014 et en 2016 dans l'ensemble des stations échantillonnées à chacune de ces années. Seules les espèces dont les effectifs de capture sont égaux ou supérieurs à 20 individus y sont présentées. Le méné bec-de-lièvre, la seule espèce de la rivière reconnue comme très sensible à la pollution (Barbour et collab., 1999), est la plus touchée, aussi bien en 2014 (61 %) qu'en 2016 (53 %). Le naseux des rapides est également très affecté, avec un taux élevé d'anomalies qui est passé de 30 à 53 % entre 2014 et 2016.



Note : dans la légende : pas de différence significative [ $p > 0,05$ ] entre les années reliées par un trait

Figure 5 Variation amont-aval de l'indice d'intégrité biotique dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016



Note : \* cote pour le calcul de l'IIB; dans la légende : pas de différence significative [ $p > 0,05$ ] entre les années reliées par un trait.

Figure 6 Variation amont-aval des composantes de l'indice d'intégrité biotique dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016 : l'indice IWB-IWBm (A), le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (B), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (C), la densité relative des omnivores (D), des cyprinidés insectivores (E) ainsi que des piscivores (F) et le pourcentage des poissons de la communauté piscicole affectés par des anomalies de type DELT (G)

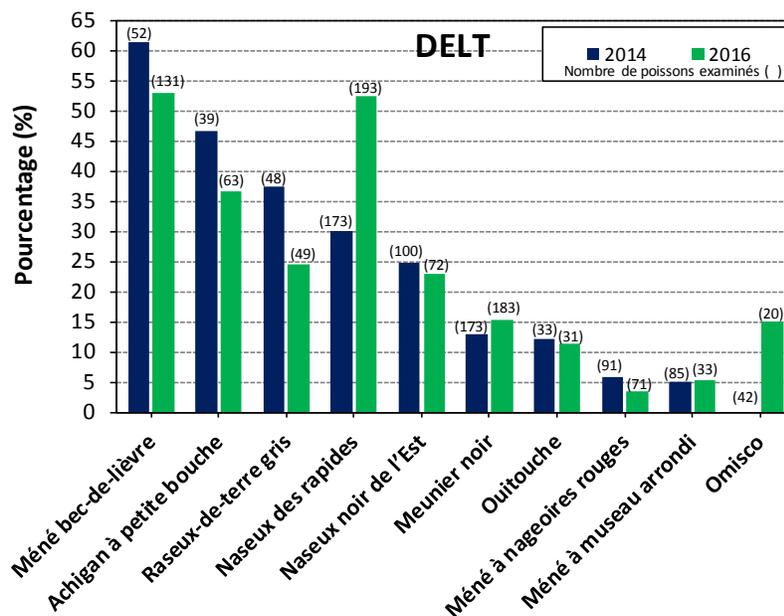


Figure 7 Pourcentage de poissons affectés par des anomalies de type DELT en 2014 et en 2016 pour chacune des espèces les plus abondantes (nombre de captures  $\geq 20$ ) dans la rivière Chaudière

Même si la contamination des sédiments par les résidus pétroliers a diminué entre 2014 et 2016 (WSP, 2017), l'érosion des nageoires est encore bien présente chez les poissons, et ce, sur plusieurs kilomètres. De fait, le pourcentage de poissons affectés par l'érosion des nageoires, l'anomalie de type DELT la plus répandue chez la communauté piscicole de la rivière Chaudière, a plus que doublé entre 2014 (figure 8 A) et 2016 (figure 8 B). Il est passé de 10 à 27 % dans l'ensemble des stations de la rivière. Dans la haute Chaudière, le pourcentage de poissons atteints est passé de 11 à 30 %. Ces augmentations sont toutes statistiquement significatives (test de Wilcoxon,  $p < 0,05$ ). Elles pourraient être en partie le résultat d'une plus forte présence du méné bec-de-lièvre et du naseux des rapides en 2016 qu'en 2014, comme mentionné précédemment pour le taux de l'ensemble des anomalies de type DELT. Cependant, la plus forte présence de ces deux espèces n'explique pas entièrement les taux d'érosion plus élevés en 2016 qu'en 2014 à l'échelle de la communauté, car plusieurs espèces affichent une telle hausse (figure 9 A).

L'érosion des nageoires est l'anomalie la plus fréquemment rapportée chez les poissons après un déversement de produits pétroliers en milieu marin ou après une exposition à des sédiments marins contaminés par des produits pétroliers en laboratoire (Minchew et Yarbrough, 1977; Haensly et collab., 1982; Sindermann, 1982; Hargis et collab., 1984; Moles et Norcross, 1998; Perhar et Arhonditsis, 2014). Il est couramment admis que le contact direct des poissons avec des sédiments contaminés peut entraîner la précipitation du mucus à la surface des nageoires. Privés de leur couche protectrice, ces organes sont par la suite envahis par des bactéries (*Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Vibrio*), des champignons et des parasites qui provoquent la destruction des tissus.

Dans l'ensemble de la communauté, le taux de déformation des nageoires est plus faible que le taux d'érosion et n'a pas diminué lui non plus de 2014 à 2016. Il est demeuré en moyenne de 7 % en 2014 (figure 8 A) et en 2016 (figure 8 B) dans l'ensemble des stations de la rivière et il a baissé de 9 à 8 % dans les stations de la haute Chaudière (test de Wilcoxon,  $p > 0,05$ ). Contrairement au taux d'érosion, qui semble avoir augmenté chez une majorité d'espèces (figure 9 A), le taux de déformation propre à chaque espèce a diminué ou est resté le même de 2014 à 2016 (figure 9 B).

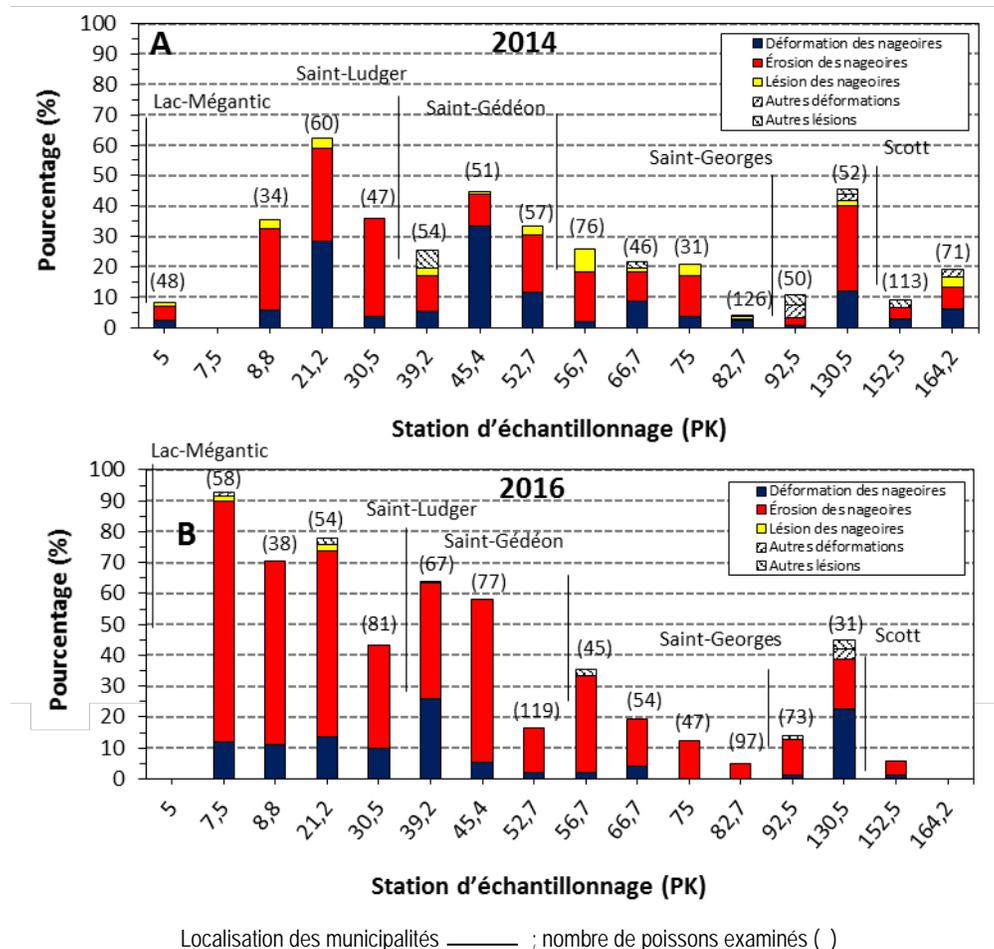


Figure 8 Variation amont-aval du pourcentage de poissons de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par différents types d'anomalies corporelles en 2014 et en 2016

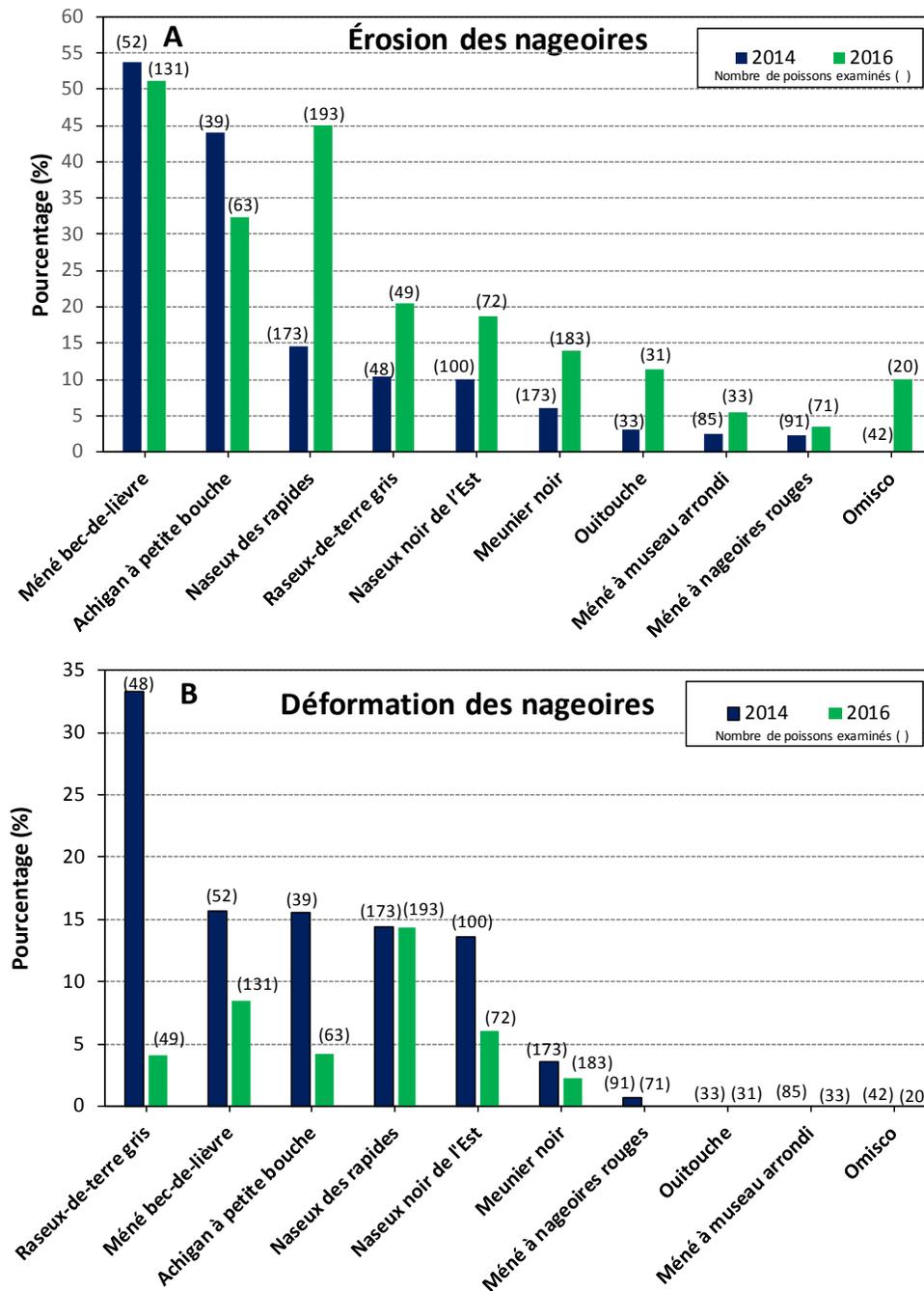


Figure 9 Pourcentage de poissons affectés par l'érosion des nageoires (A) et la déformation des nageoires (B) pour chacune des espèces les plus abondantes (nombre de captures  $\geq 20$ ) dans la rivière Chaudière en 2014 et en 2016

La déformation des rayons des nageoires causée par des rejets pétroliers est peu connue. Seul Sindermann (1982) en fait mention dans sa revue de la documentation scientifique sur les effets de la pollution par le pétrole en milieu marin. Elle a été observée chez la plie (*Pleuronectes platessa*) dans une zone des côtes françaises contaminée par le pétrolier *Amoco Cadiz* en mars 1978. Ce type d'anomalie est mieux documenté chez les poissons d'eau douce. Elle peut être causée par de nombreux agents polluants, notamment les biphényles polychlorés, les pesticides

organochlorés et les insecticides (organophosphate). Il est également connu que certains métaux peuvent agir sur le métabolisme des os et modifier leur minéralisation (Van Den Avyle et collab., 1989).

Les pourcentages de poissons affectés par les autres types d'anomalies, comme les lésions sur les nageoires et les autres parties du corps, de même que les déformations du corps, sont demeurés faibles en 2014 comme en 2016. Les tumeurs ont toujours été absentes (figures 8 A et 8 B).

Les taux d'érosion ont augmenté pour tous les types de nageoires en 2016 (figure 10 A), alors que les taux de déformation sont restés comparables à ceux de 2014 (figure 10 B). La nageoire caudale est toujours celle où l'on trouve le plus d'érosion et de déformations, autant en 2014 qu'en 2016. C'est aussi la nageoire la plus endommagée chez certaines espèces de poissons après des déversements pétroliers en milieu marin (Minchew et Yarbrough, 1977; Sindermann, 1982). Le type de nageoire affectée semble être lié au comportement alimentaire des poissons ou à leur préférence d'habitat (Reash et Berra, 1989), mais trop peu d'espèces ont été étudiées pour qu'on puisse en tirer des généralités. En 2016, la nageoire dorsale s'est avérée moins érodée que les autres (figure 10 A), qui ont plus de chances d'être en contact direct avec les sédiments contaminés de la rivière Chaudière. En effet, beaucoup d'espèces de poissons de la rivière Chaudière sont des insectivores qui s'alimentent probablement sur le lit des rivières.

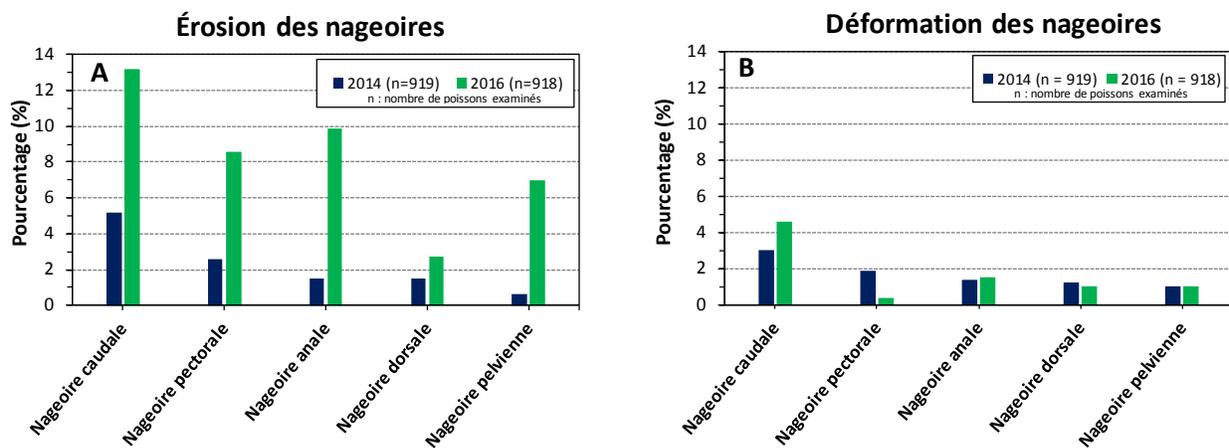


Figure 10 Types de nageoires les plus affectées par l'érosion (A) et par des déformations (B) en 2014 et en 2016

## 5. CONCLUSION

On observe dans la rivière Chaudière, entre 2014 et 2016, une augmentation de la densité et de la biomasse des poissons ainsi qu'une extension de l'aire de distribution de l'achigan à petite bouche, une espèce piscivore, et du méné bec-de-lièvre, une espèce intolérante à la pollution. Ces améliorations résultent peut-être de la diminution de la contamination du milieu, qui favoriserait une reprise de la productivité piscicole et une complexification des chaînes trophiques. Toutefois, pendant la même période, l'intégrité biotique du cours d'eau (IIB) ne s'est pas améliorée et les taux d'anomalies physiques chez les poissons sont restés élevés.

Le rétablissement de la communauté de poissons de la rivière Chaudière semble demander encore un certain temps. Le changement se fera sans doute progressivement, à mesure que la présence de pétrole dans la rivière diminuera et que les cohortes de poissons exposées au déversement seront remplacées par d'autres, moins exposées. Un suivi à plus long terme de la rivière Chaudière sera nécessaire pour connaître l'évolution de l'état de sa communauté piscicole.

## 6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARBOUR, M.T., J. GERRITSEN, B.D. SNYDER et J.B. STRIBLING, 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*, second edition, EPA 841-B-99-002, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

CASTRO, M. et W. LAWING, 1995. « A study of sampling strategies for estimating growth parameters in fish populations », *Fisheries Research*, vol. 22, p. 59-75.

GIBBONS, J.D., 1976. *Nonparametric methods for quantitative analysis*, H. Massey (editor), Maple Press, Alabama, 463 p.

HARGIS, W.J.Jr., M.H.Jr. ROBERTS et D.E. ZWERNER, 1984. « Effects of contaminated sediments and sediment-exposed effluent water on an estuarine fish: acute toxicity », *Marine Environmental Research*, vol. 14, p. 337-354.

HAENSLY, W.E., J.M. NEFF, J.R. SHARP, A.C. MORRIS, M.F. BEDGOOD et P.D. BOEM, 1982. « Histopathology of *Pleuronectes platessa* L. from Aber Wrac'h and Aber Benoit, Brittany, France: long-term effects of the *Amoco Cadiz* crude oil spill », *Journal of Fish Diseases*, vol. 5, p. 365-391.

KARR, J. R., K. D. FAUSCH, P. L. ANGERMEIER, P. R. YANT et I. J. SCHLOSSER, 1986. *Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale*, Champaign, Illinois, Illinois Natural History Survey, special publication n° 5, 28 p.

KARR, J.R., 1987. « Biological monitoring and environmental assessment: a conceptual framework », *Environmental Management*, vol. 11, n° 2, p. 249-256.

KARR, J.R., 1991. « Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management », *Ecological Application*, vol. 1, n° 1, p. 66-84.

LA VIOLETTE, N., 1999. *Le bassin de la rivière Yamaska : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu*, Ministère de l'Environnement (éd.), *Le bassin de la rivière Yamaska : état de l'écosystème aquatique*, Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq n° EN990224, rapport n° EA-14, section 6.

MARTEL, N. et Y. RICHARD, 1998. *Le bassin de la rivière Chaudière : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu*, p. 5.1 à 5.34, dans Ministère de l'Environnement et de la Faune (éd.), *Le bassin versant de la rivière Chaudière : l'état de l'écosystème aquatique – 1996*, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, Envirodoq n° EN980022.

MASNIK, M.T., J.R. STAUFFER, C.H. HOCUTT, et J.H. WILSON, 1976. « The effects of an oil spill on the macroinvertebrates and fish in a small southwestern Virginia creek », *Journal of Environmental Science and Health. Part A: Environmental Science and Engineering*, vol. 11, n°s 4-5, p. 281-296.

MDDELCC, 2014. *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic. Rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – constats, recommandations, actions proposées*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ISBN 978-2-550-70519-2 (PDF), 40 p. et 4 annexes.

MDDELCC, 2015a. *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Impact sur les communautés piscicoles de la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ISBN 978-2-550-73935-7 (PDF), 21 p. et 3 annexes.

MDDELCC, 2015b. *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic. Deuxième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – constats, recommandations, actions proposées pour 2015-2017*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ISBN 978-2-550-73569-4 (PDF), 64 p.

MINCHEW, C.D., et J.D. YARBROUGH, 1977. « The occurrence of fin rot in mullet (*Mugil cephalus*) associated with crude oil contamination of an estuarine pond-ecosystem », *Journal of Fish Biology*, vol. 10, p. 319-323.

MOLES, A., et B.L. NORCROSS, 1998. « Effects of oil-laden sediments on growth and health of juvenile flatfishes », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 55, p. 605-610.

OHIO EPA (OHIO ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), 1988. *Biological criteria for the protection of aquatic life: Volume II. Users manual for biological field assessment of Ohio surface waters*, Columbus, Ohio, Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of Water Quality Planning and Assessment.

PERHAR, G., et G.G. ARHONDITSIS, 2014. « Aquatic ecosystem dynamics following petroleum hydrocarbon perturbations: A review of the current state of knowledge », *Journal of Great Lakes Research*, vol. 40, supplement 3, p. 56-72.

REASH, R.J., et T.M. BERRA, 1989. « Incidence of fin erosion and anomalous fishes in a polluted stream and a nearby clean stream », *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 47, p. 47-63.

RICHARD, Y., 1994. *Les communautés ichthyologiques 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, Envirodoq n° EN940235, rapport n° QE-89, 153 p. et 12 annexes.

RICHARD, Y., 1996. *Le bassin versant de la rivière Saint-François : les communautés ichthyologiques 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., J.-P. BAILLARGEON et H. MASSÉ, 2016. *Guide de classification des anomalies externes des poissons d'eau douce du Québec*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, ISBN 978-2-550-76167-9 (imprimé), ISBN 978-2-550-76168-6 (PDF), 179 p.

SAS INSTITUTE, 2013. *SAS 9.4 Guide to software updates*, Cary, NC: SAS Institute Inc. Cary.

SINDERMANN, C.J., 1982. « Implications of oil pollution in production of disease in marine organisms », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, vol. 297, n° 1087, p. 385-399.

THIBAUT, G., 2008. *État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Chaudière : faits saillants 2004-2006*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-53173-9 (PDF), 25 p.

UHLAND, C., I. MIKAELIAN et D. MARTINEAU, 2000. *Maladies des poissons d'eau douce du Québec – Guide de diagnostic*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, ISBN 2-7606-1778-5, 466 p.

VAN DEN AVYLE, M.J., S.J. GARVICK, V.S. BLAZER, S.J. HAMILTON et W.G. BRUMBAUGH, 1989. « Skeletal deformities in Small Bass, *Micropterus dolomieu*, from southern Appalachian reservoirs », *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 18, p. 688-696.

WSP, 2017. *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Suivi temporel de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière en 2016*, rapport produit pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 31 p. et 3 annexes.

## ANNEXES

Annexe 1 Localisation des stations d'échantillonnage des poissons, dates de pêche et méthodes d'échantillonnage en 1994, en 2014 et en 2016

Station			Échantillonnage poissons			
Numéro (PK)	Coordonnées <sup>1</sup>		Date	Effort de	Longueur de	Méthode
				pêche (sec)	rive <sup>2</sup> (m)	
5	45,600586	-70,861185	1994-09-08	1505	50 (G)	à gué
			2014-08-06	1227	84	à gué
			2016-08-03	1073	60	à gué
8,8	45,62261	-70,85577	1994-09-08	1069	50 (G)	à gué
			2014-08-06	809	100	à gué
			2016-08-03	739	75	à gué
21,2	45,68428	-70,79243	2014-08-12	1277	100	à gué
			2016-08-02	1118	50	à gué
			30,5	45,71595	-70,73415	1994-09-01
2014-08-11	1533	140	à gué			
2016-08-02	1132	60	à gué			
39,2	45,75969	-70,67528	1994-09-01	1746	50(G)	à gué
			2014-08-11	1539	100	à gué
			2016-07-28	1111	50	à gué
45,4	45,80197	-70,64928	1994-09-07	1435	50(D)	à gué
			2014-08-05	957	100	à gué
			2016-07-27	1118	51	à gué
52,7	45,84288	-70,64078	1994-08-31	1210	50(D)	à gué
			2014-08-05	1426	102	à gué
			2016-07-27	1019	56	à gué
56,7	45,87198	-70,63742	1994-08-31	1100	50(D)	à gué
			2014-08-04	1475	75	à gué
			2016-07-26	864	20(G)-40(D)	à gué
66,7	45,944636	-70,65463	1994-09-07	2012	61(G)	à gué
			2014-07-31	1401	92	à gué
			2016-07-26	1344	56	à gué
75	46,013536	-70,659249	1994-08-24	1074	100	à gué
			2014-07-31	1819	206	à gué
			2016-07-25	824	60	à gué
82,7	46,07624	-70,65396	1994-08-30	1026	1000	bateau
			2014-08-01	1331	1000	bateau
			2016-08-01	1101	1000	bateau
92,5	46,14375	-70,71196	1994-08-23	904	100	à gué
			2014-07-28	735	1000	bateau
			2016-08-04	884	1100	bateau
130,5	46,38432	-70,94729	1994-08-18	1278	1000	bateau
			2014-07-29	974	1000	bateau
			2016-08-08	1004	1060	bateau
152,5	46,51824	-71,10752	1994-08-15	1171	1000	bateau
			2014-08-07	1318	1000	bateau
			2016-08-09	1449	1100	bateau
164,2	46,57715	-71,20973	1994-08-10	1069	1000	bateau
			2014-07-30	867	970	bateau

<sup>1</sup> NAD 83, degrés décimaux

<sup>2</sup> Inclut les deux rives lorsque non spécifié; autrement, G : rive gauche et D : rive droite

Annexe 2 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016

Espèce	Niveau de tolérance <sup>1</sup>	Niveau trophique <sup>1</sup>	Station (PK)																				
			5			7,5			8,8			21,2			30,5			39,2			45,4		
			1994	2014	2016	1994	2014	2016	2014	2016	1994	2014	2016	1994	2014	2016	1994	2014	2016				
<b>Catostomidae</b>																							
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	121	57	1	32	10	3	10	8	50	8	19	43	15	13	37	5	7				
<i>Catostomus commersonii</i>			(490,0)	(48,7)	(8,1)	(490,1)	(254,5)	(78,3)	(47,6)	(36,1)	(82,1)	(9,4)	(23,8)	(149,9)	(163,8)	(615,9)	(62,3)	(7,8)	(328,3)				
MEUNIER ROUGE	INR	INS	1	14	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1				
<i>Catostomus catostomus</i>			(6,1)	(22,7)	-	-	-	-	(1,4)	-	-	-	-	-	(43,1)	-	(36,0)	-	(16,8)				
<b>Centrarchidae</b>																							
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	-	1	7	4	4	4	1	1	-	-	3	-	-	3	-	-	2				
<i>Micropterus dolomieu</i>			-	(0,3)	(115,4)	(70,7)	(213,0)	(70,7)	(28,3)	(2,4)	-	-	(6,0)	-	-	(254,7)	-	-	(65,8)				
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS <sup>2,5</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Ambloplites rupestris</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Cottidae</b>																							
CHABOT TACHETÉ	INR <sup>3</sup>	INS	1	1	2	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Cottus bairdii</i>			(2,7)	(0,2)	(18,4)	-	-	(5,7)	-	(12,3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
CHABOT VISQUEUX	INR	INS	19	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Cottus cognatus</i>			(80,9)	-	-	(46,9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Cyprinidae</b>																							
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Pimephales promelas</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Pimephales notatus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	-	1	-	3	3	-	-	-	51	-	1	-	3	11	2	2	6				
<i>Luxilus cornutus</i>			-	(0,7)	-	(9,2)	(2,7)	-	-	-	(97,6)	-	(1,8)	-	(25,5)	(95,6)	(5,9)	(8,9)	(73,7)				
MÉNÉ BEC-DE-LIÈVRE	INTO	INS	-	3	34	-	15	4	22	48	-	6	26	-	1	33	-	4	48				
<i>Exoglossum maxillangua</i>			-	(23,9)	(325,3)	-	(176,6)	(58,3)	(194,4)	(351,1)	-	(65,2)	(271,5)	-	(8,0)	(292,0)	-	(47,4)	(378,7)				
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
MULET À CORNES	TOL	GEN <sup>6</sup>	1	1	-	-	-	-	3	-	2	-	2	3	-	-	-	-	-				
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(7,0)	(32,5)	-	-	-	-	(11,1)	-	(7,2)	-	(12,8)	(1,8)	-	-	-	-	-				
MULET DE LAC	INR	INS	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Couesius plumbeus</i>			-	-	-	(29,7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
NASEUX DES RAPIDES	INR <sup>4</sup>	INS	109	7	29	88	2	85	21	49	237	28	21	163	53	137	277	68	100				
<i>Rhinichthys cataractae</i>			(300,8)	(39,1)	(119,4)	(369,3)	(7,7)	(353,4)	(77,8)	(184,1)	(734,7)	(12,9)	(72,3)	(566,3)	(158,8)	(549,4)	(783,6)	(254,7)	(410,6)				
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN <sup>6</sup>	36	-	-	9	-	2	-	-	90	7	6	37	12	1	54	25	31				
<i>Rhinichthys atratulus</i>			(103,4)	-	-	(32,8)	-	(4,1)	-	-	(234,8)	(96,7)	(10,7)	(107,3)	(33,4)	(2,6)	(145,4)	(61,7)	(93,2)				
OUITOUCHE	INR	GEN <sup>6</sup>	-	-	7	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-				
<i>Semotilus corporalis</i>			-	-	(46,3)	-	-	(2,2)	-	-	-	-	-	-	(6,6)	-	-	-	-				
<b>Esocidae</b>																							
MASKINONGÉ	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Esox masquinongy</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Gasterosteidae</b>																							
ÉPINOCHÉ À CINQ ÉPINES	TOL <sup>4</sup>	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Culaea inconstans</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Ictaluridae</b>																							
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Amelurus nebulosus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Percidae</b>																							
DORÉ JAUNE	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Sander vitreus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
PERCHAUDE	INR	INS/PIS <sup>2,5</sup>	4	-	-	8	-	-	-	-	14	-	-	2	1	-	1	-	-				
<i>Perca flavescens</i>			(9,7)	-	-	(29,8)	-	-	-	-	(14,4)	-	-	(3,2)	(2,8)	-	(1,2)	-	-				
RASEUX-DE-TERRÉ GRIS	TOL <sup>2</sup>	INS	-	-	2	-	-	-	4	3	28	5	7	1	-	-	12	-	-				
<i>Etheostoma olmstedii</i>			-	-	(5,9)	-	-	-	(12,8)	(12,6)	(100,0)	(13,7)	(19,7)	(1,1)	-	-	(41,6)	-	-				
<b>Percopsidae</b>																							
OMISCO	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Percopsis omiscomaycus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Salmonidae</b>																							
TRUTE BRUNE	INR	INS <sup>3</sup>	4	1	-	5	-	1	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-				
<i>Salmo trutta</i>			(21,5)	(0,3)	-	(139,0)	-	(5,0)	-	-	(6,5)	-	(30,7)	(3,9)	-	-	-	-	-				
<b>NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES</b>			9	9	7	9	5	8	7	6	8	5	9	7	8	6	7	5	7				
<b>ABONDANCE TOTALE</b>			296	86	82	161	34	103	62	111	474	54	86	250	87	198	384	104	195				
<b>BIOMASSE TOTALE (g)</b>			1022,1	168,4	638,8	1217,5	654,5	577,7	373,4	598,6	1277,3	197,9	449,3	833,5	442,0	1810,2	1076,0	380,5	1367,1				

Annexe 2 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016 (suite)

Espèce	Niveau de tolérance <sup>1</sup>	Niveau trophique <sup>1</sup>	Station (PK)														
			52,7			56,7			66,7			75			82,7		
			1994	2014	2016	1994	2014	2016	1994	2014	2016	1994	2014	2016	1994	2014	2016
<b>Catostomidae</b>																	
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	96	16	16	242	15	17	140	3	14	89	3	20	42	134	151
<i>Catostomus commersonii</i>			(209,3)	(23,8)	(27,3)	(519,0)	(130,5)	(149,8)	(333,6)	(3,2)	(100,4)	(2238,1)	(926,1)	(47,0)	(1866,5)	(915,6)	(219,1)
MEUNIER ROUGE	INR	INS	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Catostomus calastomus</i>			(15,9)	-	-	-	(37,3)	-	-	(8,9)	-	-	-	-	-	-	-
<b>Centrarchidae</b>																	
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	-	-	2	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micropterus dolomieu</i>			-	-	(60,6)	-	-	(530,8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS <sup>2,5</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ambloplites rupestris</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cottidae</b>																	
CHABOT TACHETÉ	INR <sup>3</sup>	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Cottus bairdii</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6,9)	-	-
CHABOT VISQUEUX	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cottus cognatus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cyprinidae</b>																	
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pimephales promelas</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(2,3)
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	-	-	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	15	75
<i>Pimephales notatus</i>			-	-	-	-	(7,7)	-	-	(3,2)	-	-	-	-	-	(49,0)	(200,9)
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	19	-	19	8	32	-	1	-	-	-	-	-	130	145	66
<i>Luxilus cornutus</i>			(34,6)	-	(75,3)	(29,2)	(262,6)	-	(1,9)	-	-	-	-	-	(511,9)	(788,2)	(220,3)
MÉNÉ BEC-DE-LIÈVRE	INTO	INS	-	-	21	-	-	4	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Exoglossum maxillingua</i>			-	-	(83,0)	-	-	(49,4)	-	-	(8,8)	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(32,9)	-
MULET À CORNES	TOL	GEN <sup>6</sup>	2	-	23	6	-	-	8	-	1	3	-	-	8	8	1
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(11,9)	-	(174,9)	(30,8)	-	-	(11,3)	-	(1,5)	(3,1)	-	-	(24,2)	(37,2)	(5,4)
MULET DE LAC	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Couesius plumbeus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NASEUX DES RAPIDES	INR <sup>4</sup>	INS	58	69	26	12	27	11	188	44	58	119	31	42	1	1	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>			(192,6)	(239,2)	(83,8)	(42,3)	(97,6)	(62,1)	(607,4)	(155,6)	(237,6)	(551,0)	(137,0)	(163,2)	(1,0)	(0,4)	-
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN <sup>6</sup>	78	19	23	29	16	2	91	28	13	15	7	7	-	-	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>			(236,9)	(44,4)	(57,2)	(94,6)	(36,4)	(2,9)	(288,4)	(61,6)	(29,7)	(52,6)	(14,2)	(13,4)	-	-	-
QUITOUCHE	INR	GEN <sup>6</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	137	19	28
<i>Semotilus corporalis</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(559,2)	(36,9)	(152,8)
<b>Esocidae</b>																	
MASKINONGÉ	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Esox masquinongy</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gasterosteidae</b>																	
ÉPINOCHÉ À CINQ ÉPINES	TOL <sup>4</sup>	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Culaea inconstans</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ictaluridae</b>																	
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(2,2)	-
<b>Percidae</b>																	
DORÉ JAUNE	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sander vitreus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PERCHAUDE	INR	INS/PIS <sup>2,5</sup>	1	-	-	5	1	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-
<i>Perca flavescens</i>			(0,7)	-	-	(4,8)	(1,1)	-	-	-	-	(0,8)	-	-	-	(58,6)	-
RASEUX-DE-TERRÉ GRIS	TOL <sup>2</sup>	INS	49	2	-	5	1	1	10	1	2	7	1	-	3	14	10
<i>Etheostoma olmstedi</i>			(179,8)	(6,1)	-	(12,3)	(3,2)	(0,5)	(34,7)	(2,7)	(5,2)	(29,8)	(3,3)	-	(1,5)	(39,3)	(28,8)
<b>Percopsidae</b>																	
OMISCO	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	671	20	4
<i>Percopsis omiscomaycus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(916,2)	(31,1)	(5,4)
<b>Salmonidae</b>																	
TRUITE BRUNE	INR	INS <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salmo trutta</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES</b>			8	4	7	7	8	6	6	6	6	4	3	8	11	8	
<b>ABONDANCE TOTALE</b>			304	106	130	307	96	45	438	78	91	234	42	69	993	367	336
<b>BIOMASSE TOTALE (g)</b>			881,7	313,5	562,1	733,0	576,4	795,5	1277,3	235,2	383,2	2875,4	1080,6	223,6	3887,4	1991,4	835

Annexe 2 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016 (suite)

Espèce	Niveau de tolérance <sup>1</sup>	Niveau trophique <sup>1</sup>	Station (PK)											
			92,5			130,5			152,5			164,2		
			1994	2014	2016	1994	2014	2016	1994	2014	2016	1994	2014	
<b>Catostomidae</b>														
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	14	2	29	21	7	5	29	20	20	76	62	
<i>Catostomus commersonii</i>			(43,7)	(248,4)	(408,5)	(2714,5)	(301,1)	(669,4)	(7314,3)	(795,3)	(1587,0)	(3424,0)	(1328,7)	
MEUNIER ROUGE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Catostomus catastomus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Centrarchidae</b>														
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	21	1	6	12	22	5	8	11	28	8	1	
<i>Micropterus dolomieu</i>			(81,5)	(1646,1)	(21,6)	(1231,6)	(5000,0)	(349,2)	(1264,8)	(291,2)	(4392,5)	(51,6)	(529,2)	
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	-	(6,1)	-	-	-	-	-	-	-	-	
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS <sup>2,5</sup>	11	1	10	20	6	5	12	1	-	17	-	
<i>Ambloplites rupestris</i>			(11,7)	(23,4)	(88,1)	(1407,8)	(254,9)	(77,1)	(503,7)	(54,6)	-	(1059,0)	-	
<b>Cottidae</b>														
CHABOT TACHÉTÉ	INR <sup>3</sup>	INS	6	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Cottus bairdii</i>			(14,2)	-	-	(21,8)	-	-	-	-	-	(3,2)	-	
CHABOT VISQUEUX	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cottus cognatus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Cyprinidae</b>														
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pimephales promelas</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	-	32	7	424	6	2	1	61	4	-	24	
<i>Pimephales notatus</i>			-	(76,1)	(16,6)	(919,6)	(13,7)	(5,7)	(1,3)	(182,3)	(6,1)	-	(44,9)	
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	-	78	2	112	1	-	7	20	12	1	1	
<i>Luxilus cornutus</i>			-	(270,4)	(4,3)	(116,9)	(3,4)	-	(6,2)	(31,9)	(6,7)	(7,5)	(9,2)	
MÉNÉ BEC-DE-LIÈVRE	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	
<i>Exoglossum maxillingua</i>			-	-	-	-	-	-	-	(21,6)	-	-	(6,8)	
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	-	-	-	-	(7,0)	-	-	-	-	(12,9)	
MULET À CORNES	TOL	GEN <sup>6</sup>	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(1,4)	-	-	-	(12)	-	-	-	-	-	(6,6)	
MULET DE LAC	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Couesius plumbeus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NASEUX DES RAPIDES	INR <sup>4</sup>	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN <sup>6</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhinichthys atratulus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
QUITOUCHE	INR	GEN <sup>6</sup>	-	4	-	-	-	-	-	-	-	11	9	
<i>Semotilus corporalis</i>			-	(24,2)	-	-	-	-	-	-	-	(105,7)	(44,6)	
<b>Esocidae</b>														
MASKINONGÉ	INR	PIS	-	1	4	5	3	1	-	-	3	5	6	
<i>Esox masquinongy</i>			-	(6,3)	(72,3)	(746,9)	(11,1)	(18,7)	-	-	(65,2)	(2976,4)	(60,3)	
<b>Gasterosteidae</b>														
ÉPINOCHÉ À CINQ ÉPINES	TOL <sup>4</sup>	INS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Culaea inconstans</i>			(0,8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Ictaluridae</b>														
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ameiurus nebulosus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Percidae</b>														
DORÉ JAUNE	INR	PIS	-	-	2	3	1	3	1	1	6	7	8	
<i>Sander vitreus</i>			-	-	(1024,0)	(1043,8)	(2,3)	(2620,5)	(5,1)	(1418,5)	(40,2)	(59,8)	(43,5)	
PERCHAUDE	INR	INS/PIS <sup>2,5</sup>	8	-	1	16	5	1	1	-	-	4	-	
<i>Perca flavescens</i>			(120,3)	-	(5,2)	(861,4)	(9,2)	(407,2)	(124,9)	-	-	(81,7)	-	
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL <sup>2</sup>	INS	1	1	11	41	-	8	1	19	5	10	-	
<i>Etheostoma olmstedi</i>			(0,4)	(3,3)	(27,9)	(66,9)	-	(10,3)	(0,9)	(35,0)	(10,3)	(26,5)	-	
<b>Percopsidae</b>														
OMISCO	INR	INS	-	-	9	1	1	-	38	19	7	17	2	
<i>Percopsis omiscomaycus</i>			-	-	(34,4)	(1,0)	(1,0)	-	(47,0)	(71,2)	(33,0)	(52,4)	(2,1)	
<b>Salmonidae</b>														
TRUITE BRUNE	INR	INS <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Salmo trutta</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES</b>			8	8	11	11	10	9	9	9	8	11	11	
<b>ABONDANCE TOTALE</b>			63	120	82	657	54	31	98	154	85	157	117	
<b>BIOMASSE TOTALE (g)</b>			274	2298,2	1709	9132,2	5608,7	4165,1	9268,2	2901,6	6141	7847,8	2088,8	

TOL : tolérant; INR : intermédiaire; INTO : intolérant; OMN : omnivore; GEN : généraliste; INS : insectivore; PIS : piscivore

<sup>1</sup> Barbour et coll. (1999); <sup>2</sup> La Violette et coll. (2003); <sup>3</sup> Platkin et coll. (1989); <sup>4</sup> Richard et Giroux (2004); <sup>5</sup> considérée comme insectivore;

<sup>6</sup> considérée comme omnivore

Annexe 3 Valeurs de chacune des variables et codification retenue [ ] pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Chaudière en 1994, en 2014 et en 2016

Station (PK)	Année	Densité relative des omnivores (%)	Densité relative des cyprinidés insectivores (%)	Densité relative des piscivores (%)	Proportion de 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)
<b>Haute Chaudière</b>									
5	1994	53,4 [1]	36,8 [3]	0 [1]	9,9 [1]	0 [1]	2 [5]	0,82 [6]	27
	2014	67,4 [1]	12,8 [1]	1,2 [3]	5,8 [1]	1 [3]	2 [5]	0,89 [6]	30
7,5	2016	9,8 [5]	76,8 [5]	8,5 [5]	79,9 [1]	1 [3]	1 [3]	0,03 [10]	48
8,8	1994	25,5 [3]	56,5 [5]	2,5 [3]	9,3 [1]	0 [1]	1 [3]	0,43 [10]	39
	2014	29,4 [3]	58,8 [5]	11,8 [5]	35,3 [1]	1 [3]	1 [3]	0,42 [10]	45
	2016	7,8 [5]	86,4 [5]	3,9 [3]	60,2 [1]	1 [3]	1 [3]	0,1 [10]	45
21,2	2014	21 [3]	69,4 [5]	1,6 [3]	47,1 [1]	1 [3]	2 [5]	0,27 [10]	45
	2016	7,2 [5]	87,4 [5]	0,9 [1]	66,7 [1]	1 [3]	1 [3]	0,1 [10]	42
30,5	1994	30 [3]	60,8 [5]	0 [1]	2,7 [3]	0 [1]	1 [3]	0,42 [10]	39
	2014	27,8 [3]	63 [5]	0 [1]	34 [1]	1 [3]	1 [3]	0,7 [6]	33
	2016	31,4 [3]	55,8 [5]	3,5 [3]	41,7 [1]	1 [3]	1 [3]	0,33 [10]	42
39,2	1994	33,2 [3]	65,2 [5]	0 [1]	0,4 [5]	0 [1]	1 [3]	0,39 [10]	42
	2014	32,2 [3]	65,5 [5]	0 [1]	22,5 [1]	1 [3]	2 [5]	0,48 [10]	42
	2016	7,1 [5]	91,4 [5]	1,5 [3]	52 [1]	1 [3]	1 [3]	0,25 [10]	45
45,4	1994	23,7 [3]	72,7 [5]	0 [1]	0 [5]	0 [1]	2 [5]	0,29 [10]	45
	2014	28,8 [3]	71,2 [5]	0 [1]	44,8 [1]	1 [3]	1 [3]	0,27 [10]	39
	2016	19,5 [3]	79,1 [5]	1 [3]	55 [1]	1 [3]	2 [5]	0,29 [10]	45
52,7	1994	57,9 [1]	25,3 [3]	0 [1]	0 [5]	0 [1]	2 [5]	1,32 [2]	27
	2014	33 [3]	65,1 [5]	0 [1]	31,3 [1]	0 [1]	1 [3]	0,35 [10]	36
	2016	47,7 [1]	50,8 [5]	1,5 [3]	16,5 [1]	1 [3]	1 [3]	0,63 [6]	33
56,7	1994	90,2 [1]	6,5 [1]	0 [1]	0 [5]	0 [1]	1 [3]	2,39 [2]	21
	2014	35,4 [3]	61,5 [5]	0 [1]	24,8 [1]	0 [1]	2 [5]	0,41 [10]	39
	2016	42,2 [3]	33,3 [3]	22,2 [5]	35,6 [1]	1 [3]	1 [3]	0,4 [10]	42
66,7	1994	54,6 [1]	43,2 [3]	0 [1]	3,2 [3]	0 [1]	1 [3]	0,79 [6]	27
	2014	41 [3]	56,4 [5]	0 [1]	20,3 [1]	0 [1]	2 [5]	0,45 [10]	39
	2016	30,8 [3]	67 [5]	0 [1]	19,8 [1]	1 [3]	1 [3]	0,42 [10]	39
75	1994	45,7 [1]	50,9 [5]	0 [1]	2,3 [3]	0 [1]	1 [3]	1,16 [2]	24
	2014	23,8 [3]	73,8 [5]	0 [1]	17,1 [1]	0 [1]	1 [3]	1,18 [2]	24
	2016	39,1 [3]	60,9 [5]	0 [1]	12,2 [1]	0 [1]	1 [3]	0,41 [10]	36
82,7	1994	18,8 [5]	13,2 [1]	0 [1]	0,2 [5]	0 [1]	1 [3]	0,36 [10]	39
	2014	49,3 [1]	39,8 [3]	0 [1]	3,8 [3]	0 [1]	1 [3]	0,72 [6]	27
	2016	76,2 [1]	19,6 [3]	0 [1]	4,7 [3]	0 [1]	1 [3]	1 [6]	27
<b>Moyenne Chaudière</b>									
92,5	1994	23,8 [3]	0 [1]	33,3 [5]	0 [5]	0 [1]	1 [3]	0,25 [10]	42
	2014	31,7 [3]	65 [5]	1,7 [3]	10 [1]	0 [1]	1 [3]	0,25 [10]	39
	2016	43,9 [3]	2,4 [1]	14,6 [5]	13,8 [1]	0 [1]	1 [3]	0,58 [6]	30
130,5	1994	67,7 [1]	17 [1]	3 [3]	1,5 [5]	0 [1]	1 [3]	0,93 [6]	30
	2014	27,8 [3]	1,9 [1]	48,1 [5]	35,6 [1]	0 [1]	1 [3]	0,19 [10]	36
	2016	25,8 [3]	0 [1]	29 [5]	32,3 [1]	0 [1]	1 [3]	0,45 [10]	36
<b>Basse Chaudière</b>									
152,5	1994	30,6 [3]	7,1 [1]	9,2 [5]	4,5 [3]	0 [1]	1 [3]	0,97 [6]	33
	2014	52,6 [1]	14,3 [1]	7,8 [5]	7,8 [1]	1 [3]	1 [3]	0,74 [6]	30
	2016	28,2 [3]	14,1 [1]	43,5 [5]	5,9 [1]	0 [1]	1 [3]	0,36 [10]	36
164,2	1994	55,4 [1]	0,6 [1]	12,7 [5]	7,9 [1]	0 [1]	1 [3]	0,69 [6]	27
	2014	83,8 [1]	1,7 [1]	12,8 [5]	18,4 [1]	1 [3]	1 [3]	1,27 [2]	24





**Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques**

