



Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic



Impact sur les communautés piscicoles
de la contamination résiduelle de la
rivière Chaudière par les hydrocarbures
pétroliers

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction 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 communiquer avec le Centre d'information du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)
Télécopieur : 418 646-5974
Courriel : info@mddelcc.gouv.qc.ca
Internet : www.mddelcc.gouv.qc.ca

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Direction du suivi de l'état de l'environnement
675, boul. René-Lévesque Est, 7^e étage, boîte 22
Québec (Québec) G1R 5V7
Téléphone : 418 521-3820

Ou

Visitez notre site Web :
<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. 2015. Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic - Impact sur les communautés piscicoles de la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers. 21 pages et 3 annexes, ISBN 978-2-550-73935-7 (PDF).

Dépôt légal – 2015
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-73935-7 (PDF)
Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec - 2015

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction

Yvon Richard¹

Échantillonnage et taxonomie

Sylvie Legendre¹

Christian Godin¹

Jean-Philippe Baillargeon¹

René Therreault¹

Sylvain Roy²

Révision scientifique

David Berryman¹

Sylvain Roy²

Mélanie Desrosiers³

Mise en page /graphisme/cartographie

Murielle Gravel et Claire Cournoyer¹

France Gauthier¹

Mona Frenette¹

¹ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement

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

³ 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 cette étude est d'évaluer l'état de la communauté piscicole de la rivière Chaudière en 2014, soit un an après le déversement de pétrole de Lac-Mégantic. Les données sont comparées avec celles obtenues en 1994 lors d'une étude similaire sur les poissons de cette rivière.

En 2014, la biodiversité spécifique et la taille des poissons pour l'ensemble de la communauté sont restées les mêmes qu'en 1994. Toutefois, l'abondance et la biomasse des poissons étaient respectivement de 66 % et de 48 % inférieures. L'abondance de poissons dans un cours d'eau peut varier beaucoup d'une année à l'autre, mais la biomasse est normalement plutôt stable. La faible biomasse observée en 2014 est difficilement attribuable à un autre facteur que le déversement de pétrole.

L'intégrité biotique de la communauté piscicole, évaluée par l'indice IIB, ne s'est pas améliorée de 1994 à 2014. Pour chacune des années, on trouve 2 stations dans la classe d'intégrité biotique très faible, 6 dans la classe faible et 6 dans la classe moyenne. Pourtant, l'intégrité biotique aurait dû augmenter significativement en réponse aux mesures d'assainissement urbain, industriel et agricole mises en place sur le bassin versant au cours des 30 dernières années, comme cela s'est produit pour d'autres grandes rivières des basses-terres du Saint-Laurent telles les rivières Saint-François et Yamaska.

On observe entre 1994 et 2014, à la majorité des stations, une augmentation sans précédent du pourcentage de poissons affectés par des anomalies externes de type DELT (Déformation, Érosion, Lésion, Tumeur). Le pourcentage de poissons atteints était souvent nul ou faible en 1994, mais il a atteint des valeurs aussi élevées que 35 et 47 % en 2014. Au-dessus de 5 % des poissons affectés, le milieu est considéré comme contaminé par des substances toxiques. En 2014, les taux d'anomalies étaient plus élevés dans la Haute-Chaudière que dans la Moyenne et la Basse-Chaudière. Les sédiments de la Haute-Chaudière, plus contaminés par les hydrocarbures, semblent avoir affecté davantage les poissons.

Les principales anomalies observées sont l'érosion des nageoires et leur déformation sur respectivement 9,5 % et 8,5 % des poissons de la communauté. Ces résultats concordent avec les données de la documentation scientifique, selon laquelle l'érosion des nageoires est l'anomalie la plus fréquemment rapportée chez les poissons après un déversement de produits pétroliers. Ces études portent principalement sur des déversements en milieu marin, car il y a peu d'études sur des déversements en eau douce.

En somme, par rapport aux résultats obtenus en 1994, l'échantillonnage des poissons de la rivière Chaudière un an après l'évènement de Lac-Mégantic met en évidence les faits suivants :

- une chute marquée de la biomasse de poissons;
- aucune amélioration de l'intégrité biotique;
- une hausse marquée des anomalies, menant à des taux d'anomalies sans précédent au Québec.

Aucune hypothèse autre que le déversement de pétrole du 6 juillet 2013 ne peut être avancée pour expliquer ces résultats.

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 déversés dans la rivière Chaudière, dont la tête est située dans la municipalité de Lac-Mégantic.

Au cours de l'été et de l'automne 2013, des équipes ont été mises à pied d'œuvre pour nettoyer le littoral et, autant que possible, le fond de la rivière, par des méthodes manuelles. Au cours de la même période, un grand nombre d'observations visuelles et de nombreux 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 (MDDELCC) a confié à son Comité expert sur la rivière Chaudière le mandat de produire 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 le Comité expert a été adopté par le Ministère et rendu public le 12 mai 2014.

Le plan de gestion de la contamination résiduelle de la rivière Chaudière (MDDELCC, 2014) vise cinq objectifs et comprend 14 projets. Ce rapport présente les résultats du projet 5.2 *Suivi de la communauté de poissons*. Il s'agit du rapport final du projet.

Table des matières

MISE EN CONTEXTE	V
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.....	9
5. CONCLUSION	18
6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	19

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	Caractérisation des habitats aquatiques à chacune des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Chaudière en 1994 et en 2014	8

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Localisation des stations d'échantillonnages des poissons dans la rivière Chaudière en 1994 et en 2014	2
Figure 2	Techniques de pêche et prises de données sur les poissons en laboratoire	5
Figure 3	Exemples d'anomalies de type DELT (Déformation, Érosion des nageoires, Lésion et Tumeur) trouvées chez les poissons d'eau douce	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 et en 2014	9
Figure 5	Variation amont-aval de l'indice d'intégrité biotique de la rivière Chaudière en 1994 et en 2014	12

Figure 6	Variation amont-aval des valeurs des composantes de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Chaudière en 1994 et en 2014 : 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) et des piscivores (F) et le pourcentage des poissons de la communauté piscicole affectés par des anomalies de type DELT (G).....	13
Figure 7	Pourcentage de poissons de chacune des espèces de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par des anomalies de type DELT en 2014.....	14
Figure 8	Variation amont-aval du pourcentage de poissons de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par les différents types d'anomalies corporelles recensés en 2014.....	15
Figure 9	Pourcentage de poissons de chacune des espèces de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par l'érosion des nageoires (A) et par des déformations des nageoires (B).....	16
Figure 10	Type de nageoires les plus affectées par l'érosion (A) et par des déformations (B).....	17

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Localisation des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Chaudière, dates de capture et méthodes d'échantillonnage en 1994 et en 2014.....	22
Annexe 2	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Chaudière en 1994 et en 2014.....	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 et en 2014.....	26

1. INTRODUCTION

Le déversement de pétrole de Lac-Mégantic n'a pas eu d'impact majeur immédiat sur les populations de poissons adultes de la rivière Chaudière en 2013, car peu de poissons ont été trouvés morts dans la rivière en 2013 et un grand nombre était dans un état normal. À plus long terme toutefois, la présence de pétrole sur le fond de la rivière pourrait affecter la survie ou le développement des œufs, des larves et des juvéniles et conduire à un fléchissement des populations de poissons. Le comité expert a donc recommandé qu'un suivi de la communauté de poissons de la rivière Chaudière soit réalisé à l'été 2014.

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'état de la communauté piscicole de la rivière Chaudière et son intégrité biotique en 2014, soit un an après le déraillement du train dans le centre-ville de Lac-Mégantic et le déversement d'environ 100 000 litres de pétrole dans la rivière. L'intégrité biotique se définit comme la capacité d'un écosystème à soutenir 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). Les résultats sont comparés à ceux obtenus en 1994 lors d'une étude similaire effectuée par le MDDELCC sur l'état de santé des poissons de cette même rivière (Martel et Richard, 1998).

2. AIRE D'ÉTUDE¹

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 km². 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 m³/s, mais on enregistre des maximums journaliers de plus de 2 000 m³/s durant la crue printanière et des minimums journaliers aussi bas que 5 m³/s durant l'étiage d'été.

¹ Les informations de cette section sont tirées de Thibault (2008) et MDDELCC (2014)

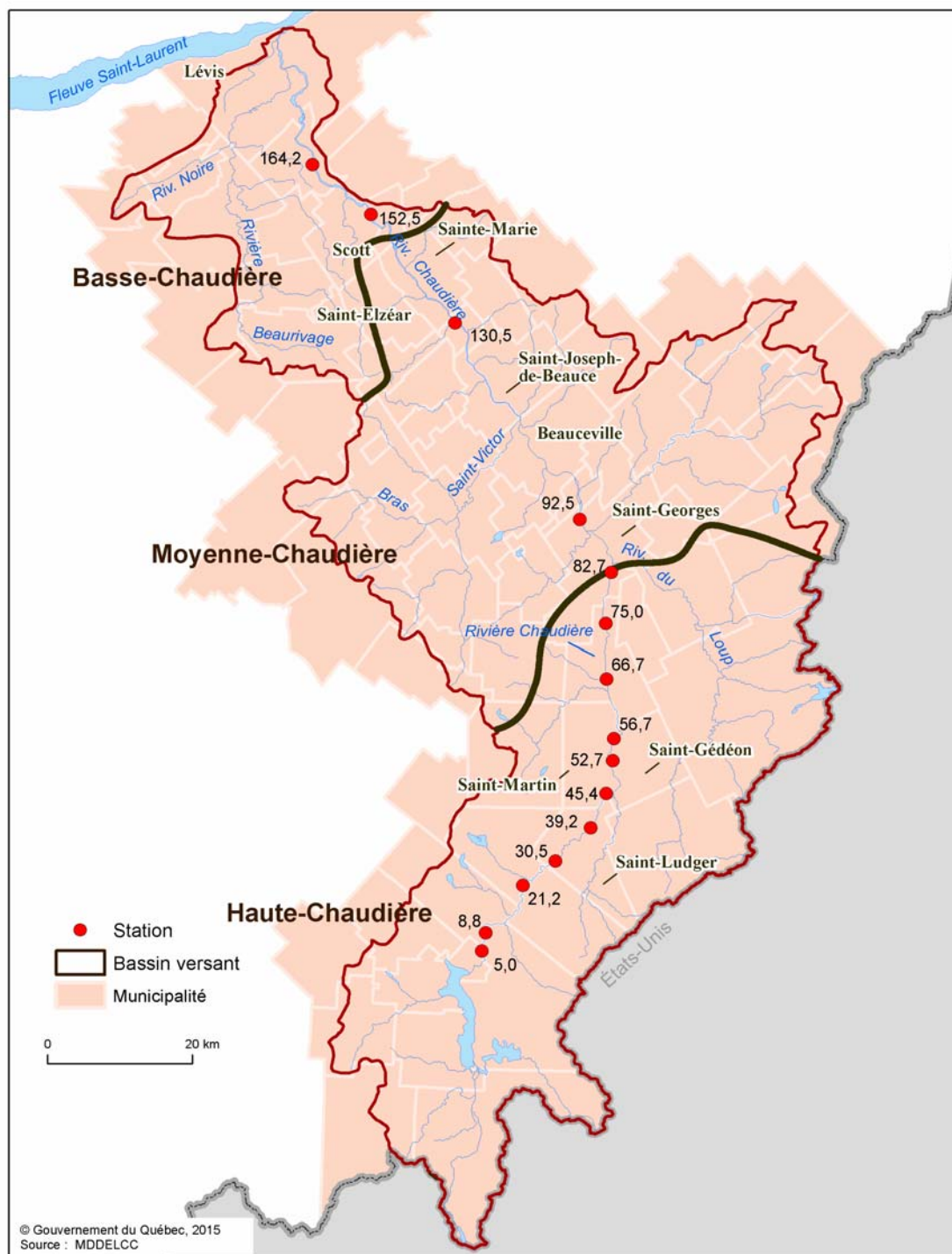


Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnages des poissons dans la rivière Chaudière en 1994 et en 2014¹

¹ La station 21,2 n'a été échantillonnée qu'en 2014

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 et s'étend de l'extrémité sud jusqu'à la confluence de la rivière du Loup avec 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 (km²) 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 km² et 31 % du territoire est agricole. Ce secteur est au cœur de l'activité industrielle du bassin versant. Les petites et moyennes entreprises sont à l'œuvre dans le domaine 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'embouchure de la rivière Chaudière, à Lévis. C'est le secteur le plus peuplé du bassin versant avec 67 personnes par km² 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 de la communauté piscicole de la rivière Chaudière et de son intégrité porte sur 15 stations, dont le numéro, appelé aussi point kilométrique (pk), correspond à leur distance en kilomètre par rapport à l'exutoire du lac Mégantic (figure 1). Onze sont réparties dans la Haute-Chaudière, soit du lac Mégantic jusqu'au barrage Sartigan situé en amont immédiat de Saint-Georges. Deux sont situées dans la Moyenne-Chaudière, entre Saint-Georges et Scott. Les deux autres se trouvent dans la Basse-Chaudière entre Scott et l'embouchure de la rivière au fleuve Saint-Laurent. Toutes ces stations, excluant la station 21,2, ont déjà été échantillonnées en 1994 (Martel et Richard, 1998). Cette dernière a été ajoutée en 2014 afin d'assurer une meilleure répartition spatiale des stations dans la Haute-Chaudière.

Pour chacune de ces deux campagnes d'échantillonnages, la capture des poissons a eu lieu à la fin de la période estivale (de la fin de juillet au début septembre) et avec les mêmes méthodes de pêche soit au moyen d'une embarcation munie d'un engin de pêche électrique aux stations navigables ou d'un engin de pêche électrique à gué aux stations non navigables (figure 2). Seule la station 92,5, échantillonnée à gué en 1994, a dû être échantillonnée en bateau en 2014 à cause du niveau d'eau plus élevé 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 transportés en laboratoire pour être identifiés, dénombrés et pesés globalement par espèce (figure 2). Pour chaque espèce, un maximum de 20 individus, représentatifs de chacune des classes de tailles, était mesuré (longueur à la fourche) et examiné pour dénombrer les anomalies externes de type DELT (figure 3) (Ohio EPA, 1988; Uhland et coll., 2000; MDDEP, 2011). 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.



Credit : MDELC

Pêche électrique en embarcation



Credit : MDELC

Pêche électrique à gué



Credit : MDELC

Identification, dénombrement, évaluation de la biomasse et examen des poissons en laboratoire

Figure 2 Techniques de pêche et prises de données sur les poissons en laboratoire

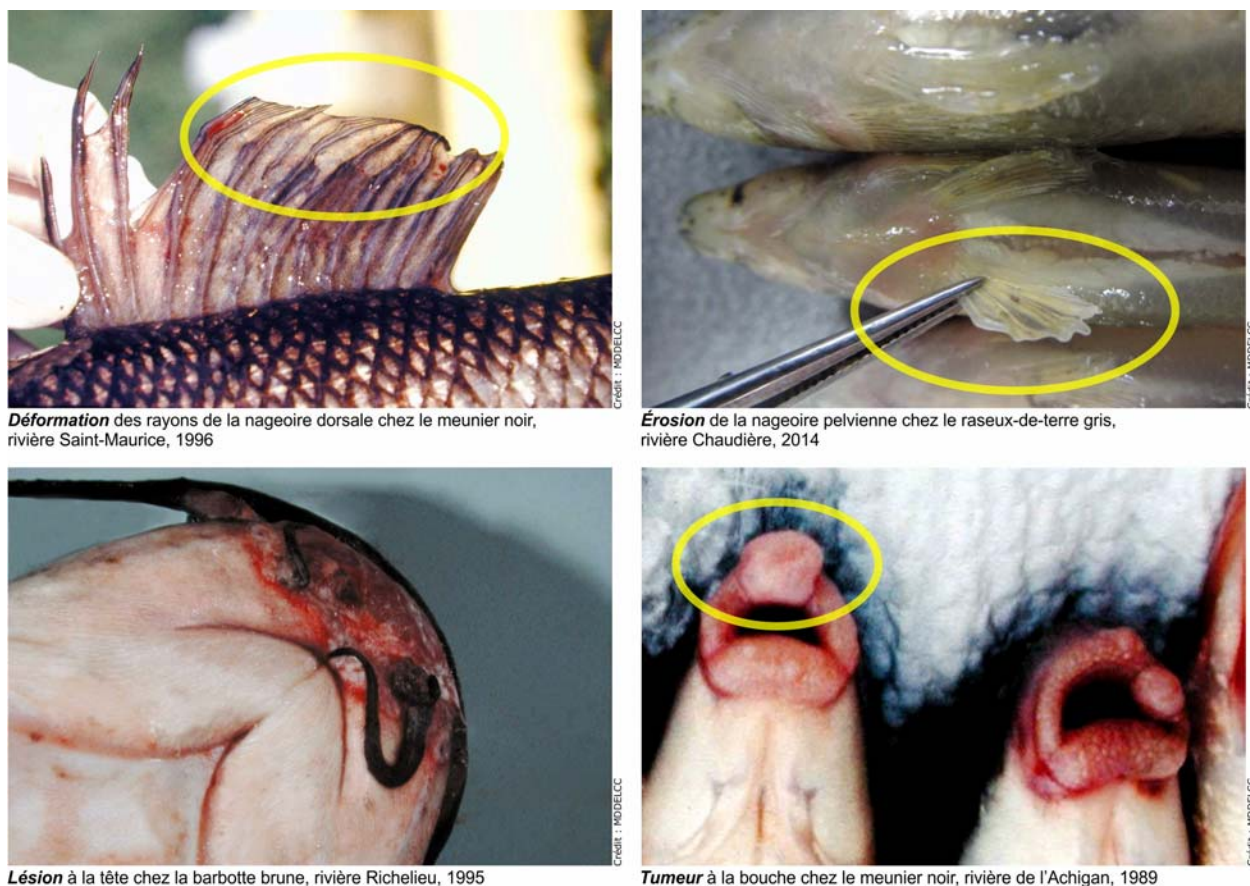


Figure 3 Exemples d'anomalies de type DELT (Déformation, Érosion des nageoires, Lésion et Tumeur) trouvées chez les poissons d'eau douce

Une autre station, soit la station 177,5 située près de l'embouchure en amont de Charny, a également été échantillonnée en 2014. Toutefois, à cause d'un trop faible niveau d'eau, la rivière n'a pu être échantillonnée en bateau comme ce fut le cas en 1994. Elle a été échantillonnée à gué. Néanmoins, pour une rivière de 300 mètres de largeur dans ce secteur, la surface habituellement échantillonnée par cette méthode de pêche s'est révélée trop faible et inadéquate. Les données semblaient peu représentatives de l'état de la communauté. Elles ont donc été rejetées.

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 pour 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 à l'aide 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.

3.2 Traitement des données

L'abondance des poissons a été transformée 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 coll. (1986) et adapté par Richard (1994 et 1996) pour le Québec. La tolérance relative des espèces à la pollution et leur niveau trophique, information nécessaire au calcul de l'indice, sont en grande partie tirés de Barbour et coll. (1999) (annexe 2). L'indice 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 coll. (1986), composée de 12 variables. Pour connaître la pertinence de chacune 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
Composition et abondance			
1. IWB-IWBm*	0 - 0,5	0,6 - 1,0	≥ 1,1
2. Nombre d'espèces de catostomidés	≥ 2	1	0
3. Nombre d'espèces intolérantes	≥ 3	1 - 2	0
Organisation trophique			
4. Densité relative des omnivores	≤ 19%	20-45%	≥ 46%
5. Densité relative des cyprinidés insectivores	≥ 46%	45-20%	≤ 19%
6. Densité relative des piscivores	≥ 5,1%	5-1%	≤ 0,9%
Condition des poissons			
7. Proportion des poissons avec des anomalies de type DELT	0-2%	2,1-5%	≥ 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

Le test de Wilcoxon pour données paires (Gibbons, 1976) a été utilisé pour tester les différences entre les paramètres de communauté piscicole et l'IIB, aux 14 stations échantillonnées à la fois en 1994 et en 2014.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Habitats

Les stations situées dans la Haute-Chaudière sont souvent à pentes fortes, peu profondes et à vitesse de courant modérée. 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).

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

Station (pk)	Date	Altitude (m)	Pente (m/km)	Largeur moyenne (m)	Profondeur maximale (m)	Vitesse du courant	Transparence	Substrat dominant	Abondance des macrophytes ¹	Érosion des rives ¹
Haute-Chaudière										
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
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	2014-08-12	338	1,8	35	0,5	modérée	claire	bloc	absent	absente
30,5	1994-09-01	315	1,4	60	0,4	modérée	claire	galet	rare	absente
	2014-08-11			20	0,8	modérée	claire	galet	absent	absente(D)-faible(G)
39,2	1994-09-01	291	3,6	60	≥0,7	modérée	claire	galet-bloc	absent(G)	absente(G)
	2014-08-11			25	0,45	rapide	claire	bloc	absent	absente
45,4	1994-09-07	268	2,1	90	≥0,7	modérée	claire	galet	rare(D)	absente(D)
	2014-08-05			50	0,4	modérée	claire	galet	absent	absente
52,7	1994-08-31	255	1,6	100	≥0,7	lente	claire	roc	absent(D)	absente(D)
	2014-08-05			50	0,4	modérée	claire	galet	absent	absente
56,7	1994-08-31	247	2,9	60	≥1	modérée	trouble	bloc	absent(D)	absente(D)
	2014-08-04			30	1,15	modérée	claire	bloc	absent	faible(D)-absente(G)
66,7	1994-09-07	231	1,3	80	≥0,8	modérée	claire	galet	absent(G)	absente(G)
	2014-07-31			45	0,45	modérée-rapide	claire	galet	absent	absente
75	1994-08-24	212	2,9	100	≥0,9	modérée	claire	galet-bloc	modérée	absente
	2014-07-31			60	1	rapide	claire	galet-bloc	rare	absente
82,7	1994-08-30	170	2,6	175	3,4	lente	opaque	sable	absent	absente
	2014-08-01			60	4,5	lente	claire	sable	rare	absente
Moyenne-Chaudière										
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	1994-08-18	144	0,2	100	3	lente	trouble	argile-limon	modéré(D)-absente(G)	absente
	2014-07-29			50	2	lente	trouble	sable	rare	absente
Basse-Chaudière										
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	1994-08-10	115	1,7	400	3	lente	trouble	sable	modérée	absente
	2014-07-30			200	1	modérée	claire	sable	rare	absente

¹ Inclut les deux rives, sauf indication contraire; autrement, G : rive gauche et D : rive droite

n.d. : non déterminé

Les deux stations de la Moyenne-Chaudière sont à pentes faibles et assez profondes. Les eaux sont 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. L'eau, trouble et opaque en 1994, est claire en 2014. L'abondance des macrophytes varie de rare à modérée (tableau 2).

Pour la grande majorité des stations, l'érosion des rives est absente (tableau 2).

4.2 Communauté piscicole

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

Les hydrocarbures pétroliers déversés dans la rivière en 2013 ont contaminé les sédiments de la Haute-Chaudière, et à un moindre degré ceux de la Moyenne-Chaudière (Golder Associés Ltée, 2014; MissionHGE, 2014; CRA Québec, 2015; MDDELCC, données non publiées). En 2013, des 133 stations échantillonnées pour les concentrations en HP C₁₀-C₅₀, 24 % dépassaient la valeur de référence des effets chroniques (164 mg/kg) et 26 % la valeur de référence d'effets aigus (832 mg/kg). Ces valeurs étaient respectivement de 17 et de 5 % en 2014.

Cette contamination ne semble toutefois pas avoir eu d'effets négatifs sur la distribution amont-aval de la taille moyenne de la communauté piscicole de la rivière Chaudière. Le test de Wilcoxon pour données appariées démontre qu'il n'y a pas de différences significatives ($p > 0,05$) dans la taille moyenne des poissons capturés en 1994 et de ceux capturés en 2014 (figure 4 A).

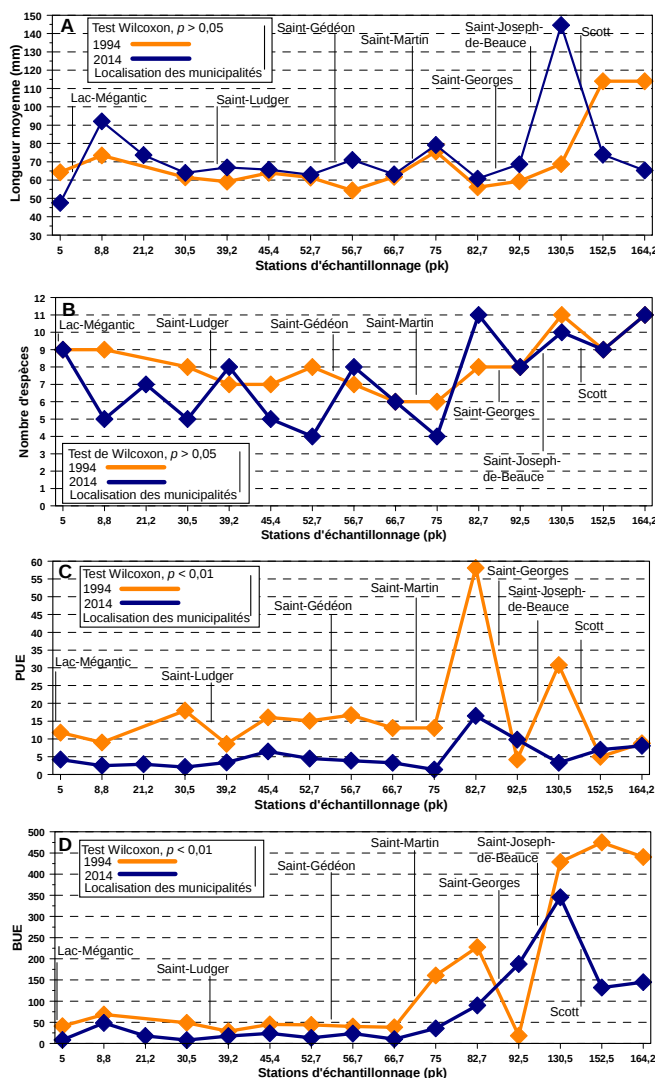


Figure 4 Variation amont-aval de la taille moyenne des poissons (A), du nombre d'espèces (B), de leur abondance (C) et de leur biomasse (D) dans la rivière Chaudière en 1994 et en 2014

Le déversement de pétrole n'a également pas modifié la distribution spatiale du nombre d'espèces de poissons entre 1994 et 2014 (test Wilcoxon, $p > 0,05$) (figure 4B). Au total, 20 espèces de poissons ont été capturées en 1995 et autant en 2014 aux 14 stations de la rivière Chaudière échantillonnée à chacune de ces années. Les espèces les plus largement distribuées étaient le meunier noir, la perchaude, le raseux-de-terre gris, le méné à nageoires rouges et le naseux des rapides en 1994 ainsi que le meunier noir, le méné à nageoires rouges et le naseux des rapides en 2014. On les retrouvait à plus de 70 % des sites échantillonnés (annexe 2). Dans la Haute-Chaudière (stations 5 à 82,7), là où la contamination des sédiments était plus prononcée, la distribution spatiale du nombre d'espèces capturées en 1994 et en 2014 n'est également pas significativement différente (test Wilcoxon, $p > 0,05$) (figure 4B). On a dénombré 15 espèces en 1994 et 17 en 2014 (annexe 2). Le meunier noir et le naseux des rapides occupaient l'ensemble des stations à chacune des deux campagnes d'échantillonnage (annexe 2). Tout comme dans la présente étude, Masnik et coll. (1976) n'ont pas observé de baisse dans la diversité spécifique des poissons après un déversement de pétrole brut dans le ruisseau Plum en Virginie au printemps 1973. On ne peut toutefois généraliser, car les effets des déversements de pétrole sur la diversité des poissons, autant en milieux d'eau douce que marins, sont en définitive peu documentés (Perhar et Arhonditsis, 2014).

Contrairement aux deux paramètres de communauté précédents, on observe une baisse significative (test Wilcoxon, $p < 0,01$) de la variation amont-aval de l'abondance (figure 4C) et de la biomasse (figure 4D) des poissons capturés en 2014 comparativement à ceux capturés en 1994. Les prises par unité d'effort, pour l'ensemble de la rivière, qui sont de 16,3 prises/min en 1994 sont passées à 5,5 prises/min en 2014, et la biomasse prélevée par unité d'effort de 150,2 g/min à 77,7 g/min, soit des baisses respectives de 66 % et de 48 %. Les espèces dominantes sur le plan de l'abondance relative sont le naseux des rapides (26 %), le meunier noir (21 %) et l'omisco (15 %) en 1994 et le meunier noir (24 %), le naseux des rapides (22 %) et le méné à nageoires rouges (18 %) en 2014 (annexe 2). En termes de biomasse relative, ce sont le meunier noir (48 %) et le naseux des rapides (10 %) en 1994 ainsi que le meunier noir (27 %) et l'achigan à petite bouche (40 %) en 2014.

En se déposant sur les sédiments, le pétrole peut nuire à certaines espèces de poissons en diminuant 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). Une baisse importante de l'abondance des poissons, comme celle observée dans la rivière Chaudière en 2014, pourrait alors survenir. Toutefois, cette interprétation demande certaines réserves. En effet, chez les communautés piscicoles, plusieurs autres mécanismes difficiles à cerner tels que la compétition, la prédation, et le taux de reproduction pour n'en nommer que quelques-uns, peuvent interagir et influencer l'abondance des poissons dans la communauté.

La biomasse des poissons est plus stable (Kushlan, 1976) et moins influencée par de multiples facteurs inhérents aux écosystèmes fluviaux. Telle qu'elle a été revue par Richard (1994), elle dépend largement de la productivité primaire et secondaire et des paramètres physicochimiques, comme le phosphore, qui influencent cette productivité. L'assainissement urbain, industriel et agricole mis en place au Québec au cours des trois dernières décennies a induit sur toutes les grandes rivières, tributaires du fleuve Saint-Laurent, des baisses significatives de phosphore total (MDDEP, 2012). A priori, ce facteur pourrait mener à une baisse de biomasse piscicole, mais en réalité sur les rivières Saint-François et Yamaska, où l'on a également enregistré des baisses significatives en phosphore total, la biomasse piscicole n'a pas baissé (BQMA⁵, données non publiées). Ce constat renforce l'hypothèse que la baisse importante de la biomasse piscicole observée sur la rivière Chaudière pourrait résulter d'un événement majeur de pollution comme celui du déversement de pétrole de Lac-Mégantic.

⁵ Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA), 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.

Indice d'intégrité biotique (IIB)

Globalement, l'intégrité biotique de la communauté piscicole de la rivière Chaudière ne s'est pas améliorée (test Wilcoxon, $p > 0,05$) au cours des vingt dernières années (figure 5). En 1994 comme en 2014, on trouve 2 stations dans la classe d'intégrité biotique très faible, 6 dans la classe faible et 6 dans la classe moyenne. Pourtant, l'intégrité biotique aurait dû augmenter significativement en réponse aux mesures d'assainissement urbain, industriel et agricole mises en place sur le bassin versant au cours des 30 dernières années, comme cela s'est produit pour d'autres grandes rivières des basses-terres du Saint-Laurent telles les rivières Saint-François (Richard, 2013) et Yamaska (Richard, 2014). Toutefois, en 2014, des gains ont eu lieu aux stations 52,7, 56,7 et 66,7 situées dans le secteur Saint-Gédéon et Saint-Martin de la Haute-Chaudière. À certaines de ces stations, on note une baisse importante de l'indice IWB-IWBm (figure 6A), une augmentation du nombre d'espèces longévives de la famille des catostomidés (figure 6B), une diminution de la densité relative des espèces généralistes comme les omnivores (figure 6D) et une augmentation de la densité relative des espèces spécialisées comme les cyprinidés insectivores (figure 6E).

Un autre constat positif, et possiblement le plus significatif, est la présence en 2014 du méné bec-de-lièvre à 6 stations de la Haute-Chaudière et à 2 stations de la Basse-Chaudière (figure 6C; annexe 2). Il s'agit d'une espèce intolérante à la pollution qui n'avait été capturée qu'à l'embouchure de la rivière Chaudière en 1994 (Martel et Richard, 1998). L'augmentation de son aire de distribution pourrait signifier que la rivière Chaudière avait récupéré ou était en processus de récupération à la suite des actions d'assainissement des eaux municipales, industrielles et agricoles.

Toutefois, l'augmentation sans précédent entre 1994 et 2014 du taux d'anomalie de type DELT pour l'ensemble des stations de la rivière Chaudière (figure 6G) indique qu'un nouveau problème est apparu depuis et contribue à mettre un frein à l'augmentation de l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière. Le taux de poissons atteints par des anomalies était souvent nul ou faible en 1994, mais pouvait atteindre des valeurs aussi élevées que 35 et 47 % en 2014 (figure 6G). Des taux aussi élevés, à autant de stations d'une même rivière, n'ont été observés dans aucun autre cours d'eau (MDDELCC, 2015a).

Au-dessus de 5 % des poissons affectés par le DELT, le milieu est considéré comme contaminé par des substances toxiques (Karr, 1991). Tel qu'il a été démontré par Richard pour les rivières Saint-François (Richard, 2013) et Yamaska (Richard, 2014), après des décennies d'efforts pour assainir les eaux d'une rivière, le taux d'anomalies chez les poissons passe normalement sous le seuil de 2 % à cause d'une baisse de la toxicité du milieu. Dans la rivière Chaudière, le résultat est l'inverse, avec une hausse marquée de 1994 à 2014. L'exposition des poissons aux résidus pétroliers (eau et sédiments) est la cause la plus probable de ce phénomène.

Les taux d'anomalies plus élevés dans la Haute-Chaudière (stations 5 à 82,7) que dans la Moyenne et la Basse-Chaudière (stations 92,5 à 164,2) renforcent également cette hypothèse. Les sédiments de la Haute-Chaudière, plus contaminés que partout ailleurs par les hydrocarbures (Golder Associés Ltée, 2014; CRA Québec, 2015), auraient affecté davantage les poissons. La station 130,5 dans la Moyenne-Chaudière pourrait faire exception. Le fort taux d'anomalies enregistré pourrait résulter d'une contamination des sédiments par des déversements d'hydrocarbures en provenance des entreprises Recyc RPM inc. et MV Recyclage de plastiques inc. Ces compagnies, situées à 25 km plus en amont à Beauceville (pk 105,5), ont été mises en cause pour des déversements illégaux à l'automne 2014. L'échantillonnage des poissons a eu lieu à l'été 2014, mais il n'est pas exclu que les sédiments aient déjà été contaminés avant l'accident ferroviaire de 2013. Dans l'ensemble de la rivière, presque toutes les espèces sont affectées par le DELT, soit 15 espèces sur les 20 capturées (figure 7). Le méné bec-de-lièvre, la seule espèce de la rivière reconnue comme très sensible à la pollution (Barbour et coll., 1999), est la plus touchée (61 %) (figure 7).

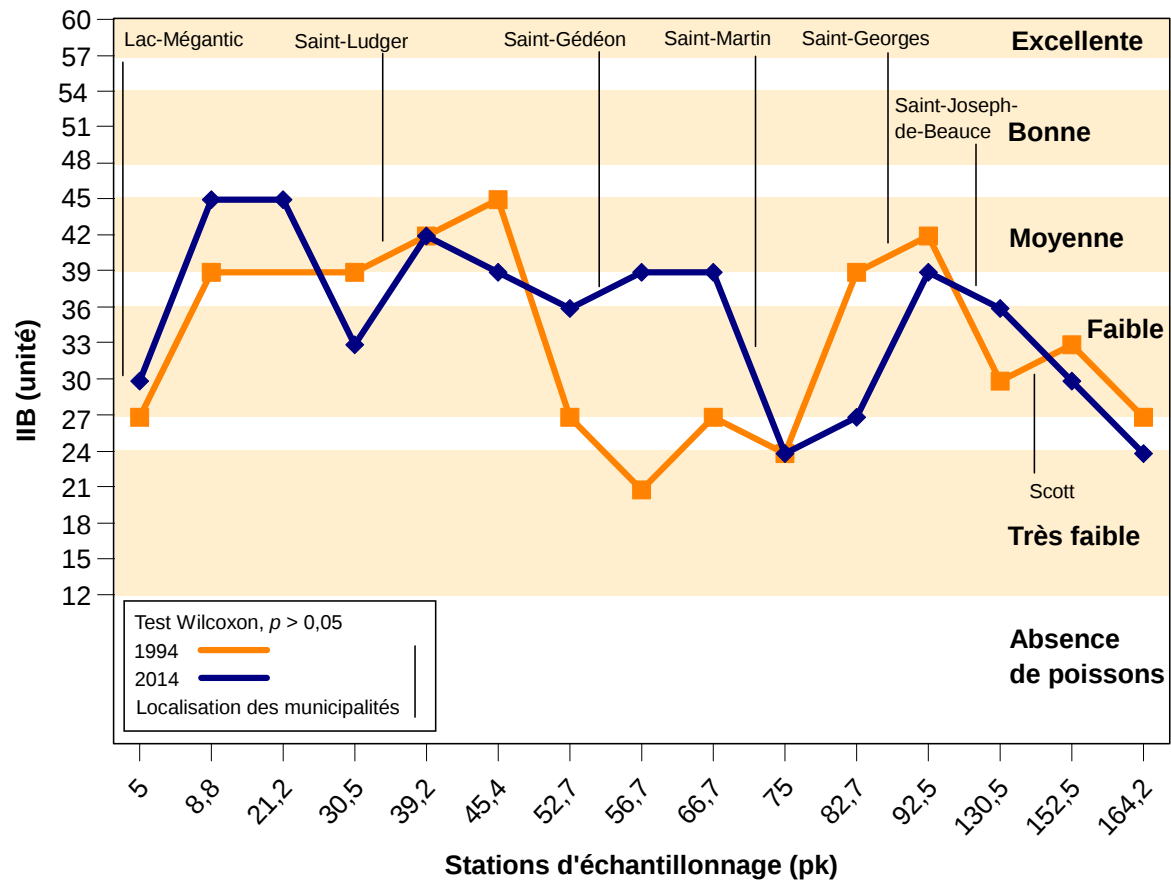


Figure 5 Variation amont-aval de l'indice d'intégrité biotique de la rivière Chaudière en 1994 et en 2014

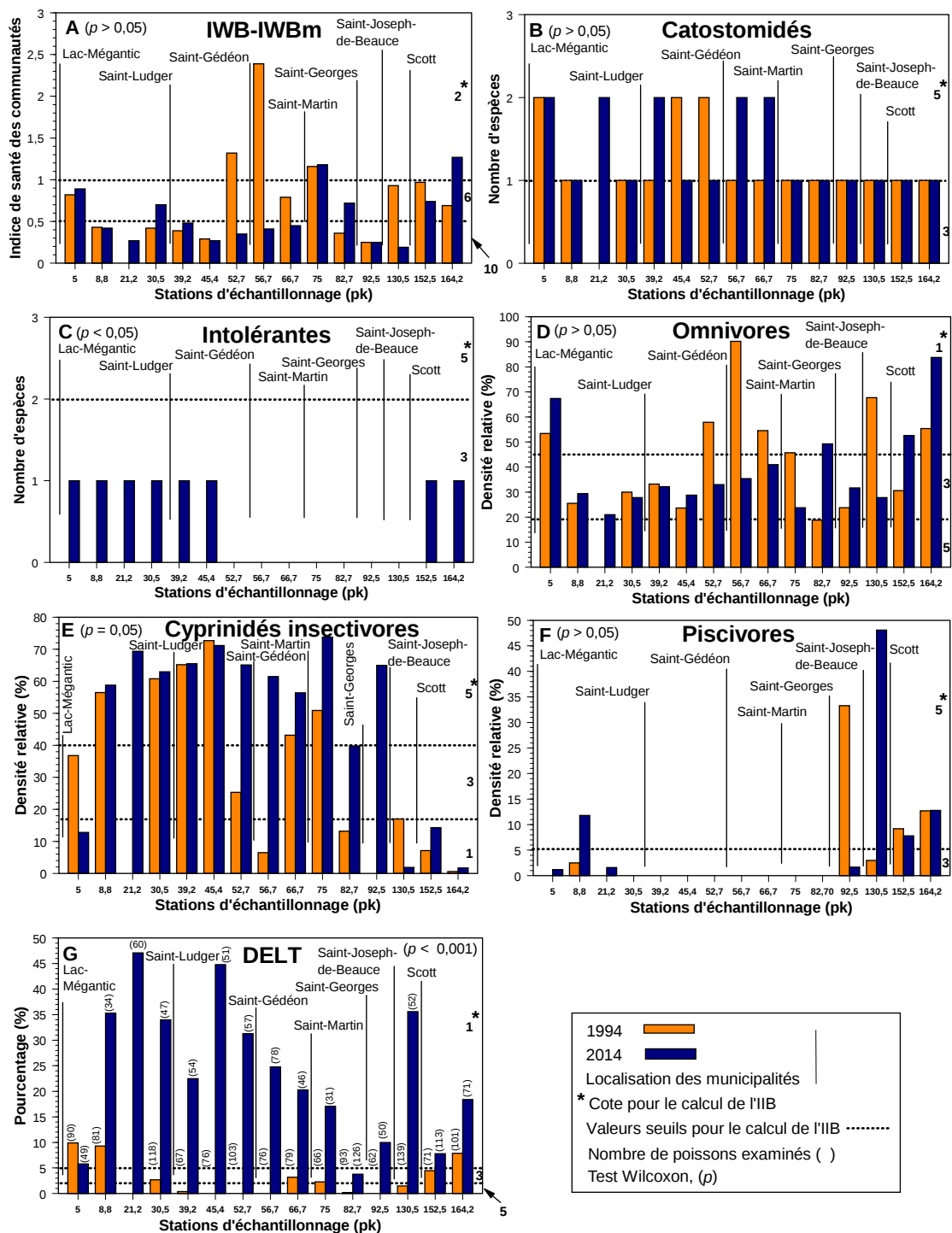


Figure 6 Variation amont-aval des valeurs des composantes de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Chaudière en 1994 et en 2014 : l'indice IWB-IWBm (A), le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (B), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (C), la densité relative des omnivores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

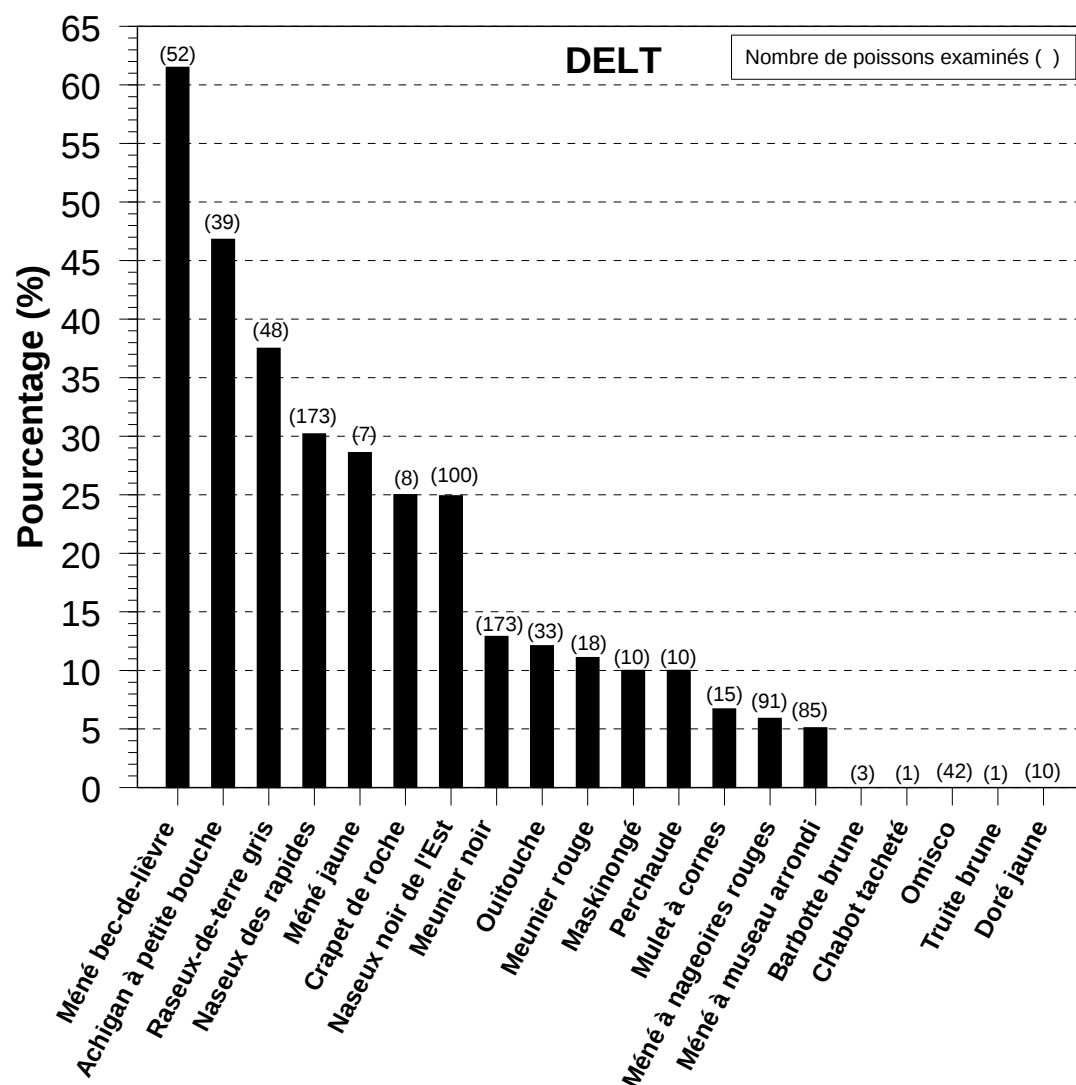


Figure 7 Pourcentage de poissons de chacune des espèces de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par des anomalies de type DELT en 2014

L'érosion des nageoires est l'anomalie de type DELT qui affecte le plus grand nombre de poissons sur l'ensemble du parcours de la rivière Chaudière en 2014. Les déformations des nageoires sont également très fréquentes, mais touchent un pourcentage moins élevé de poissons de la communauté. Les autres types d'anomalies, comme les lésions sur les nageoires et les autres parties du corps, de même que les déformations du corps touchent un faible pourcentage d'individus. Les tumeurs sont totalement absentes (figure 8), car elles demandent du temps pour se développer (Baumann et coll., 1990). Mikaelian et coll. (2000) ont démontré que chez le meunier noir des rivières Yamaska et Richelieu, elles n'apparaissent que lorsque les poissons ont atteint une taille de plus de 400 mm. Cet élément sera à surveiller dans les futures campagnes d'échantillonnage.

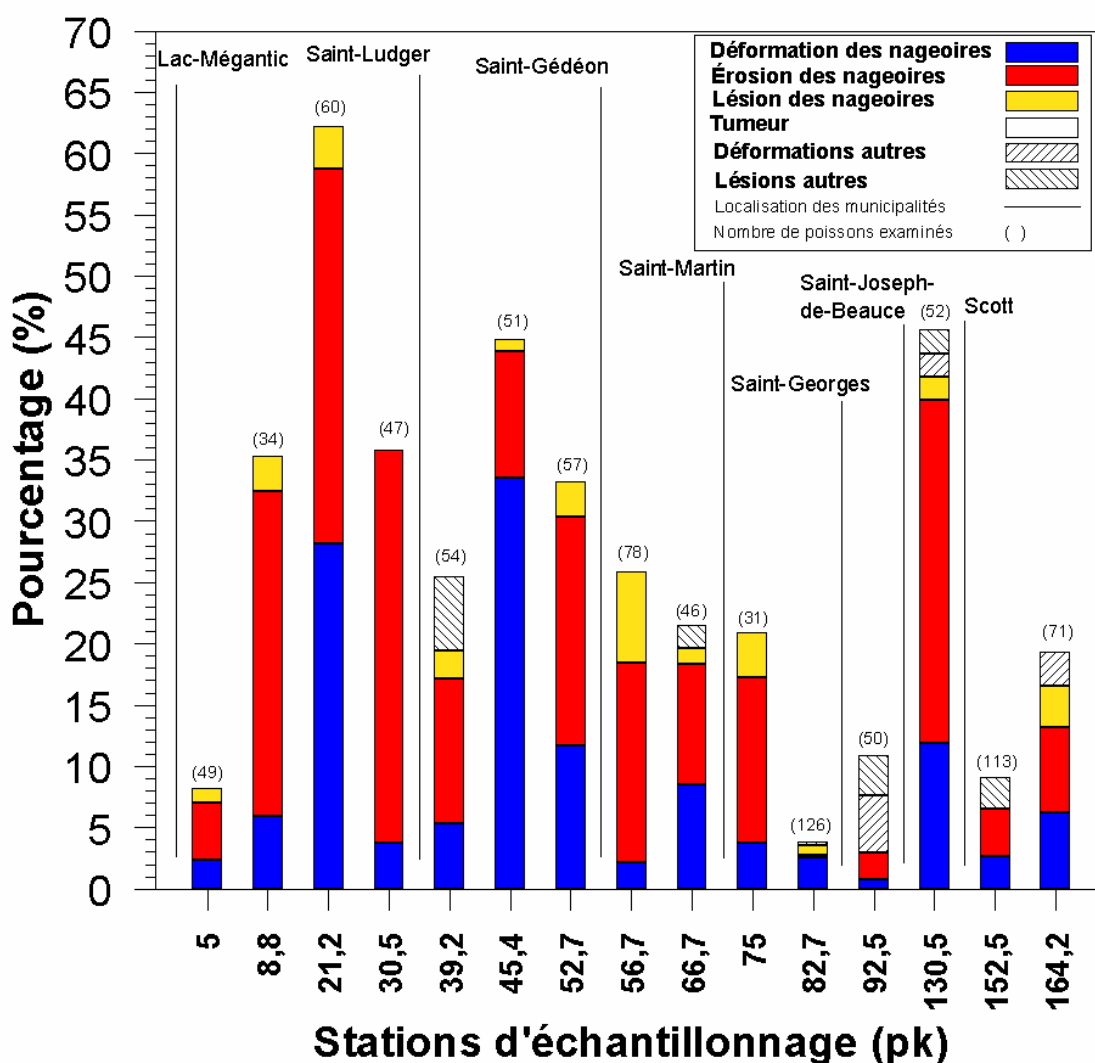


Figure 8 Variation amont-aval du pourcentage de poissons de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par les différents types d'anomalies corporelles recensés en 2014

L'érosion des nageoires est l'anomalie la plus fréquemment rapportée chez les poissons après un déversement de produits pétroliers en milieux marins ou après une exposition à des sédiments marins contaminés par des produits pétroliers en laboratoire (Minchew et Yarbrough, 1977; Haensly et coll., 1982; Sindermann, 1982; Hargis et coll., 1984; Moles et Norcross, 1998; Perhar et Arhonditsis, 2014). Il est couramment admis que le contact direct des poissons avec des sédiments contaminés pourrait provoquer 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 la rivière Chaudière, 13 espèces sur 20 en sont affectées. Les espèces les plus touchées sont le mené bec-de-lièvre (54 %) et l'achigan à petite bouche (44 %) (figure 9A).

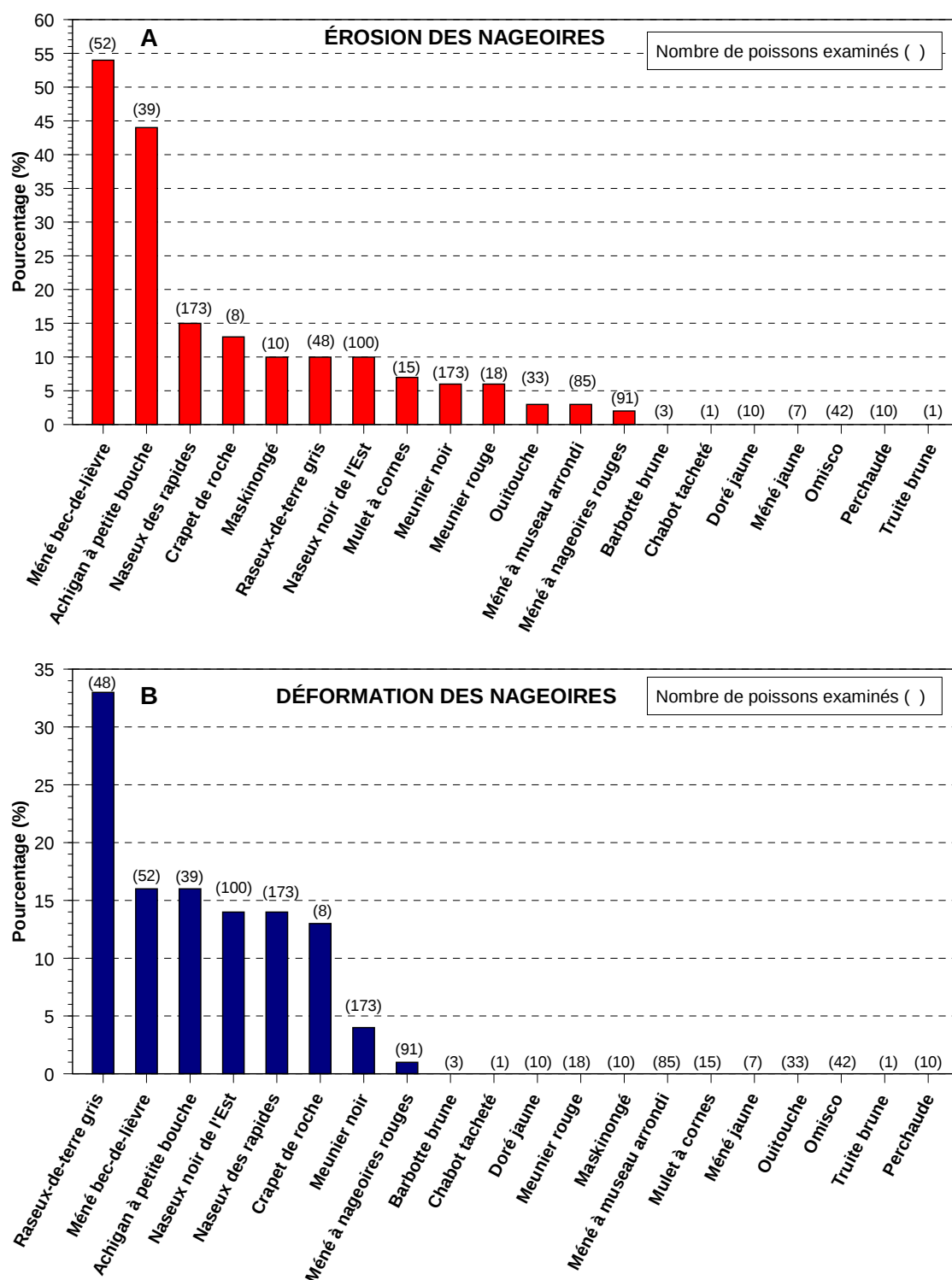


Figure 9 Pourcentage de poissons de chacune des espèces de la communauté piscicole de la rivière Chaudière affectés par l'érosion des nageoires (A) et par des déformations des nageoires (B)

La déformation des rayons des nageoires causée par des rejets pétroliers est peu documentée. 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 contaminée des côtes françaises 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 dont les biphényles polychlorés, les pesticides organochlorés, les insecticides (organophosphate) et certains métaux qui peuvent agir sur le métabolisme des os et modifier leur minéralisation (Van Den Avyle et coll., 1989). Dans la rivière Chaudière, 8 espèces sur 20 en sont affectées. Le raseux-de-terre gris est le plus touché (33 %) (figure 9B).

La nageoire caudale est celle où l'on trouve le plus d'érosion (figure 10A) et de déformations (figure 10B) chez les poissons de la rivière Chaudière. 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 nageoires affectées semble être relié au comportement alimentaire des poissons ou à leur préférence d'habitat (Resh et Berra, 1989). Mais très peu d'espèces ont été étudiées pour qu'on puisse en tirer des généralités. Beaucoup d'espèces de poissons de la rivière Chaudière sont des insectivores qui s'alimentent probablement sur le lit des rivières. Leur nageoire caudale pourrait avoir un contact plus direct avec les sédiments contaminés que les autres nageoires.

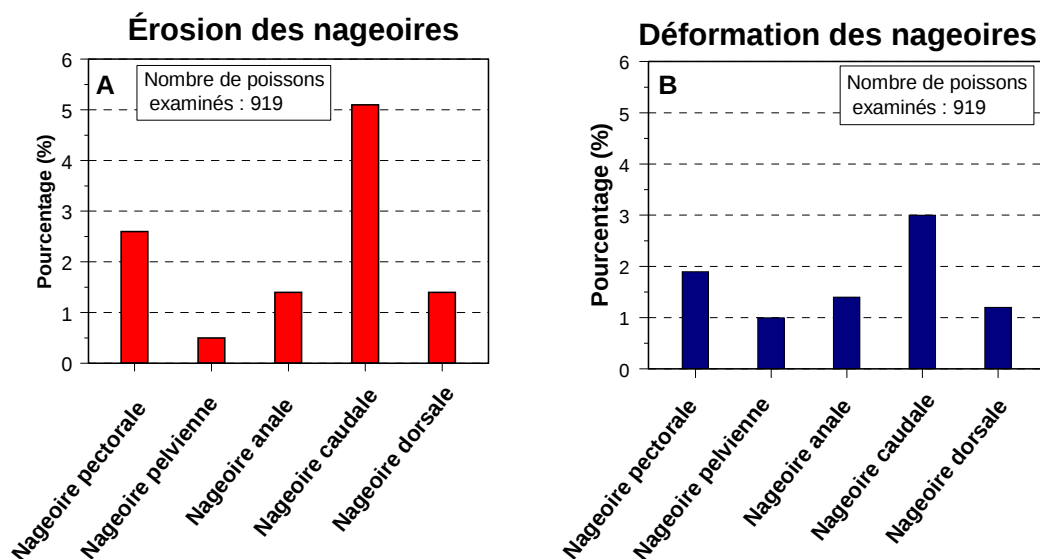


Figure 10 Type de nageoires les plus affectées par l'érosion (A) et par des déformations (B)

5. CONCLUSION

L'impact sur les communautés piscicoles des hydrocarbures pétroliers déversés dans la rivière Chaudière en 2013 a pu être évalué en comparant les données des pêches effectuées en 2014 avec les données historiques de 1994.

Le déversement d'hydrocarbures pétroliers n'a pas modifié la diversité des poissons et la taille de la communauté piscicole de la rivière Chaudière. Toutefois, l'abondance et la biomasse ont chuté respectivement de 66 % et de 48 % par rapport aux données historiques.

Le déversement a également mis un frein à l'amélioration de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la communauté piscicole. L'indice aurait dû augmenter significativement en réponse aux mesures d'assainissement urbain, industriel et agricole mises en place sur le bassin versant au cours des 30 dernières années.

Le déversement a provoqué une augmentation sans précédent du pourcentage de poissons affectés par des anomalies externes de type DELT (Déformation, Érosion des nageoires, Lésion, Tumeur). À certaines stations, jusqu'à 35 et 47 % des poissons pouvaient être atteints alors que le pourcentage de poissons affectés était souvent nul ou faible dans le passé. Les taux d'anomalies étaient plus élevés dans la Haute-Chaudière, là où les sédiments étaient plus contaminés par les hydrocarbures.

Les poissons atteints par le DELT avaient surtout les nageoires érodées et déformées. L'érosion des nageoires est l'anomalie la plus fréquemment rapportée après des déversements pétroliers.

À la suite de ces résultats, le Comité expert recommande un nouvel échantillonnage des poissons. Il permettrait de vérifier si l'abondance et la biomasse des poissons augmentent dans le temps et si l'intégrité biotique et l'état de santé de la communauté s'améliorent avec l'atténuation de la contamination du milieu. L'échantillonnage pourrait avoir lieu en 2016, le temps de laisser s'implanter les nouvelles cohortes de poissons. Le temps de réponse de la communauté devrait suivre de près l'évolution de la décontamination du milieu, car cette communauté de poissons, composée principalement d'espèces à court cycle de vie, se renouvelle assez rapidement. La diminution de la contamination du milieu, constatée en été 2014, devrait se poursuivre par atténuation naturelle et sous l'effet des travaux de décontamination réalisés au pk 4,5 à l'automne 2014 (MDDELCC, 2015b).

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.

BAUMANN, P.C., J.C. HARSHBARGER, et K.J. HARTMAN, 1990. « Relationship between liver tumors and age in brown bullhead populations from two Lake Erie tributaries », *The Science of the Total Environment*, vol. 94, p. 71-87.

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.

CRA QUÉBEC (CONESTOGA-ROVERS & ASSOCIÉS INC.), 2015. *Caractérisation des sédiments de la rivière Chaudière et du lac Mégantic*, Rapport préliminaire présenté au Comité expert du MDDELCC sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers, n° de référence : Y060516 (5)

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

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE, 2014. *Rapport de caractérisation de la rivière Chaudière*, n° de référence : 001-13-1222-0073-RF-Rev0

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*, Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois, 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.

KUSHLAN, J.A., 1976. « Environmental stability and fish community diversity », *Ecology*, vol. 57, p. 821-825

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.

LA VIOLETTE, N., D. FOURNIER, P. DUMONT, et Y. MAILHOT, 2003. *Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique pour le fleuve Saint-Laurent, 1995-1997*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 237 p.

MARTEL, N. et Y. RICHARD, 1998. *Le bassin de la rivière Chaudière : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu*, pages 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° 4-5, p.281-296.

MDDELCC, 2014. *Tragédie ferroviaire du 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 pages et 4 annexes.

MDDELCC, 2015a. La diversité des poissons dans nos rivières et le fleuve Saint-Laurent, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). [En ligne] [<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/poissons.htm>] (Page consultée le 3 juin 2015).

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 pages.

MDDEP, 2011. *Manuel des anomalies externes observées chez les poissons*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, rapport interne, 101 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.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2012. *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-63649-6 (PDF), 97 p.

MIKAELIAN, I., Y. de LAFONTAINE, P. GAGNON, C. MÉNARD, Y. RICHARD, P. DUMONT, L. PELLETIER, Y. MAILHOT, et D. MARTINEAU, 2000. « Prevalence of lip neoplasma of white sucker (*Catostomus commersoni*) in the St. Lawrence River basin », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 57(Suppl. 1), p. 174-181.

MissionHGE. 2014a. *Suivi de la qualité environnementale de l'eau de surface de la rivière Chaudière – Automne 2013*. Rapport présenté au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction régionale du Centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, version finale, mars 2014, 12 p. plus tableaux et annexes.

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*. Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of Water Quality Planning and Assessment, Columbus, Ohio.

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.

PLAFKIN, J.L., M.T. BARBOUR, K.D. PORTER, S.K. GROSS et R.M. HUGHES, 1989. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers : benthic macroinvertebrates and fish*, U.S. Environmental Protection Agency, Assessment and Watershed protection Division, Washington, D.C., EPA/440/4-89/001.

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*, 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*, 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., et I. GIROUX, 2004. *Impact de l'agriculture sur les communautés benthiques et piscicoles du ruisseau Saint-Georges (Québec, Canada)*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq n° ENV/2004/0226, collection n° QE/148, 28 p. et 2 annexes.

RICHARD, Y., 2013. *Évolution de l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière Saint-François en réponse aux travaux d'assainissement des eaux usées municipales et industrielles*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-66422-2 (PDF), 10 p. et 3 annexes.

RICHARD, Y., 2014. *Évolution de l'intégrité biotique des communautés piscicoles du bassin versant de la rivière Yamaska entre 1995 et 2011*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ISBN 978-2-550-71553-5 (PDF), 18 p. et 6 annexes.

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 poisons d'eau douce du Québec –Guide de diagnostic*. Les 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.

Annexe 1 Localisation des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Chaudière, dates de capture et méthodes d'échantillonnage en 1994 et en 2014

Station			Échantillonnage poissons			
Numéro (pk)	Coordonnées ¹		Date	Effort de pêche (sec)	Longueur de rive ² (m)	Méthode
5	45,600586	-70,861185	1994-09-08	1505	50 (G)	à gué
			2014-08-06	1227	84	à gué
8,8	45,62261	-70,85577	1994-09-08	1069	50 (G)	à gué
			2014-08-06	809	100	à gué
21,2	45,68428	-70,79243	2014-08-12	1277	100	à gué
30,5	45,71595	-70,73415	1994-09-01	1576	100	à gué
			2014-08-11	1533	140	à gué
39,2	45,75969	-70,67528	1994-09-01	1746	50(G)	à gué
			2014-08-11	1539	100	à gué
45,4	45,80197	-70,64928	1994-09-07	1435	50(D)	à gué
			2014-08-05	957	100	à gué
52,7	45,84288	-70,64078	1994-08-31	1210	50(D)	à gué
			2014-08-05	1426	102	à gué
56,7	45,87198	-70,63742	1994-08-31	1100	50(D)	à gué
			2014-08-04	1475	75	à gué
66,7	45,944636	-70,65463	1994-09-07	2012	61(G)	à gué
			2014-07-31	1401	92	à gué
75	46,013536	-70,659249	1994-08-24	1074	100	à gué
			2014-07-31	1819	206	à gué
82,7	46,07624	-70,65396	1994-08-30	1026	1000	bateau
			2014-08-01	1331	1000	bateau
92,5	46,14375	-70,71196	1994-08-23	904	100	à gué
			2014-07-28	735	1000	bateau
130,5	46,38432	-70,94729	1994-08-18	1278	1000	bateau
			2014-07-29	974	1000	bateau
152,5	46,51824	-71,10752	1994-08-15	1171	1000	bateau
			2014-08-07	1318	1000	bateau
164,2	46,57715	-71,20973	1994-08-10	1069	1000	bateau
			2014-07-30	867	970	bateau

¹ NAD 83, degrés décimaux

² 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 et en 2014

Espèces	Niveau de tolérance ⁺	Niveau trophique ⁺	Stations (pk)											
			5		8,8		21,2		30,5		39,2		45,4	
			1994	2014	1994	2014	2014	1994	2014	1994	2014	1994	2014	
Catostomidae														
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	121	57	32	10	10	50	8	43	15	37	5	
<i>Catostomus commersonii</i>			(490,0)	(48,7)	(490,1)	(254,5)	(47,6)	(82,1)	(9,4)	(149,9)	(163,8)	(62,3)	(7,8)	
MEUNIER ROUGE	INR	INS	1	14	-	-	1	-	-	-	1	1	-	
<i>Catastomus catastomus</i>			(6,1)	(22,7)	-	-	(1,4)	-	-	-	(43,1)	(36,0)	-	
Centrarchidae														
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	-	1	4	4	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Micropterus dolomieu</i>			-	(0,3)	(70,7)	(213,0)	(28,3)	-	-	-	-	-	-	
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,5}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ambloplites rupestris</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cottidae														
CHABOT TACHETÉ	INR ³	INS	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cottus bairdii</i>			(2,7)	(0,2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CHABOT VISQUEUX	INR	INS	19	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cottus cognatus</i>			(80,9)	-	(46,9)	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyprinidae														
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pimephales notatus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	-	1	3	3	-	51	-	-	3	2	2	
<i>Luxilus cornutus</i>			-	(0,7)	(9,2)	(2,7)	-	(97,6)	-	-	(25,5)	(5,9)	(8,9)	
MÉNÉ BEC-DE-LIÈVRE	INTO	INS	-	3	-	15	22	-	6	-	1	-	4	
<i>Exoglossum maxillingua</i>			-	(23,9)	-	(176,6)	(194,4)	-	(65,2)	-	(8,0)	-	(47,4)	
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MULET À CORNES	TOL	GEN ⁶	1	1	-	-	3	2	-	3	-	-	-	
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(7,0)	(32,5)	-	-	(11,1)	(7,2)	-	(1,8)	-	-	-	
MULET DE LAC	INR	INS	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Couesius plumbeus</i>			-	-	(29,7)	-	-	-	-	-	-	-	-	
NASEUX DES RAPIDES	INR ⁴	INS	109	7	88	2	21	237	28	163	53	277	68	
<i>Rhinichthys cataractae</i>			(300,8)	(39,1)	(369,3)	(7,7)	(77,8)	(734,7)	(12,9)	(566,3)	(158,8)	(783,6)	(254,7)	
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN ⁶	36	-	9	-	-	90	7	37	12	54	25	
<i>Rhinichthys atratulus</i>			(103,4)	-	(32,8)	-	-	(234,8)	(96,7)	(107,3)	(33,4)	(145,4)	(61,7)	
OUITOUCHE	INR	GEN ⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Semotilus corporalis</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	(6,6)	-	-	
Esocidae														
MASKINONGÉ	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Esox masquinongy</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Gasterosteidae														
ÉPINOCHÉ À CINQ ÉPINES	TOL ⁴	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Culaea inconstans</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ictaluridae														
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ameiurus nebulosus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Percidae														
DORÉ JAUNE	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sander vitreus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,5}	4	-	8	-	-	14	-	2	1	1	-	
<i>Perca flavescens</i>			(9,7)	-	(29,8)	-	-	(14,4)	-	(3,2)	(2,8)	(1,2)	-	
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	-	-	-	-	4	28	5	1	-	12	-	
<i>Etheostoma olmstedii</i>			-	-	-	-	(12,8)	(100,0)	(13,7)	(1,1)	-	(41,6)	-	
Percopsidae														
OMISCO	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Percopsis omiscomaycus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Salmonidae														
TRUITE BRUNE	INR	INS ³	4	1	5	-	-	2	-	1	-	-	-	
<i>Salmo trutta</i>			(21,5)	(0,3)	(139,0)	-	-	(6,5)	-	(3,9)	-	-	-	
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			9	9	9	5	7	8	5	7	8	7	5	
ABONDANCE TOTALE			296	86	161	34	62	474	54	250	87	384	104	
BIOMASSE TOTALE (g)			1022,1	168,4	1217,5	654,5	373,4	1277,3	197,9	833,5	442,0	1076,0	380,5	

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

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

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

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

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

¹ Barbour et coll. (1999); ² La Violette et coll. (2003); ³ Plafkin et coll. (1989); ⁴ Richard et Giroux (2004); ⁵ considérée comme insectivore;

⁶ 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 et en 2014

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)
(pk)		(%)	(%)	(%)	(%)				(x 1,5)
Haute-Chaudière									
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
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
21,2	2014	21 [3]	69,4 [5]	1,6 [3]	47,1 [1]	1 [3]	2 [5]	0,27 [10]	45
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
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
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
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
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
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
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
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
Moyenne-Chaudière									
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
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
Basse-Chaudière									
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
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**

Québec 