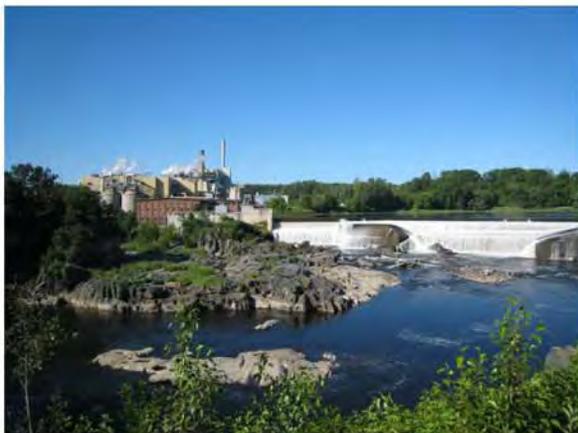
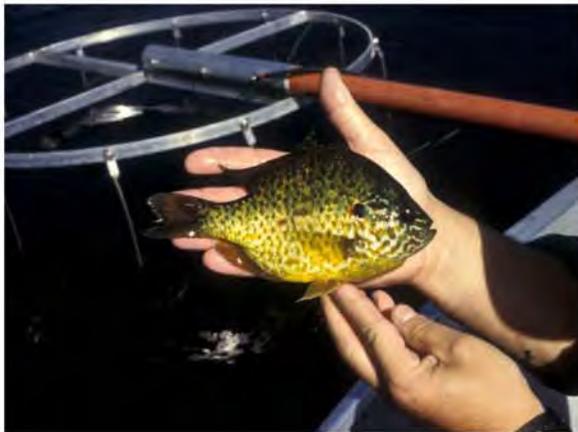




**Évolution de l'intégrité biotique
des communautés piscicoles de
la rivière Saint-François en
réponse aux travaux
d'assainissement des eaux
usées municipales et
industrielles**



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

- Vue de la rivière Saint-François à Ulverton (photo : Hélène Dufour, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs).
- Crapet soleil capturé par la pêche électrique (photo : Roger Audet, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs).
- Usine de pâtes et papiers Kruger de Sherbrooke (arr. Brompton) (photo : Hélène Dufour, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs).
- Station d'épuration municipale (biofiltre) de Sherbrooke (photo : Ville de Sherbrooke).

Ce document peut être consulté sur le site Internet du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs au www.mddefp.gouv.qc.ca

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013

ISBN 978-2-550-66422-2 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2013

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction	Yvon Richard
Échantillonnage et analyse taxonomique	Roger Audet Jean-Philippe Baillargeon Guillaume Desrosiers Yves Laporte Sylvie Legendre Julie Moisan René Therreault
Révision scientifique	Hélène Dufour Yves Mailhot
Révision linguistique	Les Traductions Atout
Coordination à la diffusion	Johanne Bélanger
Mise en page	Murielle Gravel
Graphisme	France Gauthier
Cartographie	Mona Frenette

Référence : 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.

Mots clés : Rivière, Saint-François, bassin versant, habitat, assainissement des eaux, communauté de poissons, intégrité biotique, indice IIB, pollution urbaine, industrielle.

RÉSUMÉ

Le principal objectif de la présente étude est de vérifier jusqu'à quel point les efforts d'assainissement urbain et industriel effectués sur la rivière Saint-François au cours des dernières décennies, comme partout ailleurs au Québec, ont contribué à l'amélioration de la santé ou de l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière.

De façon plus spécifique, l'analyse de l'évolution temporelle des communautés piscicoles porte sur 18 stations, réparties sur une distance de 140 km entre East Angus et Drummondville, échantillonnées une première fois en 1991, et dont 17 ont de nouveau été échantillonnées en 2002 et 2, en 2011.

L'étude démontre que l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière Saint-François a nettement augmenté entre 1991 et 2002. Lors de la première campagne d'échantillonnage en 1991, les stations d'épuration municipales étaient pour la plupart en période de rodage et il n'y avait souvent qu'un traitement primaire aux fabriques de pâtes et papiers. À cette période, 13 des 18 stations se trouvaient dans les classes d'intégrité biotique moyenne (8 stations), faible (4 stations) ou très faible (1 station). Lors de la deuxième campagne d'échantillonnage en 2002, toutes les stations d'épuration municipales avaient reçu leur avis de conformité et toutes les fabriques de pâtes et papiers possédaient un système de traitement secondaire de leurs eaux de procédé. À ce moment-là, 16 des 17 stations se trouvaient dans les classes bonne (15 stations) à excellente (1 station). En 2011, l'effet positif de l'assainissement des eaux usées municipales et industrielles sur les communautés piscicoles est aussi nettement perceptible. En effet, à la station 5, en aval de Drummondville, l'indice d'intégrité biotique est passé de la cote faible à la cote excellente entre 1991 et 2011.

L'augmentation de l'intégrité biotique des communautés piscicoles s'est traduite entre autres par une amélioration de leur organisation trophique et de leur état de santé. En effet, l'abondance relative (%) des espèces opportunistes comme les omnivores a diminué à plusieurs stations, alors que l'abondance relative des espèces qui ont un régime alimentaire plus spécialisé comme les insectivores et les piscivores a augmenté. Les valeurs alors atteintes sont celles que l'on retrouve chez les communautés naturelles non perturbées par la pollution ou toute autre dégradation de leur habitat. En ce qui concerne la santé des poissons, on note à plusieurs stations une chute drastique du pourcentage d'anomalies de type DELT (déformation du corps, érosion des nageoires, lésion et tumeur) à la surface du corps des poissons possiblement en réponse à une baisse de la toxicité du milieu aquatique dans le temps.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	2
Échantillonnage	2
Communautés piscicoles	2
Habitats	3
Traitement des données.....	3
Communautés piscicoles	3
RÉSULTATS ET DISCUSSION	4
Habitats	4
Communautés piscicoles	4
CONCLUSION.....	9
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	9

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).....	4
Tableau 2	Caractérisation des habitats aquatiques pour chacune des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Saint-François.....	5

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Localisation des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Saint-François	2
Figure 2	Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Saint-François.....	6
Figure 3	Variation spatiale et temporelle des composantes de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Saint-François : la densité relative des omnivores (A), des insectivores (B) et des piscivores (C), le pourcentage des anomalies de type DELT (D), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (E), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (F) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (G)	7

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Localisation des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Saint-François, dates de capture et méthodes d'échantillonnage	11
Annexe 2	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Saint-François.....	12
Annexe 3	Valeurs de chacune des variables et codification retenue [] pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Saint-François.....	15

INTRODUCTION

Au cours des trois dernières décennies, des efforts considérables ont été faits au Québec pour contrer la pollution des rivières et des lacs, notamment au moyen du Programme d'assainissement des eaux qui a conduit entre 1978 et 2008 à la mise en service de 222 stations d'épuration municipales. Les entreprises industrielles y ont aussi participé. Dans le domaine des pâtes et papiers, notamment, des avancées majeures ont été réalisées. Depuis 1996, toutes les usines de pâtes et papiers possèdent un système de traitement secondaire de leur effluent.

Le principal objectif de la présente étude est de vérifier jusqu'à quel point les efforts d'assainissement urbain et industriel ont contribué à l'amélioration de la santé ou de l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière Saint-François. L'intégrité biotique se définit comme la capacité d'un écosystème à supporter et à maintenir une communauté d'organismes comparable à celle d'un écosystème naturel peu ou pas perturbé par l'activité anthropique (Karr, 1987). Ainsi, les résultats des pêches expérimentales effectuées en 1991 (Richard, 1996) seront comparés à ceux obtenus en 2002 et 2011 pour juger du degré de régénération biologique de la rivière.

Le monde agricole a aussi contribué à l'assainissement des eaux des rivières au Québec, surtout par l'adoption du Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole (RRPOA) en 1997 et du Règlement sur les exploitations agricoles (REA) en 2002. Cela a permis une diminution de la surfertilisation des sols et un meilleur contrôle de la pollution diffuse par le phosphore. Toutefois, la présente étude n'a pas été conçue pour évaluer les effets de l'assainissement agricole sur les communautés piscicoles de la rivière Saint-François. Les poissons n'ont pas été échantillonnés dans la partie aval du bassin, là où les terres agricoles sont adjacentes à la rivière et où se pratique une agriculture intensive.

AIRE D'ÉTUDE

Les renseignements sur l'aire d'étude sont tirés de Painchaud (2007).

Le bassin versant de la rivière Saint-François s'étend des Appalaches jusqu'au lac Saint-Pierre dans le fleuve Saint-Laurent (figure 1) et couvre une superficie totale de 10 228 km², dont 8 701 km² (85 %) dans sa portion québécoise. Ce bassin est largement forestier (66 % du territoire). Cependant, dans la partie aval du bassin, entre Drummondville et l'embouchure de la rivière, on pratique une agriculture intensive.

On y retrouve 76 municipalités (345 068 habitants) dont les deux principales sont Sherbrooke et Drummondville. Au total, 67 stations d'épuration ont été construites depuis le début des années 1980 et traitent depuis 2005 les eaux usées de 275 504 résidents (99,8 % de la population desservie par un réseau d'égouts) répartis dans 54 municipalités.

L'industrie papetière est très importante dans le bassin de la Saint-François, avec sept établissements situés à East Angus, Sherbrooke (Bromptonville et Lennoxville), Windsor et Drummondville. Les autres secteurs industriels majeurs sont les textiles, l'agroalimentaire et la métallurgie avec Sherbrooke et Drummondville comme principaux pôles.

Bassin versant de la rivière Saint-François

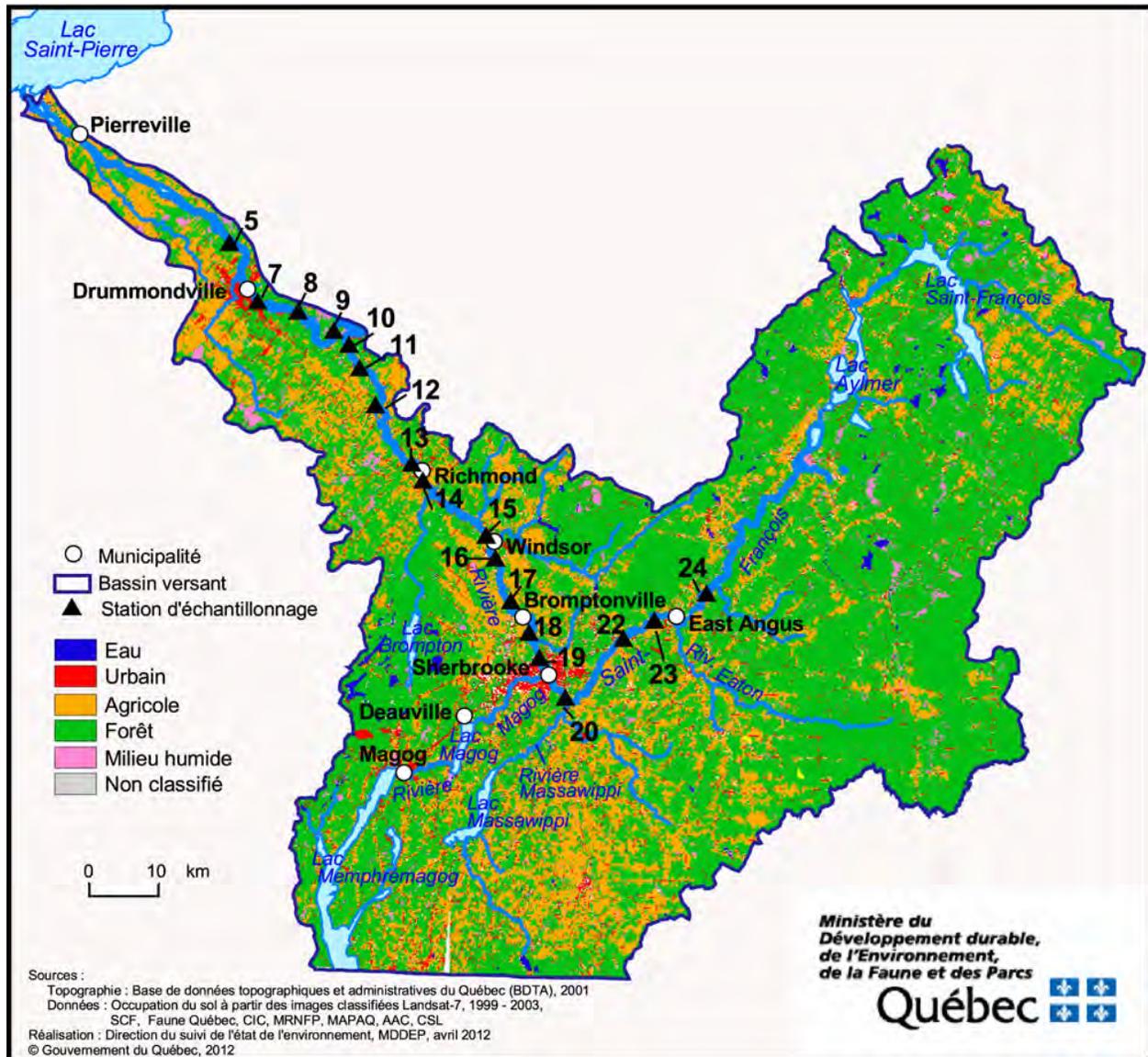


Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Saint-François

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Échantillonnage

Communautés piscicoles

L'analyse de l'évolution temporelle de l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière Saint-François portera sur 18 stations (figure 1) réparties sur une distance de 140 km entre East Angus et Drummondville et échantillonnées une première fois en 1991 (Richard, 1996). Dix-sept de ces stations, excluant la station 5, ont de nouveau été pêchées en 2002 et deux en 2011 (stations 5 et 18).

Pour chacune de ces trois campagnes d'échantillonnage, la capture des poissons a eu lieu à la fin de la période estivale (fin juillet à fin 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. La Violette (1999) donne un schéma détaillé des deux appareils. Tous les poissons capturés ont été identifiés à l'espèce, dénombrés et pesés. On a aussi noté, le cas échéant, la présence sur leur corps d'anomalies de type DELT (déformation, érosion des nageoires, lésions et tumeur) (Ohio EPA, 1988; Uhland et coll., 2000; MDDEP, 2011).

Les coordonnées géographiques des stations, les dates de pêche, les méthodes de capture, 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, la pente et la largeur de la rivière ont été établies à l'aide de cartes topographiques à l'échelle de 1/50 000. L'hétérogénéité du substrat a été calculée au moyen de l'indice de diversité de Shannon appliqué sur les pourcentages de chaque type de substrat (argile/limon, sable, gravier, galets, blocs, roc) (Paller, 1994). Toutes les autres variables ont été estimées visuellement, à l'exception de la profondeur maximale, qui a été mesurée au centre de la rivière. La composition du couvert végétal des bandes riveraines, évaluée sur une largeur de 10 m à partir de la ligne des hautes eaux, a servi au calcul de [l'indice de qualité de la bande riveraine](#) (IQBR). Conçu par Saint-Jacques et Richard (1998), cet indice, qui varie de 17 à 100 unités, estime le potentiel des bandes riveraines à protéger le milieu aquatique et à maintenir les communautés d'organismes aquatiques dans un état proche de celui des milieux naturels.

Traitement des données

Communautés piscicoles

L'intégrité biotique des communautés piscicoles 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. Préalablement au calcul de l'IIB, l'abondance des poissons a été transformée en prises par unité d'effort (PUE) et 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. La tolérance relative des espèces à la pollution et leur niveau trophique, information également nécessaire au calcul de l'IIB, 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 de 5 points, de 3 points ou de 1 point est accordée à chacune des variables selon que la valeur obtenue se compare à celle normalement observée pour un écosystème naturel ou peu perturbé (cote excellente), en diffère légèrement (cote moyenne) ou en diffère largement (cote faible). La valeur de l'IIB correspond à la somme des cotes de l'ensemble des variables d'une station. Elle sera multipliée par un facteur de 1,5 pour qu'on puisse la comparer à l'indice de Karr et coll. (1986), composé 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		
	Excellente 5	Moyenne 3	Faible 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 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 composée de la densité et de la biomasse.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Habitats

La rivière Saint-François, dans sa partie échantillonnée, est une rivière large, relativement profonde et d'ordre de Strahler¹ élevé (6 et 7). D'East Angus (station 23) jusqu'à Sherbrooke (station 19), la vitesse du courant est souvent modérée, la transparence de l'eau est élevée et le fond de la rivière est homogène et dominé par des galets et des blocs de roche. De Bromptonville (station 18) jusqu'à la hauteur de Drummondville (station 5), son profil d'écoulement est surtout lentique avec une eau de transparence moyenne et un substrat plutôt grossier, mais hétérogène d'une station à l'autre. L'abondance des macrophytes est très variable d'une station à l'autre, mais a tendance à être plus élevée vers l'aval, soit de la station 10 jusqu'à Drummondville. L'érosion des rives est souvent nulle ou peu prononcée, sans doute à cause de bandes riveraines bien développées. En effet, l'IQBR atteint souvent des valeurs très élevées (tableau 2).

Communautés piscicoles

Au total, 29 espèces de poissons ont été capturées en 1991 et 26 en 2002 pour les 17 stations de la rivière Saint-François échantillonnées à chacune de ces années. Les espèces dominantes sur le plan de l'abondance relative étaient le meunier noir (38 %) et l'achigan à petite bouche (13 %) en 1991 et l'achigan à petite bouche (16 %), le crapet de roche (11 %) et chevalier rouge (11 %) en 2002 (annexe 2).

Les espèces les plus largement distribuées étaient le meunier noir, l'achigan à petite bouche, la outouche, le chevalier blanc, le chevalier rouge et le fouille-roche zébré en 1991 et l'achigan à petite bouche, la outouche, le fouille-roche zébré et le crapet de roche en 2002. On les retrouvait à plus de 80 % des sites échantillonnés (annexe 2).

¹ Les rangs de 1 à 3 caractérisent les petits cours d'eau de têtes de bassin. Les rangs de 4 à 8 caractérisent les cours d'eau les plus larges et les fleuves.

Tableau 2 Caractérisation des habitats aquatiques pour chacune des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Saint-François

Station	Date	Altitude (m)	Pente (m/km)	Largeur (m)	Profondeur maximale (m)	Vitesse du courant	Transparence	Substrat dominant	Hétérogénéité du substrat	Abondance des macrophytes ¹	Érosion des rives ¹	IQBR ¹
5	1991-08-14	65	1,0	263	1,25	lente	faible	argile-limon	1,80	modérée (D)- élevée (G)	absente	n.d.
	2011-08-18				2	lente-moderée	moyenne	argile-limon	1,50	faible	absente	89
7	1991-07-31	85	2,5	320	6	lente	moyenne	sable-gravier	1,05	faible (D)-modérée (G)	absente	n.d.
	2002-09-18				3,99	lente	faible	sable-gravier	2,06	modérée (D)- élevée (G)	faible (D)-modérée (G)	62
8	1991-08-13	95	0,3	450	3,5	lente	moyenne	sable-gravier	0,45	modérée	absente	n.d.
	2002-08-27				5,18	lente	faible	sable-gravier	0,55	modérée	absente	61
9	1991-08-15	95	0,3	200	2	lente	moyenne	sable-gravier	1,12	faible (D)-modérée (G)	absente	n.d.
	2002-09-04				3,81	lente	faible	sable-gravier	1,45	faible (D)-modérée (G)	élevée (D)-modérée (G)	93
10	1991-08-20	95	0,3	165	2,25	lente	moyenne	argile-limon	1,20	faible (D)-modérée (G)	faible (D)-absente (G)	n.d.
	2002-09-05				2,47	lente	moyenne	galet-bloc	2,18	modérée	élevée (D)-faible (G)	80
11	1991-08-20	95	0,3	135	1,1	modérée	moyenne	galet-bloc	1,92	faible	absente	n.d.
	2002-09-05				1,52	lente	moyenne	galet-bloc	2,03	faible	absente (D)-faible (G)	72
12	1991-08-21	115	1,4	115	2	lente	moyenne	galet-bloc	2,25	nulle	absente	n.d.
	2002-09-10				1,95	lente	élevée	sable-gravier	1,85	nulle	absente (D)-faible (G)	77
13	1991-08-22	115	0,4	100	6,1	lente	moyenne	roc	2,18	faible	absente	n.d.
	2002-08-29				6,1	lente	moyenne	galet-bloc	2,45	faible	faible	75
14	1991-09-10	115	0,4	179	2	modérée	moyenne	roc	2,32	faible (D)-modérée (G)	absente	n.d.
	2002-09-19				1,83	lente	moyenne	galet-bloc	1,98	faible (D)-modérée (G)	faible	90
15	1991-09-05	125	0,6	125	3	lente	moyenne	sable-gravier	2,13	modérée	absente	n.d.
	2002-09-19				1,62	modérée	moyenne	galet-bloc	1,71	modérée	modérée (D)-absente (G)	87
16	1991-09-04	125	0,6	130	5	nulle	moyenne	argile-limon	0,45	élevée	absente	n.d.
	2002-09-09				3,9	lente	moyenne	sable-gravier	1,30	élevée	faible	78
17	1991-08-28	125	0,6	110	2	lente	faible	sable-gravier	1,94	nulle	absente	n.d.
	2002-09-16				2,13	lente	moyenne	sable-gravier	1,42	faible	modérée	84
18	1991-08-26	135	1,1	85	1,5	lente	moyenne	galet-bloc	1,38	nulle	absente	n.d.
	2002-09-17				1,89	lente	élevée	galet-bloc	2,35	modérée (D)- élevée (G)	faible (D)-modérée (G)	82
	2011-08-22				1,5	rapide	moyenne	sable-gravier	2,24	nulle(D)-modérée(G)	faible (D)-absente (G)	94
19	1991-08-27	145	0,6	98	4	modérée	moyenne	galet-bloc	2,07	nulle	modérée (D)-absente (G)	n.d.
	2002-09-17				2,74	modérée	élevée	galet-bloc	2,01	faible	modérée (D)-faible (G)	92
20	1991-09-12	145	0,6	57	0,7	nulle	élevée	galet-bloc	1,23	faible	modérée (D)-absente (G)	n.d.
	2002-08-26				1	modérée	élevée	galet-bloc	1,92	nulle (G)	absente (G)	82 (G)
22	1991-09-11	155	1,1	32	1,5	modérée	élevée	galet-bloc	1,78	faible (D)-nulle (G)	absente	n.d.
	2002-09-03				1,5	lente	élevée	galet-bloc	1,76	nulle (D)-faible (G)	faible	71
23	1991-09-17	165	1,7	30	0,7	rapide	élevée	galet-bloc	1,57	nulle	absente	n.d.
	2002-08-29				1,25	modérée	élevée	galet-bloc	1,58	nulle (G)	faible (G)	90 (G)
24	1991-08-29	205	0,6	70	6	lente	moyenne	argile-limon	0,47	élevée (D)-faible (G)	absente	n.d.
	2002-09-12				8,84	lente	élevée	sable-gravier	1,20	modérée	modérée (D)-faible (G)	96

¹ Inclus les deux rives, lorsque non spécifié; autrement, G : rive gauche et D : rive droite
n.d. non déterminé

La figure 2 montre l'évolution spatiale et temporelle de l'IIB de la rivière Saint-François. Les valeurs de l'IIB et la contribution des sept variables qui le composent sont présentées à l'annexe 3. L'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière Saint-François s'est nettement améliorée de 1991 à 2002. En 1991, 13 des 18 stations échantillonnées se trouvaient dans les classes d'intégrité biotique moyenne (8 stations), faible (4 stations) ou très faible (1 station). En 2002, 16 des 17 stations échantillonnées se trouvaient dans les classes excellente (1 station) ou bonne (15 stations). Les communautés piscicoles en aval immédiat d'East Angus (station 23) et de Bromptonville (station 17) et à Drummondville (station 7) ont connu les plus fortes augmentations de leur intégrité. Elles ont toutes passé de la classe faible ou très faible à la classe bonne.

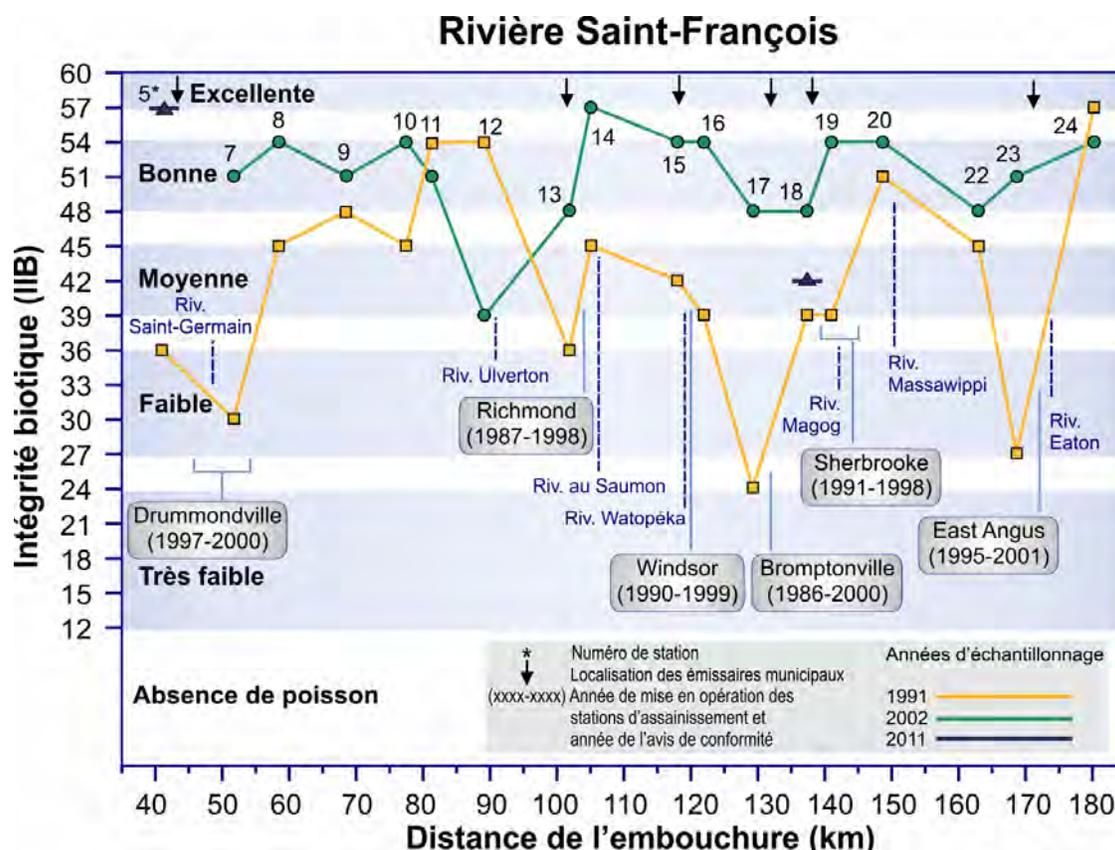


Figure 2 Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Saint-François

L'évolution temporelle des sept variables qui composent l'IIB est présentée à la figure 3. On observe entre 1991 et 2002, pour plusieurs stations, une amélioration de l'organisation trophique des communautés piscicoles. L'abondance relative (%) des espèces opportunistes comme les omnivores diminue (figure 3A), alors que l'abondance relative des espèces qui ont un régime alimentaire plus spécialisé, comme les insectivores (figure 3B) et les piscivores (figure 3C), augmente. Les valeurs atteintes sont souvent celles que l'on retrouve chez les communautés naturelles non perturbées par la pollution ou toute autre dégradation de leur habitat (tableau 1). On note également à plusieurs stations, une chute drastique du pourcentage d'anomalies de type DELT. Les valeurs baissent souvent en deçà de 2 % (figure 3D), possiblement en réponse à une baisse de la toxicité du milieu aquatique dans le temps. Le taux d'anomalies est souvent supérieur à 5 % dans les milieux fortement contaminés (Karr, 1991). En dernier lieu, la diminution des valeurs de l'indice IWB-IWBm pour pratiquement toutes les stations (figure 3E) est une indication supplémentaire d'un milieu moins pollué. En effet, les valeurs de cet indice sont d'autant plus faibles que l'abondance et la biomasse des espèces tolérantes à la pollution diminuent en milieu moins dégradé. En ce qui a trait aux deux autres variables, soit le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (figure 3F)

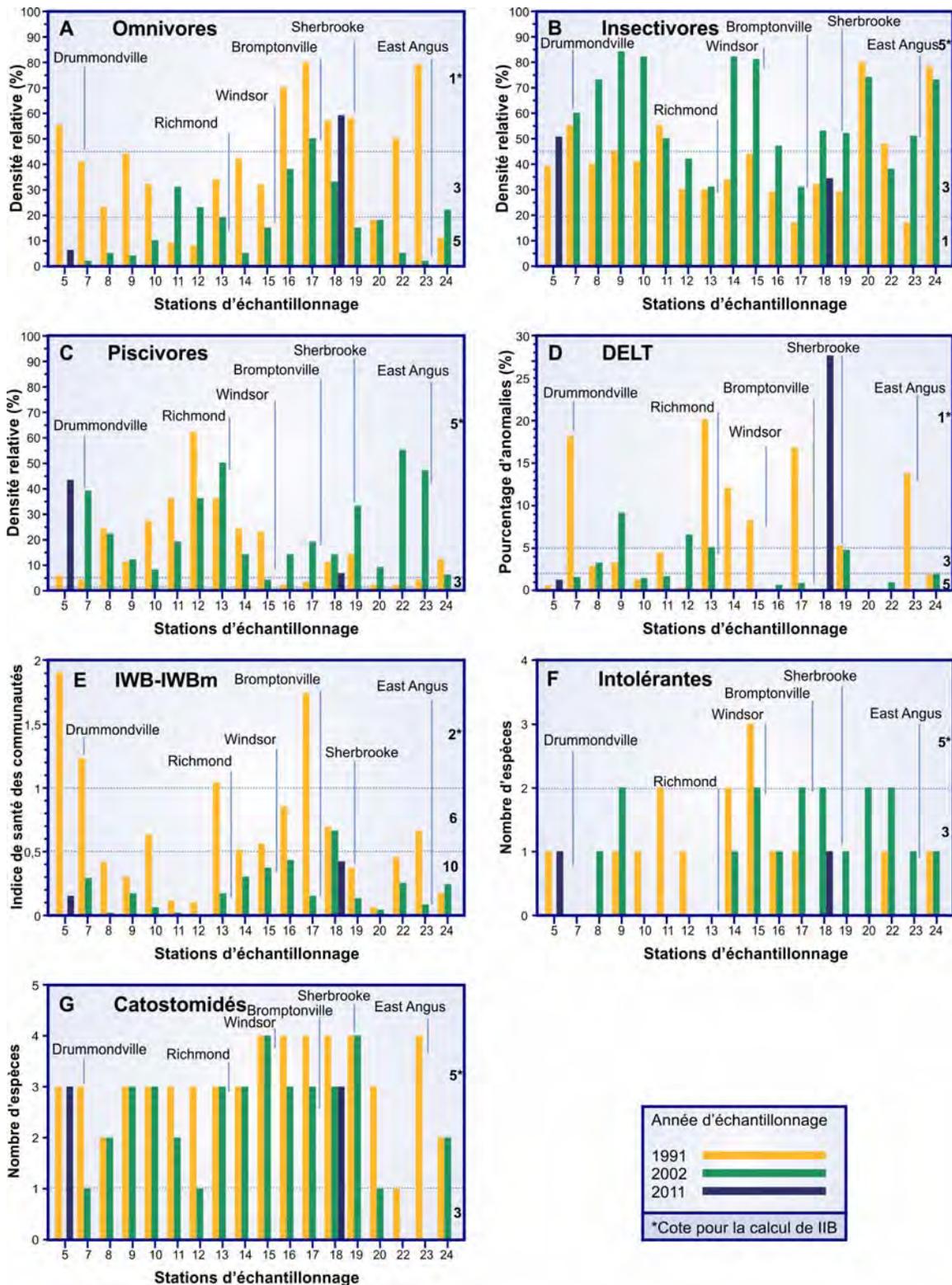


Figure 3 Variation spatiale et temporelle des composantes de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Saint-François : la densité relative des omnivores (A), des insectivores (B) et des piscivores (C), le pourcentage des anomalies de type DELT (D), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (E), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (F) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (G)

et le nombre d'espèces de catostomidés (figure 3G), les valeurs et les cotes qui y sont associées contribuent peu à l'amélioration de l'IIB de la rivière Saint-François. Habituellement, les valeurs de ces variables augmentent lorsque l'écosystème récupère.

L'assainissement des eaux usées municipales des deux plus grandes agglomérations urbaines de la rivière Saint-François, soit Sherbrooke et Drummondville, serait un des principaux facteurs pour expliquer l'amélioration de l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière. En effet, lors de la première campagne d'échantillonnage en 1991, la station d'épuration de Sherbrooke venait juste d'être mise en service et celle de Drummondville n'était pas encore construite. À cette période, la rivière affichait à Sherbrooke (station 18 et 19) une intégrité biotique moyenne et à Drummondville (stations 5 et 7), une intégrité biotique faible. Lors de la deuxième période d'échantillonnage en 2002, les deux stations d'épuration qui desservaient au total une population de près de 200 000 habitants étaient en service depuis plusieurs années et avaient reçu leur avis de conformité. À la hauteur de ces deux municipalités, la rivière affichait alors une intégrité biotique de classe bonne (figure 2).

Les stations d'épuration des eaux usées municipales des autres villes comme Windsor, Bromptonville et East Angus contribueraient peu à l'amélioration de l'intégrité biotique de la rivière compte tenu du faible volume de leurs rejets par rapport à ceux des usines de pâtes et papiers qui s'y trouvent. Pour ces secteurs, la forte remontée de l'IIB en 2002 s'expliquerait surtout par la réalisation de nombreux travaux d'assainissement dans l'industrie des pâtes et papiers. Depuis 1991 à Windsor et 1996 à Bromptonville et East Angus, les usines de pâtes et papiers possèdent toutes un système de traitement secondaire de leurs eaux de procédé. D'ailleurs, les présents résultats confirment ceux de Paprican qui déjà en 1998 démontraient une amélioration marquée de l'intégrité biotique des communautés piscicoles en aval de ces usines (Kovacs et coll., 2002). La baisse des taux d'anomalies (DELT), l'augmentation du pourcentage de piscivores et la baisse de l'indice IWB-IWBm étaient, comme dans la présente étude, des facteurs déterminants de la hausse de l'intégrité biotique de la rivière. Berryman et Pelletier (2001) avaient également noté entre 1991-1992 et 1997 une amélioration de la santé des communautés benthiques (larves d'insectes) de la rivière Saint-François à plusieurs stations situées entre Richmond et East Angus. Une importante diminution de HAP légers et d'acides résiniques dans les eaux de la rivière Saint-François suite aux traitements des eaux usées des fabriques de pâtes et papiers en 1996 aurait été favorable à ces organismes aquatiques.

Il est important de souligner la présence du fouille-roche gris à plusieurs stations en amont de la rivière Saint-François en 2002 (annexe 2). Cette première mention de l'espèce principalement en aval des rejets des fabriques de pâtes et papiers de Windsor (station 15) et d'East Angus (stations 20, 22 et 23) (Équipe de rétablissement du fouille-roche gris, 2001) pourrait aussi être reliée à une amélioration de la qualité de l'eau de ce secteur de la rivière. En effet, l'espèce est reconnue comme très sensible à la pollution et est classée vulnérable au sens de la [Loi sur les espèces menacées ou vulnérables](#). À l'échelle canadienne, elle est protégée par la [Loi sur les espèces en péril](#). L'assainissement des eaux de la rivière Saint-François profiterait aussi à un autre groupe d'organismes benthiques reconnu comme très sensible à la pollution, soit les mulettes (moules d'eau douce). La rivière arrive au premier rang avec 12 espèces de mulettes présentes sur un total de 23 au Québec (Paquet et coll., 2005).

Seule l'intégrité biotique de la station 12 en aval de Richmond s'est détériorée entre 1991 et 2002. L'indice a chuté de 15 unités, passant de la borne supérieure de la classe bonne à la borne inférieure de la classe moyenne (figure 2). L'augmentation de l'abondance relative (%) des omnivores (figure 3A) et du pourcentage d'anomalies de type DELT (figure 3D), la perte d'une espèce intolérante ou très sensible à la pollution (figure 3F), soit le méné à tête rose (annexe 2), et de deux espèces de catostomidés (figure 3G), dont une espèce longévive comme le chevalier rouge (annexe 2), ont été les facteurs les plus influents de la chute de l'indice. De plus, cette station a subi une forte baisse de sa diversité spécifique. Quatorze espèces avaient été capturées en 1991 contre seulement trois en 2002 (annexe 2). Les sources de pollution mises en cause pourraient provenir de la municipalité de Richmond. En effet, en 2002, on note déjà une baisse de l'intégrité biotique à la station 13 située en aval immédiat de la ville, laquelle s'amplifie par la suite vers l'aval jusqu'à la station 12. L'intégrité biotique chutait également à la station 13 en 1991 (figure 2). Cette station affichait alors un taux d'anomalies externes chez les poissons de plus de

20 % (figure 3D). Toutefois, l'ensemble de ces résultats demeure surprenant puisqu'on n'a jamais cerné de sources majeures de pollution dans cette municipalité ou près de ces stations.

En 2011, l'effet positif de l'assainissement des eaux usées municipales et industrielles sur les communautés piscicoles est aussi nettement perceptible. En effet, à la station 5, en aval de Drummondville, l'indice d'intégrité biotique est passé de la cote faible à la cote excellente entre 1991 et 2011 (figure 2), et ce, malgré le fait que la station est située à moins de deux kilomètres en aval de l'émissaire de l'usine de traitement des eaux usées de la ville. Cette amélioration se traduit par une meilleure répartition des groupes trophiques (figure 3A, B, C) et une baisse de l'indice IWB-IWBm (figure 3E).

Toutefois, la baisse de l'intégrité biotique à Sherbrooke entre 2002 et 2011 (figure 2, station 18) et surtout l'apparition d'un taux d'anomalies de type DELT de 28 % chez les poissons (figure 3D, station 18) laissent supposer qu'il persiste en 2011 une pollution résiduelle toxique en provenance de la station d'épuration et des ouvrages de surverse de la ville. Il pourrait s'agir de substances toxiques non présentes auparavant et qui persistent même après traitement des eaux usées (Holeton et coll., 2011). En effet, en 2002, aucune anomalie de type DELT n'avait été détectée chez les poissons capturés en aval immédiat de l'émissaire de l'usine de traitement des eaux usées de la ville de Sherbrooke (figure 3D, station 18).

CONCLUSION

La présente étude démontre que l'assainissement des eaux usées municipales et des eaux de procédés industriels comme celles des usines des pâtes et papiers a été un des facteurs déterminants de l'amélioration de l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière Saint-François depuis 1991. Toutefois, l'étude démontre aussi que la santé de ces communautés demeure fragile et n'est pas acquise comme en fait foi la rechute de l'intégrité biotique des communautés piscicoles en aval immédiat de Sherbrooke en 2011.

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.

BERRYMAN, D., et L. PELLETIER, 2001. « Amélioration de l'état de la rivière Saint-François suite aux mesures d'assainissement dans le secteur municipal et l'industrie des pâtes et papiers », *Vecteur Environnement*, vol. 34, no 6, p. 76-80.

ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU FOUILLE-ROCHE GRIS, 2001. *Plan de rétablissement du fouille-roche gris (Percina copelandi) au Québec*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune, ISBN : 2-550-38008-8, 34 pages.

HOLETON, C., P.A. CHAMBERS et L. GRACE, 2011. « Wastewater release and its impacts on Canadian waters », *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 68, p. 1836-1859.

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.

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.

KOVACS, T.G., P.H. MARTEL et R.H. VOSS, 2002. « Assessing the biological status of fish in a river receiving pulp and paper mill effluents », *Environmental Pollution*, vol. 118, p. 123-140.

LA VIOLETTE, N., 1999. *Le bassin de la rivière Yamaska : les communautés ichtyologiques 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.

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.

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.

PAINCHAUD, J., 2007. *État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Saint-François : faits saillants 2001-2003*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-49727-1 (PDF), 19 p.

PALLER, M.H., 1994. « Relationships between fish assemblage structure and stream order in South Carolina coastal plain streams », *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 123, p. 150-161.

PAQUET, A., I. PICARD, F. CARON et S. ROUX, 2005. « Les mulettes au Québec », *Le Naturaliste Canadien*, vol. 129, n° 1, p. 78-85.

RICHARD, Y., 1994. *Les communautés ichtyologiques 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 ichtyologiques 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.

SAINT-JACQUES, N., et Y. RICHARD, 1998. *Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine : application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique*, p. 6.1 à 6.41, dans ministère de l'Environnement et de la Faune (éd.), *Le bassin de la rivière Chaudière : l'état de l'écosystème aquatique*, 1996, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, Envirodoq n° EN980022.

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.

Annexe 1 Localisation des stations d'échantillonnage des poissons de la rivière Saint-François, dates de capture et méthodes d'échantillonnage

Numéro de station	Distance de l'embouchure (km)	Station				Échantillonnage			
		Zone UTM	Coordonnées ¹		N° de carte (1:50 000)	Poissons			Méthode
			UTM Est	UTM Nord		Date	Effort de pêche (sec)	Longueur de rive ² (m)	
5	41,0	18	692050	5090550	31H15	1991-08-14	1183	1000	Bateau
						2011-08-18	1331	1000	Bateau
7	51,8	18	696780	5082473	31H16	1991-07-31	1094	1000	Bateau
						2002-09-18	878	1000	Bateau
8	58,5	18	702780	5081523	31H16	1991-08-13	1128	1000	Bateau
						2002-08-27	999	1000	Bateau
9	68,5	18	708180	5079223	31H16	1991-08-15	1105	1000	Bateau
						2002-09-04	957	1000	Bateau
10	77,5	18	710530	5077323	31H16	1991-08-20	968	1000	Bateau
						2002-09-05	938	1000	Bateau
11	81,3	18	712330	5074123	31H16	1991-08-20	920	1000	Bateau
						2002-09-05	986	1000	Bateau
12	89,2	18	715080	5069023	31H09	1991-08-21	1198	1000	Bateau
						2002-09-10	780	1000	Bateau
13	101,9	18	721030	5061023	31H09	1991-08-22	1408	1000	Bateau
						2002-08-29	969	1000	Bateau
14	105,1	18	722880	5058723	31H09	1991-09-10	1415	1000	Bateau
						2002-09-19	763	1000	Bateau
15	118,0	18	732680	5051573	31H09	1991-09-05	1016	1000	Bateau
						2002-09-19	833	1000	Bateau
16	122,0	19	265887	5048418	31H09	1991-09-04	1657	1000	Bateau
						2002-09-09	872	1000	Bateau
17	129,3	19	268194	5042220	21E05	1991-08-28	1258	1000	Bateau
						2002-09-16	804	1000	Bateau
18	137,3	19	270844	5037720	21E05	1991-08-26	872	1000	Bateau
						2002-09-17	924	1000	Bateau
						2011-09-22	1127	1000	Bateau
19	141,0	19	272444	5034070	21E05	1991-08-27	1119	1000	Bateau
						2002-09-17	822	1000	Bateau
20	148,7	19	276244	5028420	21E05	1991-09-12	779	100	À gué
						2002-08-26	917	55 (G)	À gué
22	163,0	19	284494	5037020	21E05	1991-09-11	1526	175	À gué
						2002-09-03	2007	80	À gué
23	168,7	19	288944	5039720	21E05	1991-09-17	1467	100 (G)	À gué
						2002-08-29	1688	56 (G)	À gué
24	180,2	19	296444	5043720	21E12	1991-08-29	945	1000	Bateau
						2002-09-12	983	1000	Bateau

¹ Système de référence géodésique nord-américain, 1983

² Inclus les deux rives, lorsque non spécifié; autrement, G : rive gauche et D : rive droite

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

Annexe 2 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Saint-François

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations											
			5		7		8		9		10		11	
			1991	2011	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002
Catostomidae														
CHEVALIER BLANC	INR	INS	2	4	15	-	7	19	48	14	35	13	8	10
<i>Moxostoma anisurum</i>			(5,1)	(10,4)	(4593,9)	-	(1737,7)	(11125,0)	(994,0)	(10200,0)	(1305,2)	(17200,0)	(12360,6)	(13000,0)
CHEVALIER JAUNE	INTO	INS	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Moxostomava valenciennesi</i>			-	(3,2)	-	-	-	-	-	(131,8)	-	-	-	-
CHEVALIER ROUGE	INR	INS	6	-	1	2	-	3	6	1	16	18	6	2
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			(10,5)	-	(469,1)	(239,0)	-	(432,7)	(59,8)	(3,7)	(399,0)	(677,0)	(5103)	(408,8)
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	202	1	6	-	9	-	12	-	7	5	4	-
<i>Catostomus commersonii</i>			(909,1)	(82,8)	(2102,0)	-	(5409,8)	-	(3824,0)	-	(101,4)	(664,3)	(2274,3)	-
MEUNIER ROUGE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Catostomus catostomus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrarchidae														
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	24	34	4	24	45	14	39	9	60	11	44	17
<i>Micropterus dolomieu</i>			(328,8)	(585,3)	(96,1)	(1268,3)	(1669,2)	(520,6)	(1645,8)	(268,9)	(1030,2)	(319,8)	(414,8)	(197,4)
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,4}	43	10	-	20	4	5	48	7	17	48	3	1
<i>Ambloplites rupestris</i>			(965,3)	(123,4)	-	(617,8)	(131,5)	(160,3)	(2147,4)	(98,5)	(538,6)	(584,8)	(733,5)	(13,2)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	1	-	11	32	8	-	1	-	62	-	1
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	(12,5)	-	(251,9)	(199,0)	(225,4)	-	(6,9)	-	(1579,8)	-	(27,0)
Cyprinidae														
CARPE	TOL	OMN	5	-	31	1	-	-	-	-	2	-	1	-
<i>Cyprinus carpio</i>			(24579,5)	-	(39238,4)	(1853,3)	-	-	-	-	(9128,7)	-	(1559,2)	-
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	47	3	-	-	-	-	3	-	3	3	3	-
<i>Pimephales notatus</i>			(136,9)	(1,5)	-	-	-	-	(12,4)	-	(4,5)	(4,6)	(15,2)	-
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	37	1	-	-	1	-	5	-	-	5	1	-
<i>Luxilus cornutus</i>			(173,1)	(0,6)	-	-	(2,1)	-	(10,6)	-	-	(7,1)	(1,4)	-
MÉNÉ À TÊTE ROSE	INTO	INS	-	-	-	-	-	4	-	2	-	-	1	-
<i>Notropis rubellus</i>			-	-	-	-	-	(2,3)	-	(0,8)	-	-	(1,0)	-
MÉNÉ BLEU	INR	INS	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyprinella spiloptera</i>			-	(17,7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ D'ARGENT	INR	HERB	-	-	-	-	28	-	-	-	1	-	-	-
<i>Hybognathus regius</i>			-	-	-	-	(58,2)	-	-	-	(9,8)	-	-	-
MÉNÉ ÉMERAUDE	INR	INS	-	-	1	4	2	3	1	4	-	-	-	-
<i>Notropis atherinoides</i>			-	-	-	(9,5)	(5,6)	(1,1)	(3,0)	(0,9)	(3,7)	-	-	-
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	-	-	-	-	25	1	-	-	-	-	-	-
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	-	-	-	(46,3)	(1,1)	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ PAILLE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-
<i>Notropis stramineus</i>			-	-	-	-	-	-	(17,9)	-	-	-	-	-
MÉNÉ PÂLE	INTO	INS	1	-	-	-	-	-	16	-	6	-	13	-
<i>Notropis volucellus</i>			(1,9)	-	-	-	-	-	(23,3)	-	(10,7)	-	(20,6)	-
MULET À CORNES	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Semotilus atromaculatus</i>			-	-	-	-	-	-	(1,3)	-	-	-	-	-
NASEUX DES RAPIDES	INR ³	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OUITOUCHE	INR	GEN ⁸	2	1	1	-	16	2	147	4	84	14	4	27
<i>Semotilus corporalis</i>			(5,3)	(2,7)	(26,7)	-	(36,1)	(150,1)	(466,8)	(147,4)	(177,2)	(529,4)	(797,7)	(2146,0)
Esocidae														
GRAND BROCHET	INR	PIS	-	1	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-
<i>Esox lucius</i>			-	(92,6)	-	-	(354,5)	-	-	-	-	(185,3)	-	-
Ictaluridae														
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>			-	-	(182,5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Percidae														
DORÉ JAUNE	INR	PIS	2	-	-	1	4	-	3	2	20	7	5	-
<i>Sander vitreus</i>			(354,2)	-	-	(26,4)	(131,7)	-	(64,1)	(26,1)	(499,0)	(121,0)	(1669,2)	-
FOUILLE-ROCHE GRIS	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Percina capelandi</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	33	5	-	5	17	5	26	25	31	28	41	29
<i>Percina caprodes</i>			(123,7)	(62,4)	-	(23,4)	(43,3)	(48,4)	(72,1)	(156,1)	(111,9)	(144,6)	(148,0)	(285,4)
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,4}	1	-	34	-	20	-	1	-	2	-	2	-
<i>Perca flavescens</i>			(5,2)	-	(1837,3)	-	(1614,8)	-	(2,8)	-	(8,8)	-	(192,9)	-
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	-	10	-	-	-	-	8	26	11	10	-	1
<i>Etheostoma olmstedii</i>			-	(11,8)	-	-	-	-	(6,9)	(20,2)	(26,8)	(12,9)	-	(0,9)
RASEUX-DE-TERRE NOIR	INR	INS	58	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma nigrum</i>			(63,5)	(0,6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Petromyzontidae														
LAMPROÏE DE L'EST	INTO	FIL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lampetra appendix</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umbridae														
UMBRE DE VASE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Umbrina limi</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			14	14	8	8	14	10	16	12	15	13	14	8
ABONDANCE TOTALE			463	81	93	65	214	63	373	93	299	225	136	88
BIOMASSE TOTALE (g)			27662,1	1007,5	48544,0	4289,6	11439,8	12667	9352,2	11061,3	13355,5	22030,6	25291,4	16078,7

Annexe 2 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Saint-François (suite)

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations											
			12		13		14		15		16		17	
			1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002
Catostomidae														
CHEVALIER BLANC	INR	INS	2	13	8	2	-	-	15	2	7	4	2	-
<i>Moxostoma anisurum</i>			(2381,4)	(19475,0)	(3489,3)	(4450,0)	-	-	(81,7)	(4300,0)	(26,4)	(175,9)	(7,3)	-
CHEVALIER JAUNE	INTO	INS	-	-	-	-	2	1	5	1	-	-	-	2
<i>Moxostomava valenciennesi</i>			-	-	-	-	(1365,7)	(2,0)	(1941,0)	(4,3)	-	-	-	(3,8)
CHEVALIER ROUGE	INR	INS	1	-	5	5	21	42	6	62	27	9	46	12
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			(4,6)	-	(2870,8)	(1764,2)	(1615,2)	(201,1)	(29,4)	(353,8)	(1040,9)	(528,6)	(101,4)	(31,2)
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	7	-	47	3	78	3	72	3	300	3	761	2
<i>Catostomus commersonii</i>			(558,7)	-	(20668,0)	(2724,0)	(5168,0)	(862,5)	(8689,8)	(160,6)	(5588,4)	(62,4)	(9752,5)	(121,4)
MEUNIER ROUGE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	14	-
<i>Catostomus catostomus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	(14,2)	-	(89,9)	-
Centrarchidae														
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	187	11	68	26	41	15	50	4	1	18	18	23
<i>Micropterus dolomieu</i>			(1262,6)	(734,4)	(1310,9)	(1977,1)	(578,8)	(2112,7)	(648,1)	(719,1)	(10,2)	(1800,5)	(357,8)	(4017,6)
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,4}	2	-	31	1	10	40	14	2	-	64	2	3
<i>Ambloplites rupestris</i>			(121,7)	-	(632,3)	(29,0)	(306,1)	(91,7)	(451,0)	(4,4)	-	(148,8)	(3,3)	(5,0)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	-	-	2	1	3	5	1	41	38	3	-
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	-	-	(40,9)	(21,9)	(2,9)	(58,2)	(22,3)	(293,3)	(349,0)	(27,6)	-
Cyprinidae														
CARPE	TOL	OMN	-	-	5	-	-	1	-	1	-	-	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>			-	-	(16301,5)	-	-	(4950,0)	-	(3650,0)	-	-	-	-
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	12	-	13	-	2	-	-	1	5	21	-	12
<i>Pimephales notatus</i>			(38,0)	-	(9,3)	-	(3,5)	-	-	(1,9)	(4,3)	(10,9)	-	(29,3)
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	5	-	4	-	2	-	3	7	2	1	12	-
<i>Luxilus cornutus</i>			(7,1)	-	(5,9)	-	(23,7)	-	(26,0)	(76,3)	(7,4)	(1,6)	(39,1)	-
MÉNÉ À TÊTE ROSE	INTO	INS	1	-	-	-	4	-	5	-	-	-	-	-
<i>Notropis rubellus</i>			(1,1)	-	-	-	(4,4)	-	(7,0)	-	-	-	-	-
MÉNÉ BLEU	INR	INS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyprinella spiloptera</i>			(2,1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ D'ARGENT	INR	HERB	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-
<i>Hybognathus regius</i>			-	-	-	-	-	-	(5,1)	-	-	(8,7)	-	-
MÉNÉ EMERAUDE	INR	INS	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis atherinoides</i>			-	-	-	-	(7,3)	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	5	-	24	86	-	1
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	-	-	-	-	-	(13,2)	-	(129,9)	(157,4)	-	(2,2)
MÉNÉ PAILLE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis stramineus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ PÂLE	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	1	-	1	14	1	1
<i>Notropis volucellus</i>			-	-	-	-	-	-	(1,8)	-	(0,5)	(5,7)	(2,3)	(1,8)
MULET À CORNES	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8	-
<i>Semotilus atromaculatus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1,4)	(16,1)	-
NASEUX DES RAPIDES	INR ³	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(0,6)	-
OUITOUCHE	INR	GEN ⁵	5	7	1	7	1	2	-	18	-	8	19	47
<i>Semotilus corporalis</i>			(100,2)	(368,9)	(68,3)	(459,4)	(54,3)	(177,7)	-	(282,3)	-	(13,3)	(68,6)	(469,5)
Esocidae														
GRAND BROCHET	INR	PIS	1	-	-	-	3	2	5	-	4	3	-	-
<i>Esox lucius</i>			(163,0)	-	-	-	(4819,5)	(6000,0)	(4706,1)	-	(7144,2)	(346,8)	-	-
Ictaluridae														
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	1	-	2	5	-	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>			-	-	-	-	-	-	(7,4)	-	(20,7)	(1773,8)	-	-
Percidae														
DORÉ JAUNE	INR	PIS	5	-	2	-	2	-	1	2	2	23	8	1
<i>Sander vitreus</i>			(183,1)	-	(93,1)	-	(88,4)	-	(31,5)	(50,7)	(116,7)	(510,5)	(517,9)	(37,4)
FOUILLE-ROCHE GRIS	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Percina copelandi</i>			-	-	-	-	-	-	-	(0,8)	-	-	-	-
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	80	-	10	6	19	10	43	10	-	3	2	7
<i>Percina caprodes</i>			(296,7)	-	(59,4)	(33,8)	(79,1)	(81,6)	(207,2)	(133,7)	-	(13,8)	(6,5)	(20,8)
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,4}	-	-	1	-	-	-	5	7	54	7	80	-
<i>Perca flavescens</i>			-	-	(10,4)	-	-	-	(49,2)	(139,7)	(634,8)	(290,9)	(470,0)	-
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	1	-	-	-	3	7	2	29	1	2	3	14
<i>Etheostoma olmstedii</i>			(1,6)	-	-	-	(8,0)	(14,8)	(3,5)	(67,8)	(0,2)	(4,4)	(3,1)	(24,9)
RASEUX-DE-TERRE NOIR	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma nigrum</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Petromyzontidae														
LAMPROIE DE L'EST	INTO	FIL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lampetra appendix</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umbridae														
UMBRE DE VASE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Umbra limi</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(6,3)
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			14	3	12	8	15	11	18	16	15	19	17	12
ABONDANCE TOTALE			310	31	195	52	191	126	239	151	473	311	981	125
BIOMASSE TOTALE (g)			5121,9	20578,3	45519,2	11478,4	14143,9	14497	16957,2	9967,7	15032,1	6204,4	11470,3	4764,9

Annexe 2 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Saint-François (suite)

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations												
			18			19		20		22		23		24	
			1991	2002	2011	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002
Catostomidae															
CHEVALIER BLANC	INR	INS	23	-	54	4	3	-	-	-	-	1	-	2	-
<i>Moxostoma anisurum</i>			(70,7)	-	(3315,7)	(12,5)	(12,1)	-	-	-	-	(3,6)	-	(1792,8)	-
CHEVALIER JAUNE	INTO	INS	-	5	90	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Moxostomava valenciennesi</i>			-	(12,0)	(9953,3)	-	(1,2)	-	-	-	-	-	-	-	-
CHEVALIER ROUGE	INR	INS	117	33	-	51	26	3	-	-	-	1	-	-	2
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			(258,7)	(130,5)	-	(4436,9)	(101,8)	(90,1)	-	-	-	(3,3)	-	-	(5,6)
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	340	14	233	94	10	2	1	30	-	87	-	3	7
<i>Catostomus commersonii</i>			(1341,3)	(1342,3)	(1694,7)	(1535,0)	(155,0)	(29,5)	(1,9)	(196,7)	-	(406,0)	-	(1063,0)	(864,0)
MEUNIER ROUGE	INR	INS	1	-	-	6	-	2	-	-	-	25	-	-	-
<i>Catostomus catostomus</i>			(3,4)	-	-	(524,2)	-	(61,0)	-	-	-	(256,1)	-	-	-
Centrarchidae															
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	33	19	31	31	28	3	8	3	61	7	25	10	6
<i>Micropterus dolomieu</i>			(423,9)	(476,2)	(888,3)	(496,0)	(1277,0)	(87,8)	(35,6)	(58,1)	(465,1)	(157,8)	(493,6)	(1259,5)	(351,5)
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,4}	1	1	-	-	-	-	1	1	3	-	-	17	22
<i>Ambloplites rupestris</i>			(8,5)	(1,1)	-	-	-	-	(9,9)	(11,7)	(28,8)	-	-	(35,9)	(297,5)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	-	-	-	1	-	-	5	-	-	-	40	33
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	-	-	-	(14,3)	-	-	(6,7)	-	-	-	(518,1)	(350,7)
Cyprinidae															
CARPE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	-	21	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pimephales notatus</i>			-	(13,9)	-	(14,8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	-	-	-	1	-	-	30	-	5	-	-	-	1
<i>Luxilus cornutus</i>			-	-	-	(11,4)	-	(24,1)	-	(54,3)	-	(30,3)	-	-	(0,8)
MÉNÉ À TÊTE ROSE	INTO	INS	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis rubellus</i>			-	-	-	-	-	(4,3)	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ BLEU	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyprinella spiloptera</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ D'ARGENT	INR	HERB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hybognathus regius</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ ÉMERAUDE	INR	INS	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Notropis atherinoides</i>			-	-	-	(8,0)	-	-	-	-	-	-	-	(1,7)	-
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	24
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			-	(9,2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(26,6)	(22,5)
MÉNÉ PAILLE	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis stramineus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ PÂLE	INTO	INS	-	18	-	-	-	-	4	-	-	-	-	7	38
<i>Notropis volucellus</i>			-	(6,6)	-	-	-	-	(6,3)	-	-	-	-	(6,1)	(41,6)
MULET À CORNES	TOL	OMN	-	4	-	-	-	-	9	4	-	-	-	-	-
<i>Semotilus atromaculatus</i>			-	(7,1)	-	-	-	-	(10,4)	(13,3)	-	-	-	-	-
NASEUX DES RAPIDES	INR ³	INS	-	-	-	-	-	4	12	8	3	-	13	-	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	-	-	-	-	(9,0)	(64,0)	(11,4)	(14,5)	-	(47,6)	-	-
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN ⁵	-	-	-	-	-	-	1	-	14	-	-	-	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>			-	-	-	-	-	-	(0,7)	-	(36,4)	-	-	-	-
OUITOUCHE	INR	GEN ⁵	1	9	46	54	3	21	15	38	1	47	1	6	4
<i>Semotilus corporalis</i>			(3,1)	(28,8)	(175)	(227,9)	(100,0)	(399,9)	(239,9)	(224,6)	(18,0)	(174,2)	(62,7)	(54,8)	(6,0)
Esocidae															
GRAND BROCHET	INR	PIS	3	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	1
<i>Esox lucius</i>			(1871,1)	(346,0)	-	-	(296,4)	-	-	-	-	-	-	(118,2)	(875,7)
Ictaluridae															
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(358,5)	-
Percidae															
DORÉ JAUNE	INR	PIS	28	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	1	2
<i>Sander vitreus</i>			(929,5)	(29,6)	-	(215,7)	-	-	-	-	-	-	-	(1078,6)	(349,8)
FOUILLE-ROCHE GRIS	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	30	-	4	-	6	-	-
<i>Percina copelandi</i>			-	-	-	-	-	-	(50,7)	-	(6,7)	-	(10,4)	-	-
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	2	8	8	4	9	86	19	10	2	-	1	1	2
<i>Percina caprodes</i>			(5,3)	(28,9)	(40,6)	(11,8)	(27,5)	(319,4)	(206,7)	(29,2)	(13,5)	-	(10,1)	(1,7)	(7,8)
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,4}	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	13	19
<i>Perca flavescens</i>			-	-	-	-	(3,0)	-	-	-	-	-	-	(422,3)	(843,0)
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	45	17	10	7	4	8	4	17	30	-	7	1	1
<i>Etheostoma olmstedii</i>			(52,5)	(29,4)	(8,4)	(6,9)	(5,3)	(16,1)	(9,4)	(18,3)	(68,5)	-	(12,0)	(0,4)	(0,4)
RASEUX-DE-TERRE NOIR	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma nigrum</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Petromyzontidae															
LAMPROIE DE L'EST	INTO	FIL	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
<i>Lampetra appendix</i>			-	-	-	-	-	-	-	(8,1)	-	-	-	-	-
Umbridae															
UMBRE DE VASE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Umbra limi</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			11	14	7	12	11	9	9	12	9	8	6	15	14
ABONDANCE TOTALE			594	156	472	263	87	130	91	156	112	187	53	111	162
BIOMASSE TOTALE (g)			4968	2461,6	16076	7501,1	1993,6	1036,9	622,4	628,4	636,5	1067,7	636,4	6738,2	4016,9

TOL : tolérant; INR : intermédiaire; INTO : intolérant; OMN : omnivore; GEN : généraliste, INS : insectivore; PIS : piscivore; FIL : filtreur; HERB : herbivore

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

Station	Année	Densité relative des omnivores		Densité relative des insectivores		Densité relative des piscivores		Proportion des poissons avec des anomalies de type DELT		Nombre d'espèces intolérantes		Nombre d'espèces de catostomidés		IWB-IWBm		Indice d'intégrité biotique (IIB) (x 1,5)
		(%)	[]	(%)	[]	(%)	[]	(%)	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	
5	1991	55	[1]	39	[3]	6	[5]	0,5	[5]	1	[3]	3	[5]	1,9	[2]	36
	2011	6	[5]	51	[5]	43	[5]	1,2	[5]	1	[3]	3	[5]	0,15	[10]	57
7	1991	41	[3]	55	[5]	4	[3]	18,1	[1]	0	[1]	3	[5]	1,23	[2]	30
	2002	2	[5]	60	[5]	39	[5]	1,5	[5]	0	[1]	1	[3]	0,29	[10]	51
8	1991	23	[3]	40	[3]	24	[5]	2,8	[3]	0	[1]	2	[5]	0,41	[10]	45
	2002	5	[5]	73	[5]	22	[5]	3,2	[3]	1	[3]	2	[5]	0,01	[10]	54
9	1991	44	[3]	45	[3]	11	[5]	3,2	[3]	1	[3]	3	[5]	0,3	[10]	48
	2002	4	[5]	84	[5]	12	[5]	9,1	[1]	2	[3]	3	[5]	0,17	[10]	51
10	1991	32	[3]	41	[3]	27	[5]	1,2	[5]	1	[3]	3	[5]	0,63	[6]	45
	2002	10	[5]	82	[5]	8	[5]	1,4	[5]	0	[1]	3	[5]	0,06	[10]	54
11	1991	9	[5]	55	[5]	36	[5]	4,4	[3]	2	[3]	3	[5]	0,11	[10]	54
	2002	31	[3]	50	[5]	19	[5]	1,6	[5]	0	[1]	2	[5]	0,01	[10]	51
12	1991	8	[5]	30	[3]	62	[5]	0,3	[5]	1	[3]	3	[5]	0,1	[10]	54
	2002	23	[3]	42	[3]	36	[5]	6,5	[1]	0	[1]	1	[3]	0	[10]	39
13	1991	34	[3]	30	[3]	36	[5]	20,1	[1]	0	[1]	3	[5]	1,04	[6]	36
	2002	19	[5]	31	[3]	50	[5]	5,0	[3]	0	[1]	3	[5]	0,17	[10]	48
14	1991	42	[3]	34	[3]	24	[5]	12,0	[1]	2	[3]	3	[5]	0,51	[10]	45
	2002	5	[5]	82	[5]	14	[5]	0,0	[5]	1	[3]	3	[5]	0,3	[10]	57
15	1991	32	[3]	44	[3]	23	[5]	8,2	[1]	3	[5]	4	[5]	0,56	[6]	42
	2002	15	[5]	81	[5]	4	[3]	0,0	[5]	2	[3]	4	[5]	0,37	[10]	54
16	1991	70	[1]	29	[3]	2	[3]	0,0	[5]	1	[3]	4	[5]	0,85	[6]	39
	2002	38	[3]	47	[5]	14	[5]	0,6	[5]	1	[3]	3	[5]	0,43	[10]	54
17	1991	80	[1]	17	[1]	3	[3]	16,8	[1]	1	[3]	4	[5]	1,74	[2]	24
	2002	50	[1]	31	[3]	19	[5]	0,8	[5]	2	[3]	3	[5]	0,15	[10]	48
18	1991	57	[1]	32	[3]	11	[5]	0,0	[5]	0	[1]	4	[5]	0,69	[6]	39
	2002	33	[3]	53	[5]	14	[5]	0,0	[5]	2	[3]	3	[5]	0,66	[6]	48
	2011	59	[1]	34	[3]	7	[5]	27,6	[1]	1	[3]	3	[5]	0,42	[10]	42
19	1991	58	[1]	29	[3]	14	[5]	5,2	[1]	0	[1]	4	[5]	0,37	[10]	39
	2002	15	[5]	52	[5]	33	[5]	4,7	[3]	1	[3]	4	[5]	0,13	[10]	54
20	1991	18	[5]	80	[5]	2	[3]	0,0	[5]	0	[1]	3	[5]	0,06	[10]	51
	2002	18	[5]	74	[5]	9	[5]	0,0	[5]	2	[3]	1	[3]	0,04	[10]	54
22	1991	50	[1]	48	[5]	2	[3]	0,0	[5]	1	[3]	1	[3]	0,45	[10]	45
	2002	5	[5]	38	[3]	55	[5]	0,9	[5]	2	[3]	0	[1]	0,25	[10]	48
23	1991	79	[1]	17	[1]	4	[3]	13,7	[1]	0	[1]	4	[5]	0,66	[6]	27
	2002	2	[5]	51	[5]	47	[5]	0,0	[5]	1	[3]	0	[1]	0,08	[10]	51
24	1991	11	[5]	78	[5]	12	[5]	1,8	[5]	1	[3]	2	[5]	0,17	[10]	57
	2002	22	[3]	73	[5]	6	[5]	1,9	[5]	1	[3]	2	[5]	0,24	[10]	54

Note : les valeurs de l'IIB aux stations 7, 11, 13, 17 et 23 pour l'année 1991 sont différentes de celles présentées dans le rapport de Richard (1996), car la classification de certaines espèces en fonction de leur niveau de tolérance à la pollution a changé depuis.