

Évolution de l'intégrité biotique des communautés piscicoles du bassin versant de la rivière Yamaska entre 1995 et 2011



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

- Culture de maïs sur le bassin de la rivière Yamaska (photo : Dave Berryman, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques);
- Capture des poissons à la pêche électrique à gué sur la rivière Yamaska Sud-Est (photo : Yvon Richard, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques);
- Rivière Yamaska à Farnham (photo : Hélène Dufour, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques);
- Examen des poissons en laboratoire à des fins de calcul de l'indice d'intégrité biotique (IIB) (photo : Guillaume Desrosiers, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques).

Ce document peut être consulté sur le site Internet du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques au www.mddelcc.gouv.qc.ca

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

ISBN 978-2-550-71553-5 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2014

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

Nathalie Vachon ¹
David Berryman
Hélène Dufour

Coordination à la diffusion

Johanne Bélanger

Mise en page

Murielle Gravel

Graphisme

France Gauthier

Cartographie

Mona Frenette

¹ Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, Secteur de la faune et des parcs

Référence : 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.

Mots clés : Rivière Yamaska, rivière Yamaska Sud-Est, rivière Yamaska Nord, rivière Noire, bassin versant, habitat, assainissement des eaux, communauté de poissons, intégrité biotique, indice IIB, pollution urbaine, pollution municipale, pollution agricole.

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était de vérifier si les mesures d'assainissement urbain, industriel et agricole réalisées dans le bassin de la rivière Yamaska au cours des dernières décennies ont eu des effets sur les communautés de poissons de la rivière Yamaska et trois de ses tributaires : les rivières Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire. Les résultats démontrent que l'état des communautés de poissons s'est nettement amélioré dans la rivière Yamaska, mais que la situation a peu changé dans les trois tributaires.

Dans la rivière Yamaska, en 1995, la communauté de poissons se situait dans les classes d'intégrité biotique faible à moyenne, alors qu'en 2003, elle a atteint ou s'est rapprochée de la classe d'intégrité bonne sur l'ensemble du parcours de la rivière. Un échantillonnage réalisé en 2011, à un site seulement, a confirmé les bons résultats obtenus en 2003. La communauté piscicole a probablement répondu à une amélioration globale et progressive de la qualité de l'eau avec la mise en service de plusieurs usines de traitement des eaux usées municipales à la fin des années 1980, dont les deux principales sont celles de Saint-Hyacinthe et de Farnham. Les mesures prises en agriculture, à la suite de la réglementation sur la réduction de la pollution d'origine agricole, en 1997, et de l'adoption du Règlement sur les exploitations agricoles, en 2002, ont aussi possiblement permis une amélioration de la qualité de l'eau dont ont pu tirer profit les communautés piscicoles de la rivière.

Dans les rivières Yamaska Nord en aval de Granby et Yamaska Sud-Est en aval de Cowansville, l'indice d'intégrité biotique a augmenté un peu de 1995 à 2011, quoiqu'il soit resté dans la classe de très faible intégrité. Dans la rivière Noire, en aval d'Upton, l'intégrité biotique n'a progressé que de trois unités, pour passer de la classe faible à la classe moyenne. Ce secteur reçoit aussi la pollution résiduelle urbaine et industrielle d'Acton Vale. Ainsi, il semble que malgré les efforts d'assainissement, sur ces rivières à faible capacité de dilution en période d'étiage, la pollution résiduelle reste jusqu'à maintenant trop importante pour permettre le rétablissement de communautés piscicoles en santé. D'ailleurs sur ces rivières, contrairement à ce qui se passe généralement sur la rivière Yamaska, les objectifs environnementaux de rejet (OER) formulés pour les effluents municipaux sont souvent inatteignables puisqu'ils sont supérieurs aux performances épuratoires des technologies conventionnelles en traitement des eaux usées. De plus, comme il y a plusieurs industries en réseau, les effluents municipaux et les eaux usées brutes déversées par les ouvrages de surverse peuvent contenir plusieurs contaminants dommageables pour la faune aquatique.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
AIRE D'ÉTUDE.....	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	3
Échantillonnage	3
<i>Communautés piscicoles</i>	3
<i>Habitats</i>	3
Traitement des données	3
RÉSULTATS ET DISCUSSION	4
Rivière Yamaska	4
<i>Habitats</i>	4
<i>Communautés piscicoles</i>	5
Rivière Yamaska Nord.....	9
<i>Habitats</i>	9
<i>Communautés piscicoles</i>	9
Rivière Yamaska Sud-Est.....	10
<i>Habitats</i>	10
<i>Communautés piscicoles</i>	12
Rivière Noire	14
<i>Habitats</i>	14
<i>Communautés piscicoles</i>	14
CONCLUSION.....	16
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	16

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 des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire.....	7

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Localisation des stations d'échantillonnage des poissons des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire	2
Figure 2	Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Yamaska (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (F), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (G) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (H).....	8
Figure 3	Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Yamaska Nord (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (F), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (G) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (H).....	11
Figure 4	Variation temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Yamaska Sud-Est (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (F), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (G) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (H).....	13
Figure 5	Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Noire (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (F), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (G) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (H)	15

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Localisation des stations d'échantillonnage des poissons des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire, dates de capture et méthodes d'échantillonnage	19
Annexe 2	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Yamaska	20
Annexe 3	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Yamaska Nord	24
Annexe 4	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Yamaska Sud-Est	26
Annexe 5	Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Noire.....	27
Annexe 6	Valeurs de chacune des variables et codification retenue [] pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique (IIB) des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire.....	29

INTRODUCTION

Au cours des trois dernières décennies, des efforts considérables ont été faits au Québec pour contrer la pollution des rivières et des lacs. On pense au Programme d'assainissement des eaux qui a conduit entre 1978 et 2011 à la mise en service de 774 usines d'épuration des eaux usées municipales (Moreira et Boudreault, 2013). Simultanément, les entreprises industrielles, qu'elles soient ou non raccordées au réseau d'égout municipal, ont également été incitées à réaliser des travaux d'assainissement. Le monde agricole a aussi été mis à contribution notamment par des programmes visant l'amélioration de la gestion des lisiers et 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. Ces efforts ont mené à des améliorations de la qualité de l'eau dans le Québec méridional (ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2012), y compris en milieu agricole, où on constate une diminution de la surfertilisation des sols et un meilleur contrôle de la pollution diffuse par le phosphore (Patoine et d'Auteuil-Potvin, 2013).

Le principal objectif de la présente étude est de vérifier jusqu'à quel point ces efforts d'assainissement ont contribué à l'amélioration de la santé ou de l'intégrité biotique des communautés piscicoles du bassin versant de la rivière Yamaska. 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 1995 (La Violette, 1999) sur les rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire seront comparés à ceux obtenus en 2003 et en 2011. La rivière Noire n'a toutefois pas été échantillonnée en 2011.

AIRE D'ÉTUDE¹

La rivière Yamaska coule sur plus de 160 km de sa source dans le lac Brome jusqu'à son embouchure dans le lac Saint-Pierre. Elle draine une superficie de 4 784 km². La rivière Noire est son principal affluent. En amont, la rivière Yamaska se divise en trois branches d'importance similaire : les rivières Yamaska, Yamaska Sud-Est et Yamaska Nord (figure 1).

Près de la moitié (47 %) du bassin de la rivière Yamaska est occupé par des terres agricoles. On y pratique une agriculture intensive, dominée par la culture du maïs et l'élevage du porc et des bovins.

Environ 250 000 personnes habitent le bassin de la rivière Yamaska. Granby (59 606) et Saint-Hyacinthe (51 984) sont les deux plus grandes villes. Viennent ensuite Cowansville (12 470) et Farnham (7 992). Au total, 42 stations d'épurations ont été construites depuis le début des années 1980 et traitent maintenant les eaux usées de 161 000 résidents (64 % de la population desservie par un réseau d'égouts).

Le bassin de la rivière Yamaska a une structure industrielle développée et diversifiée touchant principalement les secteurs de l'agroalimentaire, de la transformation métallique, des textiles et de la chimie. En 1996, on dénombrait 808 entreprises manufacturières dans le bassin dont 110 rejetaient des eaux de procédé vers une station municipale de traitement des eaux usées. Plusieurs de ces entreprises sont situées à Granby, à Saint-Hyacinthe et à Cowansville.

¹ Les informations dans cette section sont tirées de Berryman (2008)

Bassin versant la rivière Yamaska

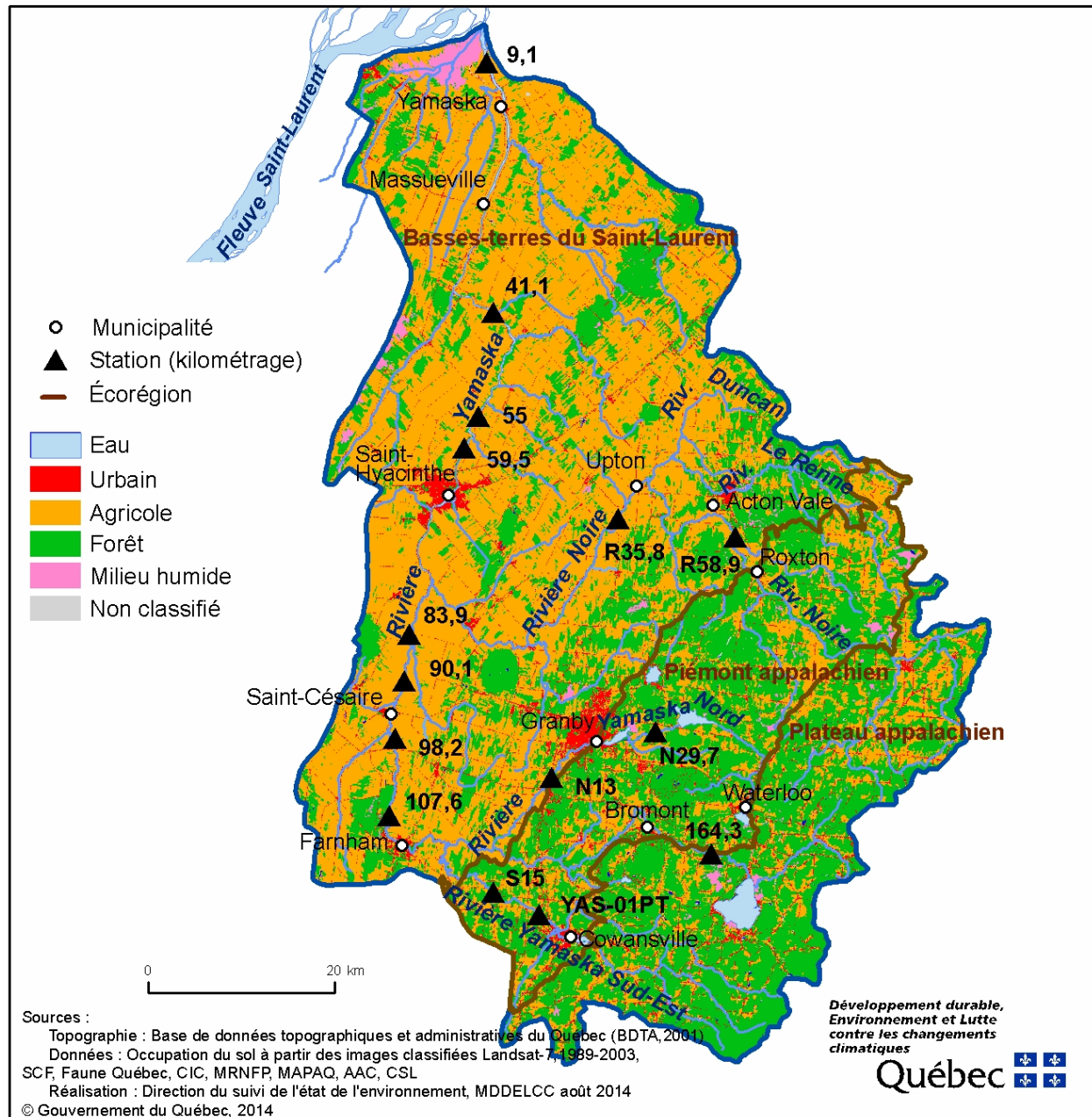


Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnage des poissons des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Échantillonnage

Communautés piscicoles

L'analyse de l'évolution temporelle de l'intégrité biotique des communautés piscicoles du bassin de la rivière Yamaska porte sur un total de 15 stations, soit 9 stations sur la rivière Yamaska et 2 sur chacune des rivières Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire. À l'exception de la station YAS-01PT sur la rivière Yamaska Sud-Est, toutes ces stations ont été échantillonnées une première fois en 1995 (La Violette, 1999) et échantillonnées de nouveau en 2003. Trois de ces stations ont de nouveau été pêchées en 2011. Il s'agit de la station 55 sur la rivière Yamaska et des stations N13 et N29,7 sur la rivière Yamaska Nord. Lors de cette dernière campagne d'échantillonnage, une nouvelle station, soit la station AS-01PT, a été ajoutée à la rivière Yamaska Sud-Est. Située en aval de Cowansville, elle visait à évaluer les effets de la pollution résiduelle en provenance de cette municipalité (figure 1) en complément de la station S15 située également en aval de la ville, mais qui n'a pu être échantillonnée en 2011. Aucune des deux stations de la rivière Noire n'a été échantillonnée en 2011.

Pour chacune de ces trois campagnes d'échantillonnage, la capture des poissons s'est échelonnée du début août au début d'octobre avec les mêmes méthodes, 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. À chaque station, tous les poissons capturés ont été identifiés, dénombrés et pesés globalement par espèce. 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 (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, 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, à chacune des stations d'échantillonnage, figurent aux annexes 2, 3, 4 et 5.

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. 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). La profondeur maximale a été mesurée à l'aide d'une corde graduée. Toutes les autres variables comme la largeur moyenne de la rivière, la vitesse du courant, la transparence, la composition du substrat, l'abondance des macrophytes et l'érosion des rives ont été estimées visuellement. La composition du couvert végétal des bandes riveraines, évaluée visuellement sur une largeur de 10 m à partir de la ligne des hautes eaux, a servi au calcul de [l'indice de la 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

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'indice, 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, informations également nécessaires au calcul de l'indice, sont en grande partie tirés de Barbour et coll. (1999) (annexes 2, 3, 4 et 5). 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 ressemble 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 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).

L'annexe 6 présente les valeurs de l'IIB et la composition des sept variables qui le composent à chacune des stations et années d'échantillonnage.

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 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 composée de la densité et de la biomasse.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Rivière Yamaska

Habitats

La rivière Yamaska, dans sa partie échantillonnée, est une rivière d'ordre de Strahler² élevé (5 et 6). Elle traverse trois écorégions, soit le plateau appalachien, le piémont appalachien et les basses-terres du Saint-Laurent (figure 1). La station située sur le plateau appalachien (164,3) est peu profonde, a une

² Les rangs de 1 à 3 caractérisent les petits cours d'eau de tête de bassin. Les rangs de 4 à 8 caractérisent les cours d'eau les plus larges et les fleuves.

pente forte et un substrat grossier dominé par le bloc et le galet. La transparence de l'eau est élevée, la densité des macrophytes plutôt faible et l'érosion des rives quasiment absente (tableau 2).

Les stations situées dans les basses-terres (stations 107,6 à 9,1) se caractérisent surtout par une forte profondeur, une pente faible, un écoulement lentique et une faible transparence de l'eau. Le substrat dominant est souvent l'argile et le limon. Les macrophytes sont assez abondants (tableau 2).

Pour l'ensemble des stations, l'érosion des rives est peu prononcée. Selon les valeurs de l'IQBR, la qualité des bandes riveraines varie de bonne à moyenne, sauf aux stations 41,1 et 9,1 où leur qualité est faible (tableau 2).

Communautés piscicoles

Au total, 39 espèces de poissons ont été capturées en 1995 et 33 en 2003 aux 9 stations de la rivière Yamaska échantillonnées à chacune de ces années. Les espèces dominantes sur le plan de l'abondance relative étaient le crapet soleil (33 %), le méné à museau arrondi (21%) et le crapet de roche (7 %) en 1995 et le fouille-roche zébré (19 %), l'achigan à petite bouche (12 %) et le crapet soleil (9 %) en 2003 (annexe 2).

Les espèces les plus largement distribuées étaient le chevalier rouge, le meunier noir, le crapet de roche, le crapet soleil, la carpe et le méné à museau arrondi en 1995 et l'achigan à petite bouche, le crapet de roche, le crapet soleil, le doré jaune, le fouille-roche zébré et la perchaude en 2003. On les retrouvait à presque toutes les stations.

La figure 2A montre l'évolution spatiale et temporelle de l'IIB de la rivière Yamaska. L'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière s'est améliorée de 1995 à 2003. En 1995, 4 des 9 stations échantillonnées se trouvaient dans la classe d'intégrité moyenne et 5 dans la classe d'intégrité faible. En 2003, on en retrouvait 6 dans la classe bonne et 3 dans la classe moyenne. Les gains les plus marqués entre ces deux campagnes d'échantillonnage se retrouvent aux stations situées dans les basses-terres du Saint-Laurent (stations 98,2 à 9,1), surtout en aval de Saint-Césaire/Rougemont (station 90,1) et en aval de Yamaska (station 9,1). Seule la station 107,6, en aval de Farnham, n'a montré aucun gain entre ces deux campagnes d'échantillonnage.

L'intégrité biotique de la rivière pourrait s'être encore améliorée au-delà de 2003. En effet, à la station 55 située à environ 10 km en aval de Saint-Hyacinthe, l'intégrité était faible en 1995, moyenne en 2003 et bonne en 2011. Des échantillonnages supplémentaires, à un plus grand nombre de stations, seraient nécessaires pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

L'évolution temporelle des sept variables qui composent l'IIB est présentée aux figures 2B,C,D,E,F,G,H. On observe entre 1995 et 2003, à plusieurs stations, une amélioration de l'organisation trophique des communautés piscicoles. L'abondance relative (%) des espèces opportunistes comme les omnivores diminue (figure 2B), alors que l'abondance relative des espèces qui ont un régime alimentaire plus spécialisé, comme les insectivores (figure 2C) et les piscivores (figure 2D), augmente. Les valeurs atteintes, surtout pour les omnivores et les piscivores, sont comparables à 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 aussi, à pratiquement toutes les stations, de fortes baisses du pourcentage d'anomalies de type DELT (figure 2E). En 1995, les valeurs étaient supérieures à 5 % pour plusieurs stations, alors qu'en 2003, elles étaient souvent en deçà de 2 %, 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). Seule la station 107,6 en aval de Farnham affichait un taux légèrement supérieur à 5 % en 2003. Il s'agit toutefois d'une nette amélioration, car le taux d'anomalies était de 22 % en 1995.

La diminution des valeurs de l'indice IWB-IWBm à pratiquement toutes les stations (figure 2F) 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, comme le meunier noir et la carpe dans le cas présent (annexe 2), diminuent lorsque le milieu récupère. D'ailleurs, la forte baisse de l'indice IWB-IWBm à la station 55, de 1995 à 2011, est le facteur qui a le plus contribué à l'augmentation de l'IIB à cette station.

Les deux autres composantes de l'IIB, soit le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (figure 2G) et le nombre d'espèces de catostomidés (figure 2H), ont moins répondu à l'augmentation de l'intégrité biotique de la rivière Yamaska. Selon la composante, 2 ou 3 stations ont présenté une amélioration, 2 ou 3 autres n'ont pas changé et 3 ou 4 autres ont affiché une baisse. Habituellement, les valeurs de ces composantes augmentent lorsque l'écosystème récupère.

L'ensemble de ces résultats démontre qu'en 2003, soit plus d'une décennie et demie après la mise en service des stations d'épuration des eaux usées municipales de Bromont, de Farnham, de Saint-Hyacinthe et de Massueville, et plus tard celle de Saint-Césaire/Rougemont (figure 2A), les communautés piscicoles de la rivière Yamaska ont atteint un bon niveau d'intégrité biotique sur l'ensemble du parcours de la rivière ou elles s'en sont rapprochées. Elles répondent possiblement à une amélioration globale et progressive de la qualité de l'eau due aux efforts d'assainissement. À titre d'exemple, depuis la mise en opération des stations municipales de traitement des eaux usées, dont la majorité effectue une déphosphatation du 15 mai au 14 novembre, la baisse des concentrations en phosphore à l'embouchure de la rivière Yamaska a été substantielle. Pour les périodes 1988-1997, 1998-2005 et 2010-2012, la concentration médiane est passée de 172 µg/l, à 99 µg/l puis à 70 µg/l. (BQMA³). Il reste que les concentrations à l'embouchure de la rivière ne sont pas encore satisfaisantes, le critère de la qualité de l'eau pour éviter l'eutrophisation étant de 30 µg/l (MDDEFP, 2013).

L'agriculture est aussi une source importante de phosphore pour la rivière Yamaska, dont 31 % du bassin versant est occupé par les cultures dites à grands interlignes. On estime qu'au moins 67 % du phosphore présent à l'embouchure de la rivière est d'origine agricole (Gangbazo et Le Page, 2005). Toutefois, les mesures prises en assainissement agricole ont pu contribuer à la baisse des concentrations en phosphore dans la rivière. Parmi ces mesures on retrouve la diminution du phosphore dans les moulées et les engrais minéraux ainsi qu'une fertilisation plus équilibrée des cultures (MDDEP, 2012).

Au Québec, il s'agit de la deuxième étude, après celle de Richard (2013) sur la rivière Saint-François qui démontre l'efficacité des programmes d'assainissement des eaux usées pour l'amélioration de la condition des communautés piscicoles. En 1991, la rivière Saint-François affichait une intégrité biotique faible à moyenne sur l'ensemble de son parcours entre East Angus et Drummondville. En 2002, une dizaine d'années après la mise en fonction des stations d'épuration des eaux usées municipales et l'implantation d'un système de traitement secondaire des eaux de procédé aux usines des pâtes et papier, l'intégrité biotique des communautés piscicoles affichait presque partout la cote bonne.

À la lumière de ces résultats et ceux obtenus par Kruk et Penczak (2013) sur la rivière Pilica en Pologne, il semble que sur les grandes rivières soumises à une pollution organique et toxique chronique, il faille habituellement une bonne décennie avant d'observer une amélioration de la condition des poissons suite aux mesures d'assainissement. En effet, bien que les grandes rivières aient un fort pouvoir de dilution des polluants et un renouvellement rapide des masses d'eau, le temps nécessaire pour délayer et décontaminer les sédiments, où plusieurs substances toxiques ont pu s'accumuler, demeure le facteur limitant pour une récupération rapide du milieu (Yount et Niemi, 1990; Milner, 1994).

³ 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.

Tableau 2 Caractérisation des habitats aquatiques pour chacune des stations d'échantillonnage des poissons des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire

Rivière	Station	Date	Altitude (m)	Pente (m/km)	Largeur moyenne (m)	Profondeur maximale (m)	Vitesse du courant	Transparence	Substrat dominant	Hétérogénéité du substrat	Abondance des macrophytes ¹
YAMASKA	9,1	1995-08-09	2	0,2	200	3,5	lente	faible	argile-limon-sable	1,68	faible (D)-élevée (G)
		2003-09-04				3,5	lente	faible	galet-bloc	2,13	modérée
	41,1	1995-08-24	9	0,2	100	1,4	lente	faible	argile-limon-bloc	1,49	faible (G)
		2003-09-04				1	lente	moyenne	galet-bloc	2,23	modérée (G)
	55	1995-08-23	15	0,7	250	1,2	lente	faible	argile-limon	0,98	faible
		2003-09-03				2,3	lente	moyenne	argile-limon-bloc	1,92	modérée
		2011-08-17				2	nulle-lente	moyenne	argile-limon	0,47	modérée
	59,5	1995-08-22	18	0,7	125	>1,5	lente	faible	galet-bloc	1,74	modérée (D)
		2003-08-26				0,5	lente	moyenne	galet-bloc	2,04	élevée (D)
	83,9	1995-08-28	26	0,3	50	3,4	lente	faible	argile-limon	0,29	modérée
		2003-08-28				6,4	lente	faible	argile-limon	0,81	modérée
	90,1	1995-09-26	27	0,3	50	5	lente	faible	argile-limon	0,00	faible
		2003-08-28				5,2	lente	faible	argile-limon	0,97	modérée
	98,2	1995-09-26	29	0,3	50	3,5	lente	faible	argile-limon	0,29	élevée (D)-modérée (G)
		2003-09-10				3,5	lente	moyenne	argile-limon	0,99	modérée
	107,6	1995-08-22	45	1,6	75	1,25	modérée	moyenne	galet-bloc	1,47	faible (D)
		2003-09-02				>1,5	modérée	faible	galet-bloc	1,74	modérée (D)
YAMASKA NORD	164,3	1995-09-20	161	4,0	25	1	modérée	élevée	galet-bloc	1,15	faible
		2003-08-21				0,8	modérée	élevée	galet-bloc	1,53	faible
	N13	1995-09-27	80	1,5	25	1,5	lente	moyenne	sable-gravier	1,62	modérée (D)-faible (G)
		2003-08-26				>1,5	modérée	moyenne	galet-bloc	1,57	élevée (D)-faible (G)
		2011-08-23				>1,5	modérée	moyenne	galet-bloc	2,06	modérée
YAMASKA SUD-EST	N29,7	1995-09-27	119	1,0	15	1,7	lente	moyenne	argile-limon	0,47	faible
		2003-08-27				1,8	lente	moyenne	sable-gravier	0,97	élevée
		2011-08-15				5,6	lente	moyenne	argile-limon-sable	1,00	élevée
	S15	1995-09-13	80	2,5	75	1,5	lente	faible	argile-limon	1,47	élevée
		2003-08-27				2,2	lente	moyenne	argile-limon	1,24	élevée
NOIRE	YAS-01PT	2011-08-23	100	2,5	20	>1,5	lente	moyenne	argile-limon-sable	1,36	modérée (D)
	R35,8	1995-10-05	52	1,0	75	4	lente	faible	argile-limon	1,47	faible (D)-modérée (G)
		2003-09-10				4	lente	moyenne	argile-limon	1,60	modérée
	R58,9	1995-10-03	76	0,8	40	3	lente	moyenne	argile-limon	1,35	faible
		2003-09-03				3,5	lente	faible	argile-limon	0,45	modérée

¹ Inclut les deux rives, sauf indication contraire; autrement, G : rive gauche et D : rive droite
n.d. : non déterminé

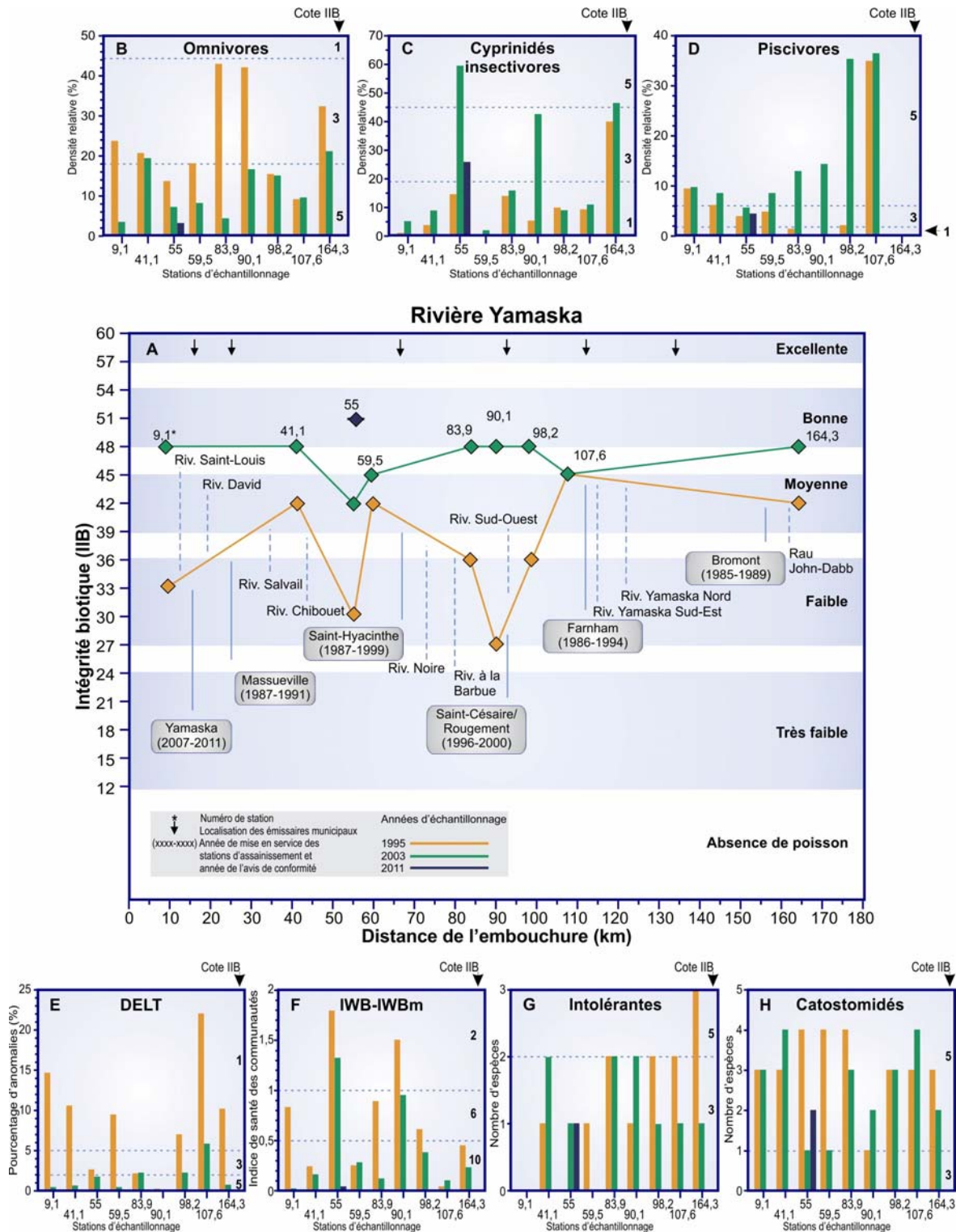


Figure 2 Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Yamaska (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (F), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (G) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (H)

Il importe toutefois de souligner que même si la rivière Yamaska a récupéré depuis la mise en place des mesures d'assainissement des eaux, son niveau d'intégrité biotique demeure inférieur à celui de la rivière Saint-François. En 2003, plusieurs stations de la rivière Yamaska affichaient la classe d'intégrité « bonne inférieure » (figure 2A) alors qu'en 2002, à la rivière Saint-François, plusieurs stations affichaient déjà la classe « bonne supérieure » (Richard, 2013; figure 2), soit un écart de six unités de l'IIB. Cette différence pourrait s'expliquer par la pollution diffuse d'origine agricole. Elle est plus importante sur le bassin de la rivière Yamaska (Berryman, 2008), occupé à 47 % par l'agriculture, que sur celui de la rivière Saint-François, où l'agriculture occupe 23 % du territoire (Painchaud, 2007).

Rivière Yamaska Nord

Habitats

La rivière Yamaska Nord est un affluent de la rivière Yamaska d'ordre de Strahler 4 (figure 1).

Les deux stations échantillonnées, dont l'une est située sur le piémont appalachien (N29,7), et l'autre dans les basses-terres du Saint-Laurent (station N13), présentent des caractéristiques d'habitats relativement similaires. La transparence de l'eau est moyenne, les macrophytes sont assez abondants, l'érosion des rives est variable, mais peu prononcée et les bandes riveraines sont d'une qualité moyenne à excellente. Toutefois, la pente un peu plus prononcée de la station N13, lui confère une vitesse du courant un peu plus élevée, un substrat plus grossier et hétérogène que la station N29,7 (tableau 2).

Communautés piscicoles

Au total, 15 espèces ont été capturées dans la rivière Yamaska Nord en 1995, 19 en 2003 et 18 en 2011 aux deux stations échantillonnées à chacune de ces années (annexe 3).

Les espèces dominantes sur le plan de l'abondance relative étaient le crapet soleil (66 %) en 1995, le meunier noir (46 %) et la perchaude (29 %) en 2003 et le meunier noir (38 %) et la perchaude (28 %) en 2011 (annexe 3).

L'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière s'est peu améliorée de 1995 à 2011 (figure 3A). Les valeurs de l'indice sont toujours demeurées faibles en amont de la ville de Granby (station N29,7), et très faible en aval des rejets de l'émissaire du système de traitement des eaux usées et des ouvrages de surverse de la ville (station N13).

Cette baisse amont aval de l'intégrité biotique se traduit par un fort déséquilibre de la chaîne trophique tant auprès des espèces omnivores que des cyprinidés insectivores. En effet, à la station N13, en aval de l'émissaire, la proportion des espèces omnivores s'est toujours maintenue nettement au-dessus de 45 % (figure 3B) et celles des cyprinidés insectivores nettement en dessous de 20 % (figure 3C), critères indicatifs d'une communauté fortement perturbée. À cette station en 2003, on n'a pas enregistré d'anomalies de type DELT, mais en 1995 et en 2011, les taux d'anomalies étaient respectivement de 8 et 45 %. Ces taux indiquent une forte toxicité du milieu. Déjà au-dessus de 5 %, on est souvent en présence de milieux fortement contaminés (Karr, 1991). À cela s'ajoutent, des valeurs supérieures à 1 unité pour l'indice IWB-IWBm (figure 3F), indication supplémentaire d'un milieu pollué où les espèces tolérantes à la pollution, comme le meunier noir dans le cas présent, dominant en abondance et en biomasse (annexe 3).

L'effet le plus spectaculaire de la mise en service de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Granby en 1984 a certainement été le retour des poissons dans la partie aval de la rivière. Auparavant, aucun poisson n'avait été recensé sur une distance de 17 km entre l'aval de Granby et l'embouchure de la rivière Yamaska Nord (Mongeau, 1979). Entre 1995 et 2011, à la station N13 située en aval de la ville, 15 espèces y ont été capturées (annexe 3). Parmi celles-ci, on retrouve même, en 2011, une espèce intolérante à la pollution (figure 3G), soit le méné à tête rose (annexe 3). Ainsi, une communauté piscicole a pu s'établir, mais force est de constater que malgré les efforts d'assainissement industriel et municipal réalisés jusqu'à ce jour, son intégrité biotique demeure toujours très faible et n'a jamais vraiment progressé (figure 3A).

La station d'épuration des eaux usées de Granby est très performante et est conforme aux exigences en matière de rejet pour ce qui est des paramètres de conception suivants : Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO₅), matières en suspension (MES), et phosphore total (Pt). Cependant, parce que la dilution de l'effluent dans la rivière est très faible en période d'étiage, les technologies conventionnelles de traitement des eaux usées ne permettent pas l'atteinte des objectifs environnementaux de rejet (OER) en pareil cas. De plus, à Granby, il y a plusieurs industries en réseau et les débordements aux ouvrages de surverse sont fréquents parce que le réseau est en grande partie unitaire. Les stations d'épuration municipales ont été conçues pour traiter des eaux usées domestiques, c'est-à-dire pour enlever surtout de la matière organique qui est assez facilement biodégradable. Elles ne sont pas conçues habituellement pour traiter spécifiquement les substances toxiques en provenance des eaux industrielles rejetées en réseau bien qu'il soit possible de réduire la concentration de certaines d'entre elles.

Le « Plan d'action Granby », lancé en 2002 par la Direction régionale du MDDELCC, a toutefois permis à plus de 60 entreprises de la municipalité de réduire leurs substances toxiques rejetées au réseau. Par conséquent, la qualité de l'effluent s'est améliorée, cela dit, les eaux usées brutes ou prétraitées débordées contenaient moins de substances toxiques. De 2002 à 2006, on a d'ailleurs constaté, en aval de la ville, une nette diminution des concentrations des BPC, des dioxines et furanes chlorés, de plusieurs HAP, de certains composés organiques volatils ou semi-volatils, des nonylphénols éthoxylés etc. (Berryman et Rocheleau, 2010).

Malgré tous ces efforts d'assainissement, tant au niveau municipal qu'industriel, de nombreux contaminants sont encore détectés en aval de la ville. Et même si la plupart sont à des concentrations en deçà des critères de la qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique, leur action combinée semble engendrer dans le milieu une pollution résiduelle encore trop importante pour qu'on puisse observer le retour d'une communauté piscicole intègre et en santé. Berryman et Rocheleau (2010) appréhendaient d'ailleurs un tel résultat en conclusion de leur étude.

En 1995, La Violette (1999) attribuait la faible intégrité biotique observée à la station N29,7, en amont de Granby, à la remise en suspension des sédiments contaminés par le DDT et certains métaux du réservoir Choinière lors de l'évacuation épisodique de l'eau par les vannes de fond. Les faibles valeurs de l'IIB enregistrées en 2003 et en 2011 (figure 3A) démontrent que la cause de cette pollution, qu'elle qu'en soit la provenance, n'aurait pas régressé et agirait toujours sur les communautés piscicoles de la station N29,7.

Rivière Yamaska Sud-Est

Habitats

La rivière Yamaska Sud-Est est un affluent de la rivière Yamaska d'ordre de Strahler 4, tout comme la rivière Yamaska Nord (figure 1).

Les deux stations échantillonnées sont situées sur le piémont appalachien. Hormis le fait que la rivière à la station YAS-01PT est moins large qu'à la station S15, leurs caractéristiques d'habitat sont similaires. Ce sont des stations à pente légèrement prononcée, à faible vitesse d'écoulement des eaux et à substrat fin. La transparence varie de moyenne à faible. Les macrophytes sont abondants. L'érosion des rives est pratiquement inexistante et, selon l'IQBR, la qualité des bandes riveraines est bonne (tableau 2).

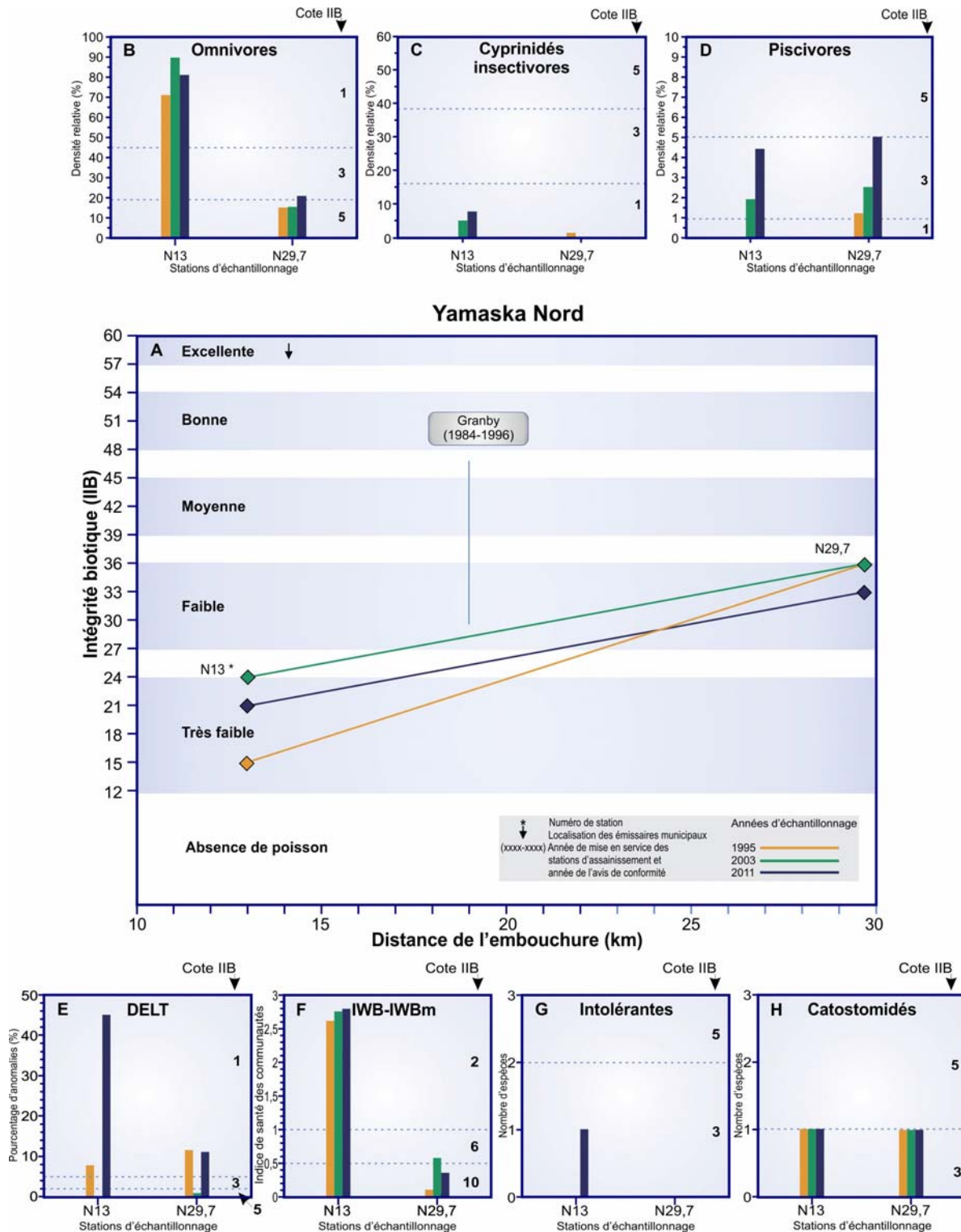


Figure 3 Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Yamaska Nord (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice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

Communautés piscicoles

Au total, 13 espèces de poissons ont été capturées à la station S15 de la rivière Yamaska Sud-Est en 1995 contre 12 en 2003 et 10 à la station YAS-01PT en 2011 (annexe 4).

À la station S15, les espèces dominantes sur le plan de l'abondance relative étaient le meunier noir (49 %) et le crapet soleil (15 %) en 1995, et le meunier noir (51 %) et le méné à grosse tête (22 %) en 2003. À la station YAS-01PT, les espèces dominantes étaient le meunier noir (45 %), le méné à museau arrondi (21 %) et le crapet de roche (15 %) en 2011 (annexe 4).

L'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière s'est peu améliorée de 1995 à 2011 (figure 4A). Les valeurs de l'indice sont toujours demeurées dans la classe d'intégrité très faible aux deux stations échantillonnées en aval de l'émissaire de l'usine de traitement des eaux usées de la ville de Cowansville. Toutefois, pour une analyse plus juste de l'évolution temporelle de l'intégrité biotique de la rivière, il aurait été préférable que les valeurs de l'IIB proviennent toutes de la même station. La station YAS-01PT, située seulement à 1,5 km de l'émissaire de Cowansville, est possiblement plus influencée par la pollution résiduelle que la station S15, située à 8 km de ce dernier.

L'intégrité biotique très faible en aval de la ville se traduit par un déséquilibre marqué de la chaîne trophique. Aux deux stations, la proportion des espèces omnivores s'est toujours maintenue nettement au-dessus de 45 % (figure 4B) et celle des cyprinidés insectivores en dessous de 20 % (figure 4C), deux critères indicatifs d'une communauté fortement perturbée. De plus, les espèces piscivores sont totalement absentes (figure 4D). Habituellement, elles affichent une densité relative supérieure à 5 % chez les communautés en santé (tableau 1).

Aucune anomalie de type DELT n'a été enregistrée en 2003, mais en 1995 et en 2011 les taux d'anomalies étaient nettement au-dessus de 5 % (figure 4E), signe d'une forte toxicité du milieu (Karr, 1991). À cela s'ajoutent, des valeurs au-dessus de 1 unité pour l'indice IWB-IWBm (figure 4F), seuil au-delà duquel le milieu est dominé par des espèces tolérantes à la pollution, comme le meunier noir dans ce cas-ci (annexe 4). La présence en 2011 de deux espèces intolérantes à la pollution (figure 4G), soit le méné pâle et la lamproie de l'Est, est toutefois un signe encourageant. Ces espèces étaient absentes lors de l'échantillonnage de 1995 et seul le méné pâle avait été capturé en 2003 (annexe 4).

Comme pour la rivière Yamaska Nord en aval de Granby, on constate que la mise en service de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Cowansville, en 1986, n'a pas permis d'améliorer l'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière Yamaska Sud-Est. Ici aussi, la station d'épuration est conforme aux exigences en matière de rejet en DBO₅, en MES et en Pt. Cependant, comme la dilution de l'effluent dans la rivière Yamaska Sud-Est est très faible en période d'étiage, les technologies conventionnelles de traitement des eaux usées ne permettent pas l'atteinte des OER. De surcroît, plusieurs substances toxiques peuvent se retrouver dans le milieu aquatique, car il y a de nombreuses industries en réseau et la station n'est pas conçue pour enlever spécifiquement ces substances bien qu'il soit possible qu'elle réduise la concentration de certaines d'entre elles. Les nombreux débordements des ouvrages de surverse à la rivière en aval du lac Davignon sont aussi une source de pollution. Il y a également un lieu d'enfouissement technique (LET) à Cowansville dont l'effluent traité est rejeté dans un ruisseau qui rejoint la rivière Yamaska Sud-Est à environ 4 km en aval de l'émissaire de la ville.

À la lumière des présents résultats, il paraît évident que la pollution résiduelle de la ville de Cowansville est encore trop importante pour permettre le rétablissement d'une communauté piscicole en santé.

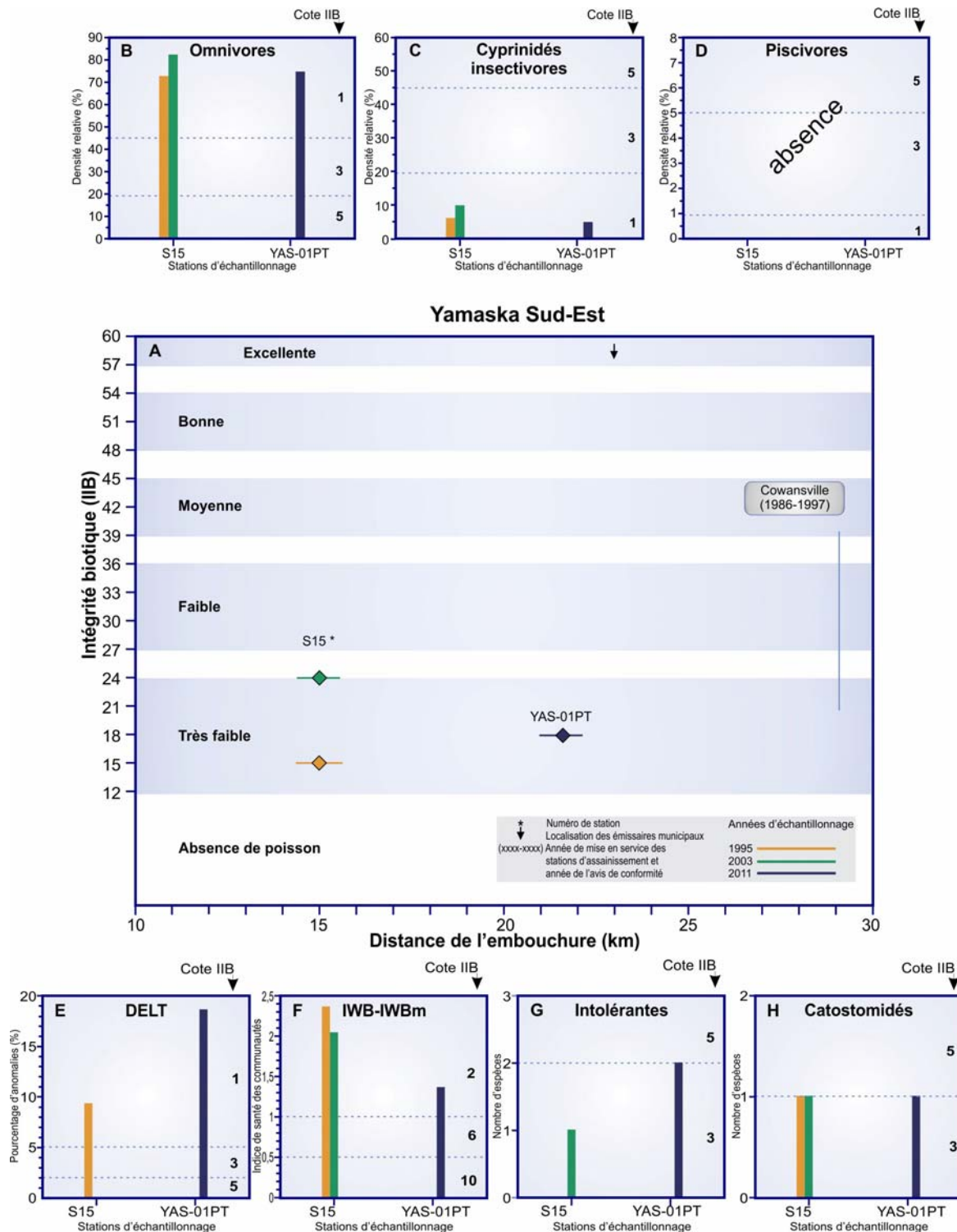


Figure 4 Variation temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Yamaska Sud-Est (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (F), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (G) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (H)

Rivière Noire

Habitats

La rivière Noire est l'affluent le plus important de la rivière Yamaska. D'ordre de Strahler 5, la superficie de son bassin versant constitue presque le tiers de la superficie totale du bassin de la rivière Yamaska.

Les stations R58,9 et R35,8, situées dans les basses-terres du Saint-Laurent, ont des caractéristiques d'habitats similaires. Elles sont profondes, à faible pente et à faible vitesse d'écoulement. La transparence de l'eau varie de moyenne à faible et le substrat est dominé par l'argile et le limon. L'abondance des macrophytes est faible à modérée. L'érosion des rives est peu prononcée, et ce, même si les valeurs de l'IQBR démontrent que la qualité des bandes riveraines est plutôt faible (tableau 2).

Communautés piscicoles

Au total, 19 espèces de poissons ont été capturées dans la rivière Noire en 1995 et 24 en 2003 aux deux stations échantillonnées à chacune de ces années (annexe 5).

Les espèces dominantes sur le plan de l'abondance relative étaient le crapet soleil (33 %), le méné pâle (16 %), le meunier noir (12 %) et le méné à museau arrondi (12 %) en 1995, et le méné pâle (41 %) et le méné à museau arrondi (30 %) en 2003 (annexe 5).

L'intégrité biotique des communautés piscicoles de la rivière n'a que légèrement augmenté de 1995 à 2003 (figure 5A), pour se maintenir dans la classe bonne en amont de la ville d'Upton (station R58,9), et passer de la classe «faible supérieure» à la classe «moyenne inférieure» en aval de la ville (station R35,8). Ces gains sont reliés à la quasi-disparition des anomalies de type DELT à la station amont (R58,9) (figure 5E), et à l'ajout de trois nouvelles espèces de la famille des catostomidés à la station aval (R35,8) (figure 5H). Il s'agit du chevalier blanc, du chevalier jaune et du chevalier rouge (annexe 5), espèces longévives qui affectionnent les milieux peu ou non dégradés (Karr, 1991). De plus, la présence de fouille-roche gris à la station amont en 1995 et en 2003 n'est pas étrangère à la bonne intégrité biotique de cette station. En effet, l'espèce est reconnue comme étant très sensible à la pollution et est désignée vulnérable en vertu de la [Loi sur les espèces menacées ou vulnérables](#). À l'échelle canadienne, le fouille-roche gris est désigné menacé en vertu de la [Loi sur les espèces en péril](#).

La bonne intégrité biotique de la communauté piscicole à la station R58,9 est le reflet d'une station située près du piémont appalachien, écorégion dominée par la forêt et où l'agriculture et la pollution industrielle sont peu importantes (figure 1).

La station R35,8 est à la fois sous l'influence des rejets de la municipalité d'Upton et des apports de polluants de la rivière Duncan, un tributaire agricole qui véhicule la pollution résiduelle urbaine et industrielle d'Acton Vale, située sur la rivière Le Renne (figure 5A). La station d'épuration municipale d'Acton Vale, en service depuis 1985, est la plus importante en terme de débit et de charges de conception de tout le bassin de la rivière Noire. Elle est très performante et est conforme aux exigences de rejet en DBO₅, en MES, en Pt et en coliformes fécaux. Toutefois, puisque la dilution au point de rejet dans la rivière Le Renne est très faible en période d'étiage, les technologies conventionnelles de traitement des eaux usées ne permettent pas l'atteinte des OER. La situation s'améliore un peu à la rivière Noire qui offre une meilleure capacité de dilution. Dans le cas de la ville d'Upton, la station d'épuration a été mise en service en 1999 et la dilution de l'effluent dans la rivière Noire à l'étiage est très bonne. Toutefois, les débordements sont fréquents au poste de pompage Principal par où transitent les eaux de procédé d'une industrie agroalimentaire.

Les activités agricoles, la pollution résiduelle à l'effluent des étangs aérés d'Acton Vale et les débordements à Upton peuvent expliquer la faible augmentation de l'indice.

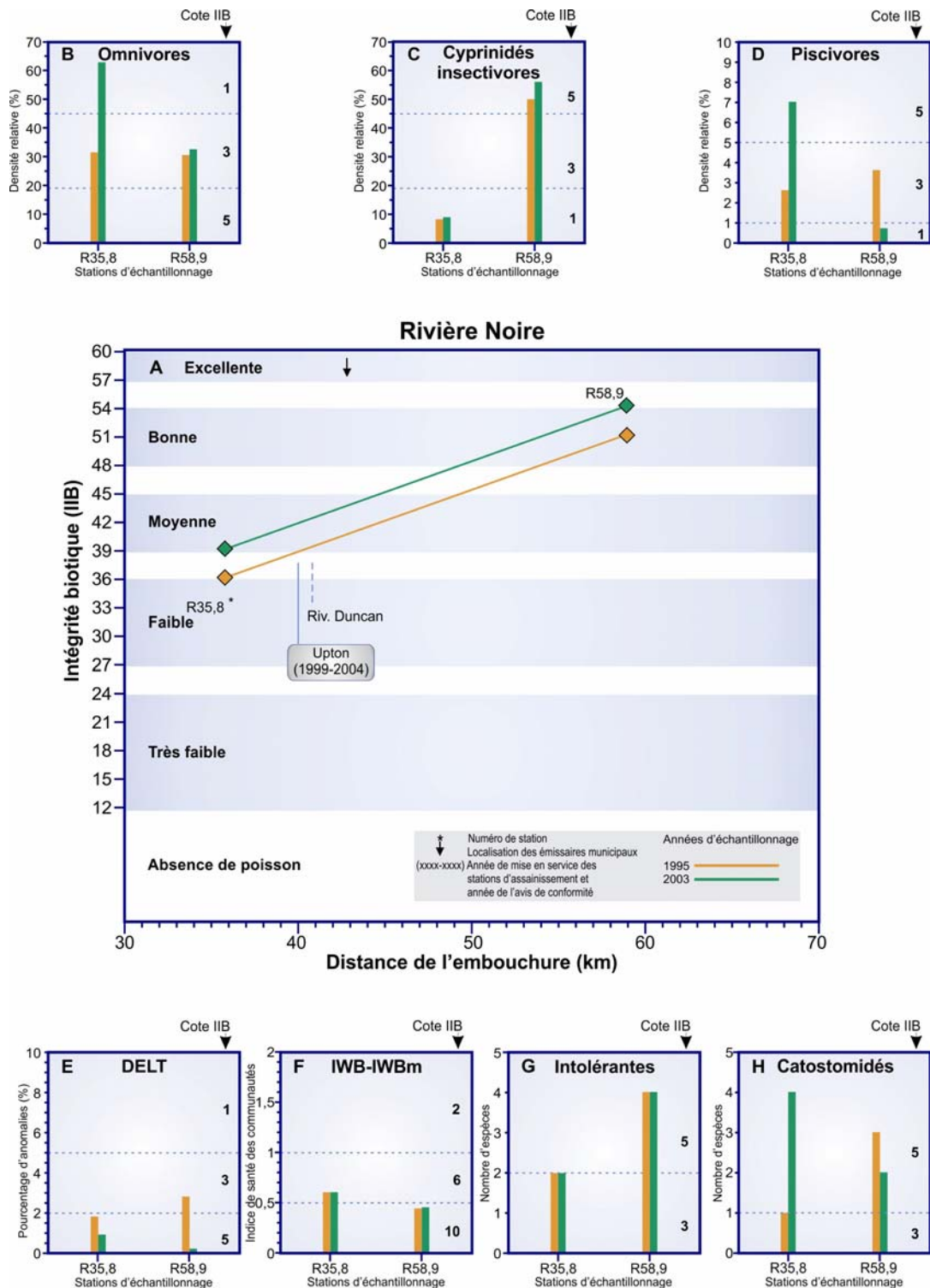


Figure 5 Variation spatiale et temporelle de l'indice d'intégrité biotique (IIB) de la rivière Noire (A) et de ses composantes : la densité relative des omnivores (B), des cyprinidés insectivores (C) et des piscivores (D), le pourcentage des anomalies de type DELT (E), les valeurs de l'indice IWB-IWBm (F), le nombre d'espèces intolérantes à la pollution (G) et le nombre d'espèces de la famille des catostomidés (H)

CONCLUSION

La présente étude supporte le fait que l'assainissement des eaux usées municipales et industrielles et les mesures prises jusqu'à maintenant pour contrer la pollution diffuse d'origine agricole ont permis l'amélioration de l'intégrité biotique des communautés piscicoles dans une grande partie de la rivière Yamaska. Par contre, sur ses principaux tributaires comme les rivières Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire, l'intégrité biotique des communautés piscicoles en aval des villes de Granby, de Cowansville et d'Upton n'a pas véritablement progressé. Sur ces rivières à faible capacité de dilution en période d'étiage, la pollution résiduelle après assainissement reste trop importante pour permettre le rétablissement de communautés piscicoles en santé.

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., 2008. *État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Yamaska : 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 978-2-550-53592-8 (PDF), 22 p.

BERRYMAN, D., et F. ROCHELEAU 2010. *Diminution des concentrations de plusieurs substances toxiques dans la rivière Yamaska Nord à la suite du Plan d'action Granby*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie, ISBN 978-2-550-58563-3 (PDF), 40 p.

GANBAZO, G., et A. LE PAGE, 2005. *Détermination d'objectifs relatifs à la réduction des charges d'azote, de phosphore et de matières en suspension dans les bassins versants prioritaires*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Envirodoq n° ENV/2005/0215, 40 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.

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.

KRUK, A., et T. PENCZAK, 2013. « Natural regeneration of fish assemblages in the Pilica river after a reduction of point-source pollution », *River Research and Applications*, vol. 29, p. 502-511.

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.

MILNER, A. M., 1994. *System Recovery*, dans *The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles*, Volume Two (eds P. Calow and G. E. Petts), Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, chapitre 5.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2013. *Critères de qualité de l'eau de surface*, 3^e édition, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68533-3 (PDF), 510 p. et 16 annexes.

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.

MONGEAU, J.R., 1979. *Les poissons du bassin de drainage de la rivière Yamaska, 1963-1975*. Service de l'Aménagement et de l'Exploitation de la Faune, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Montréal, 191 p. + 4 annexes.

MOREIRA, J.F.V., et M.-C. BOUDREAULT, 2013 *Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2012*, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), Direction des infrastructures, ISBN 978-2-550-68844-0 (PDF seulement), 43 p. et 10 annexes.

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.

PATOINE, M. et F. D'AUTEUIL-POTVIN, 2013. *Tendances de la qualité de l'eau de 1999 à 2008 dans dix bassins versants agricoles au Québec*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-68544-9 (PDF), 22 p. + 7 ann.

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., 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., 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.

YOUNT, J.A., et G.J. NIEMI, 1990. « Recovery of lotic communities and ecosystems from disturbance – A narrative review of case studies », *Environmental Management*, vol. 14, n° 5, p. 547-569.

Annexe 1 Localisation des stations d'échantillonnage des poissons des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire, dates de capture et méthodes d'échantillonnage

Rivière	Station					Échantillonnage			
	Numéro de station	Zone UTM	Coordonnées ¹		N° de carte (1:50 000)	Poissons			
			UTM Est	UTM Nord		Date	Effort de pêche (sec)	Longueur de rive ² (m)	Méthode
Yamaska	9,1	18	659530	5101623	31I02	1995-08-09	965	1000	bateau
						2003-09-04	889	1000	bateau
	41,1	18	662829	5074873	31H15	1995-08-24	1163	50(G)	à gué
						2003-09-04	1149	50(G)	à gué
	55	18	662329	5063473	31H10	1995-08-23	1091	1000	bateau
						2003-09-03	900	1000	bateau
						2011-08-17	1265	1000	bateau
	59,5	18	661229	5059923	31H10	1995-08-22	1613	50(D)	à gué
						2003-08-26	1295	49(D)	à gué
	83,9	18	657379	5039273	31H07	1995-08-28	1033	1000	bateau
						2003-08-28	1093	1000	bateau
	90,1	18	657379	5034273	31H07	1995-09-26	1088	1000	bateau
						2003-08-28	953	1000	bateau
	98,2	18	657029	5027973	31H07	1995-09-26	1147	1000	bateau
						2003-09-10	1205	1000	bateau
Yamaska Nord	107,6	18	657179	5019573	31H07	1995-08-22	847	50(D)	à gué
						2003-09-02	1066	52(D)	à gué
	164,3	18	691479	5018872	31H07	1995-09-20	1059	100	à gué
						2003-08-21	1376	106	à gué
	N13	18	673829	5025373	31H07	1995-09-27	1608	100	à gué
						2003-08-26	1594	98	à gué
Yamaska Sud-Est						2011-08-23	1937	100	à gué
	N29,7	18	684279	5031423	31H07	1995-09-27	1129	1000	bateau
						2003-08-27	1094	1000	bateau
						2011-08-15	1537	1000	bateau
	S15	18	668929	5012422	31H02	1995-09-13	1141	1000	bateau
						2003-08-27	873	1000	bateau
Noire	YAS-01PT	18	673946	5010446	31H02	2011-08-23	1251	64(D)	à gué
	R35,8	18	678129	5053973	31H10	1995-10-05	1013	1000	bateau
						2003-09-10	945	1000	bateau
	R58,9	18	690630	5053273	31H10	1995-10-03	1091	1000	bateau
						2003-09-03	995	1000	bateau

¹ Système de référence géodésique nord-américain, 1983

² Inclut les deux rives, sauf indication contraire; autrement, G : rive gauche et D : rive droite

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

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations									
			9,1		41,1		55		59,5		83,9	
			1995	2003	1995	2003	1995	2003	2011	1995	2003	1995
Amiidae												
POISSON-CASTOR	INR	PIS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amia calva</i>			(3100,0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catostomidae												
CHEVALIER BLANC	INR	INS	1	2	2	1	1	-	16	3	-	14
<i>Moxostoma anisurum</i>			(2,6)	(7,3)	(12,6)	(1217,0)	(9,2)	-	(67,8)	(18,1)	-	(1048,4)
CHEVALIER JAUNE	INTO	INS	-	-	-	1	-	-	-	1	-	3
<i>Moxostoma valenciennesi</i>			-	-	-	(35,6)	-	-	-	(4,3)	-	(3400,0)
CHEVALIER ROUGE	INR	INS	11	3	16	16	3	-	21	30	-	17
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			(447,9)	(7,6)	(63,1)	(205,9)	(11,2)	-	(42,9)	(134,8)	-	(82,5)
COUETTE	INR	OMN	6	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Carpiodes cyprinus</i>			(37,8)	-	-	-	(10,0)	-	-	-	-	-
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	-	2	7	16	6	3	-	26	21	26
<i>Catostomus commersonii</i>			-	(8,7)	(30,9)	(203,8)	(48,3)	(18,9)	-	(284,8)	(455,4)	(159,3)
Centrarchidae												
ACHIGAN À GRANDE BOUCHE	TOL ²	PIS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micropterus salmoides</i>			(4,1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	2	4	10	18	3	5	5	18	25	7
<i>Micropterus dolomieu</i>			(86,0)	(187,3)	(534,8)	(683,9)	(30,6)	(165,0)	(41,9)	(1059,8)	(153,6)	(99,0)
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,4}	-	2	62	26	4	-	10	137	2	23
<i>Ambloplites rupestris</i>			-	(104,4)	(382,5)	(567,9)	(9,9)	-	(49,4)	(354,0)	(23,1)	(211,3)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	-	21	23	2	26	17	9	39	2	165
<i>Lepomis gibbosus</i>			-	(60,7)	(26,3)	(51,7)	(49,6)	(157,7)	(33)	(79,8)	(17,9)	(245,7)
Clupeidae												
GASPARÉAU	INR	PLA ²	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Alosa pseudoharengus</i>			-	-	-	-	-	-	(25,5)	-	-	-
Cyprinidae												
CARPE	TOL	OMN	11	-	13	-	10	6	1	27	1	13
<i>Cyprinus carpio</i>			(13365,7)	-	(273,9)	-	(29164,1)	(20894,0)	(47,2)	(387,0)	(4,8)	(11382,1)
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pimephales promelas</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1,1)
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	1	5	10	47	4	-	3	16	4	191
<i>Pimephales notatus</i>			(1,8)	(1,9)	(11,3)	(100,0)	(3,3)	-	(1,7)	(13,1)	(12,0)	(236,7)
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	-	3	1	-	-	-	4	-	-	-
<i>Luxilus cornutus</i>			-	-	(1,1)	(0,4)	-	-	(4,3)	-	-	-
MÉNÉ À TACHE NOIRE	INR	INS	1	5	-	12	19	41	30	-	-	24
<i>Notropis hudsonius</i>			(1,1)	(8,1)	-	(21,8)	(65,0)	(99,4)	(87,4)	-	-	(49,0)
MÉNÉ À TÊTE ROSE	INTO	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis rubellus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ BLEU	INR	INS	-	-	1	7	1	1	1	-	-	11
<i>Cyprinella spiloptera</i>			-	-	(0,2)	(16,4)	(0,2)	(2,8)	(1,9)	-	-	(22,0)
MÉNÉ D'ARGENT	INR	HERB	1	2	-	2	2	12	22	-	-	-
<i>Hybognathus regius</i>			(1,8)	(4,3)	-	(3,5)	(6,7)	(53,4)	(39,4)	-	-	-
MÉNÉ ÉMERAUDE	INR	INS	-	7	2	-	1	56	-	-	-	26
<i>Notropis atherinoides</i>			-	(11,7)	(0,8)	-	(1,1)	(113,4)	-	-	-	(59,2)
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	4	1	-	-	-	4	-	-	-	20
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			(52,6)	(1,3)	-	-	-	(19,9)	-	-	-	(27,0)
MÉNÉ PAILLE	INR	INS	-	-	-	5	1	3	1	-	6	4
<i>Notropis stramineus</i>			-	-	-	(5,1)	(0,4)	(4,5)	(1,8)	-	(9,7)	(4,4)
MÉNÉ PÂLE	INTO	INS	-	-	-	4	-	6	5	-	-	15
<i>Notropis volucellus</i>			-	-	-	(4,5)	-	(12,3)	(7,1)	-	-	(20,3)
MULET À CORNES	TOL	OMN	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-
<i>Semotilus atromaculatus</i>			-	-	(9,5)	-	-	-	-	(3,8)	-	-
NASEUX DES RAPIDES	INR ³	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QUITOUCHE	INR	GEN ⁵	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-
<i>Semotilus corporalis</i>			-	-	-	(4,2)	-	-	(1,9)	-	-	-
Esocidae												
GRAND BROCHET	INR	PIS	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2
<i>Esox lucius</i>			-	-	-	-	-	(812,2)	(790)	-	-	(101,9)
MASKINONGÉ	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Esox masquinongy</i>			-	-	-	-	-	-	(27,7)	-	-	-
Fundulidae												
FONDULE BARRÉ	TOL	INS	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-
<i>Fundulus diaphanus</i>			-	-	-	(0,5)	-	-	-	-	(5,8)	-
Ictaluridae												
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Ameiurus nebulosus</i>			(1,7)	-	-	-	-	-	-	-	-	(11,9)
												2
												(242,5)

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

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations										
			9,1		41,1		55		59,5		83,9		
			1995	2003	1995	2003	1995	2003	2011	1995	2003	1995	2003
CHAT-FOU DES RAPIDES	INTO	INS	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Noturus flavus</i>					(17,6)	-	-	-	-	-	-	-	-
BARBOTTE JAUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ameiurus natalis</i>													
BARBUE DE RIVIÈRE	INR	OMN ²	1	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Ictalurus punctatus</i>			(2,7)		(4,1)		-	-	-	(15,8)		-	-
Lotidae													
LOTTE	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Lota lota</i>			-	-	-	-	-	-	-	(93,2)	-	-	-
Percidae													
DARD BARRÉ	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma flabellare</i>													
DORÉ JAUNE	INR	PIS	4	15	-	10	2	4	-	-	2	1	1
<i>Sander vitreus</i>			(59,7)	(470,7)	-	(235,7)	(45,0)	(57,1)	-	-	(38,3)	(41,5)	(14,5)
DORÉ NOIR	INR	PIS	1	4	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Sander canadensis</i>			(287,8)	(1207,9)	-	-	(399,8)	-	-	-	-	-	-
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	2	3	6	103	-	1	2	75	237	3	4
<i>Percina caprodes</i>			(10,2)	(5,3)	(36,9)	(463,3)	-	(3,3)	(4,9)	(429,8)	(678,9)	(6,3)	(12,6)
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,4}	15	19	3	51	66	20	21	9	5	-	3
<i>Perca flavescens</i>			(56,4)	(213,9)	(17,7)	(747,3)	(332,1)	(263,3)	(249,3)	(41,3)	(20,6)	-	(159,0)
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	1	-	-	6	1	-	2	12	10	7	-
<i>Etheostoma olmstedii</i>			(0,3)	-	-	(12,4)	(0,5)	-	(5,8)	(23,0)	(24,7)	(5,0)	-
Percopsidae													
OMISCO	INR	INS	4	134	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Percopsis omiscomaycus</i>			(17,8)	(364,0)	-	-	-	-	(2)	-	-	-	-
Sciaenidae													
MALACHIGAN	INR	INV ⁴	27	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aplodinotus grunniens</i>			(112,9)	(75,8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			20	17	16	20	18	15	21	15	12	20	16
ABONDANCE TOTALE			96	236	163	331	152	180	159	398	317	576	139
BIOMASSE TOTALE (g)			17650,78	2740,9	1423,3	4580,9	30187	22677,2	1532,9	2942,6	1444,8	17112,7	16958,6

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

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations							
			90,1		98,2		107,6		164,3	
			1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003
Amiidae										
POISSON-CASTOR	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amia calva</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
Catostomidae										
CHEVALIER BLANC	INR	INS	-	3	-	2	7	17	-	-
<i>Moxostoma anisurum</i>			-	(2181,9)	-	(1859,4)	(10350,0)	(21149,1)	-	-
CHEVALIER JAUNE	INTO	INS	-	2	1	-	-	1	2	-
<i>Moxostoma valenciennesi</i>			-	(2853,0)	(6,8)	-	-	(2041,2)	(28,1)	-
CHEVALIER ROUGE	INR	INS	-	-	32	5	29	55	1	1
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			-	-	(302,8)	(35,2)	(28203,2)	(42043,1)	(41,5)	(2,0)
COUETTE	INR	OMN	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpodius cyprinus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	6	-	15	5	2	19	48	16
<i>Catostomus commersonii</i>			(43,0)	-	(1816,5)	(44,8)	(456,8)	(9525,6)	(1419,6)	(100,6)
Centrarchidae										
ACHIGAN À GRANDE BOUCHE	TOL ²	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micropterus salmoides</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	-	31	9	79	38	81	-	-
<i>Micropterus dolomieu</i>			-	(614,9)	(643,7)	(845,4)	(493,2)	(6713,2)	-	-
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,4}	7	14	24	28	5	16	7	6
<i>Ambloplites rupestris</i>			(11,2)	(282,1)	(415,8)	(637,9)	(10,3)	(842,5)	(158,4)	(97,7)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	644	29	304	53	1	-	8	1
<i>Lepomis gibbosus</i>			(781,8)	(793,9)	(398,3)	(1110,0)	(1,0)	-	(69,8)	(5,4)
Clupeidae										
GASPAREAU	INR	PLA ²	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alosa pseudoharengus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
Cyprinidae										
CARPE	TOL	OMN	13	8	4	1	3	-	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>			(8406,6)	(33099,4)	(6800,0)	(3855,6)	(124,7)	-	-	-
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pimephales promelas</i>			(2,7)	-	-	-	-	-	-	-
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	443	38	61	29	-	-	21	3
<i>Pimephales notatus</i>			(457,8)	(118,5)	(37,9)	(61,1)	-	-	(33,1)	(14,0)
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	-	-	1	3	-	-	59	14
<i>Luxilus cornutus</i>			-	-	(0,7)	(3,0)	-	-	(1011,1)	(105,1)
MÉNÉ À TACHE NOIRE	INR	INS	10	74	20	8	-	-	15	5
<i>Notropis hudsonius</i>			(28,2)	(145,6)	(65,6)	(23,2)	-	-	(38,4)	(6,7)
MÉNÉ À TÊTE ROSE	INTO	INS	-	-	-	-	8	-	-	2
<i>Notropis rubellus</i>			-	-	-	-	(16,3)	-	-	(4,2)
MÉNÉ BLEU	INR	INS	11	17	18	6	-	15	-	-
<i>Cyprinella spiloptera</i>			(11,0)	(38,4)	(6,3)	(16,0)	-	(57,3)	-	-
MÉNÉ D'ARGENT	INR	HERB	-	-	-	-	-	-	18	-
<i>Hybognathus regius</i>			-	-	-	-	-	-	(56,8)	-
MÉNÉ ÉMERAUDE	INR	INS	26	6	-	1	2	11	-	-
<i>Notropis atherinoides</i>			(18,5)	(15,9)	-	(3,4)	(4,0)	(27,8)	-	-
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	72	1	3	4	-	-	-	-
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			(104,5)	(5,0)	(5,8)	(11,5)	-	-	-	-
MÉNÉ PAILLE	INR	INS	12	-	-	5	-	-	3	-
<i>Notropis stramineus</i>			(11,1)	-	-	(7,3)	-	-	(2,4)	-
MÉNÉ PÂLE	INTO	INS	7	22	13	1	-	-	5	-
<i>Notropis volucellus</i>			(6,0)	(35,7)	(144,1)	(0,5)	-	-	(6,8)	-
MULET À CORNES	TOL	OMN	1	-	-	-	-	-	18	6
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(1,5)	-	-	-	-	-	(183,5)	(46,7)
NASEUX DES RAPIDES	INR ³	INS	-	-	-	-	-	-	58	44
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	-	-	-	-	-	(220,7)	(222,7)
NASEUX NOIR DE L'EST	TOL	GEN ⁵	-	-	-	-	-	-	10	-
<i>Rhinichthys atratulus</i>			-	-	-	-	-	-	(17,5)	-
OUITOUCHE	INR	GEN ⁵	-	-	-	2	5	4	18	5
<i>Semotilus corporalis</i>			-	-	-	(2,1)	(395,0)	(192,0)	(478,4)	(59,9)
Esocidae										
GRAND BROCHET	INR	PIS	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>Esox lucius</i>			-	-	(2850,0)	-	-	-	-	-
MASKINONGÉ	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Esox masquinongy</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
Fundulidae										
FONDULE BARRÉ	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fundulus diaphanus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
Ictaluridae										
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	2	1	-	1	-	-	4	1
<i>Ameiurus nebulosus</i>			(5,9)	(303,4)	-	(83,3)	-	-	(148,6)	(14,5)

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

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations							
			90,1		98,2		107,6		164,3	
			1995	2003	1995	2003	1995	2003	1995	2003
CHAT-FOU DES RAPIDES	INTO	INS	-	-	-	-	2	-	1	-
<i>Noturus flavus</i>			-	-	-	-	(68,9)	-	(6,6)	-
BARBOTTE JAUNE	TOL	INS	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ameiurus natalis</i>			-	-	-	-	-	-	-	(8,8)
BARBUE DE RIVIÈRE	INR	OMN ²	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ictalurus punctatus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
Lotidae										
LOTTE	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lota lota</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
Percidae										
DARD BARRÉ	INR	INS	-	-	-	-	-	-	4	16
<i>Etheostoma flabellare</i>			-	-	-	-	-	-	(5,3)	(32,6)
DORÉ JAUNE	INR	PIS	-	9	-	16	-	6	-	-
<i>Sander vitreus</i>			-	(142,9)	-	(347,7)	-	(2583,7)	-	-
DORÉ NOIR	INR	PIS	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sander canadensis</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	-	20	6	11	5	14	41	12
<i>Percina caprodes</i>			-	(65,8)	(14,2)	(27,9)	(82,7)	(232,2)	(351,6)	(151,5)
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,4}	-	5	3	4	-	-	4	5
<i>Perca flavescens</i>			-	(258,9)	(144,0)	(249,5)	-	-	(105,9)	(48,6)
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	-	-	16	5	2	-	6	2
<i>Etheostoma olmstedii</i>			-	-	(13,4)	(5,5)	(1,4)	-	(10,7)	(8,1)
Percopsidae										
OMISCO	INR	INS	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Percopsis omiscomaycus</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
Sciaenidae										
MALACHIGAN	INR	INV ⁴	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aplodinotus grunniens</i>			-	-	-	-	-	-	-	-
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			14	16	17	21	13	11	21	17
ABONDANCE TOTALE			1255	280	532	269	109	239	351	140
BIOMASSE TOTALE (g)			9889,8	40955,3	13665,9	9230,3	40207,5	85407,7	4394,8	929,1

TOL : tolérant; INR : intermédiaire; INTO : intolérant; OMN : omnivore; GEN : généraliste; INS : insectivore; INV : invertivore; PIS : piscivore; HERB : herbivore; PLA : planctivore

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 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Yamaska Nord

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations					
			N13			N29,7		
			1995	2003	2011	1995	2003	2011
Catostomidae								
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	121	401	127	10	15	11
<i>Catostomus commersonii</i>			(7754,5)	(23949,4)	(5551,7)	(438,2)	(10773,0)	(5320,2)
Centrarchidae								
ACHIGAN À GRANDE BOUCHE	TOL ²	PIS	-	9	5	7	6	3
<i>Micropterus salmoides</i>			-	(87,1)	(37,8)	(126,1)	(3488,0)	(1357,3)
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	-	1	3	4	-	4
<i>Micropterus dolomieu</i>			-	(13,1)	(44,7)	(31,8)	-	(1317,7)
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,4}	-	-	1	14	6	3
<i>Ambloplites rupestris</i>			-	-	(3,0)	(440,0)	(188,5)	(197,8)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	38	6	2	1168	52	27
<i>Lepomis gibbosus</i>			(126,8)	(7,7)	(22,7)	(2975,4)	(2496,1)	(2084,1)
Cyprinidae								
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	2	-	-	-	-	-
<i>Pimephales promelas</i>			(10,5)	-	-	-	-	-
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	20	6	11	69	4	-
<i>Pimephales notatus</i>			(40,7)	(24,3)	(47,4)	(95,7)	(10,0)	-
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	-	9	2	20	-	-
<i>Luxilus cornutus</i>			-	(71,8)	(5,2)	(36,7)	-	-
MÉNÉ BLEU	INR	INS	-	1	-	-	-	-
<i>Cyprinella spiloptera</i>			-	(3,5)	-	-	-	-
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	17	-	-	83	41	8
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			(20,0)	-	-	(88,8)	(766,9)	(55,9)
MULET À CORNES	TOL	OMN	42	34	8	-	-	-
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(692,7)	(293,2)	(35,4)	-	-	-
NASEUX DES RAPIDES	INR ³	INS	-	16	11	-	-	-
<i>Rhinichthys cataractae</i>			-	(43,1)	(45,5)	-	-	-
OUITOUCHE	INR	GEN ⁵	-	20	1	65	-	18
<i>Semotilus corporalis</i>			-	(39,9)	(3,1)	(360,6)	-	(19,3)
CARASSIN	TOL	OMN	-	-	1	-	-	-
<i>Carassius auratus</i>			-	-	(18,1)	-	-	-
MÉNÉ À TÊTE ROSE	INTO	INS	-	-	1	-	-	-
<i>Notropis rubellus</i>			-	-	(3,0)	-	-	-
Esocidae								
BROCHET MAILLÉ	INR	PIS	-	-	-	8	3	2
<i>Esox niger</i>			-	-	-	(1950,0)	(970,5)	(168,2)
GRAND BROCHET	INR	PIS	-	-	-	-	1	-
<i>Esox lucius</i>			-	-	-	-	(25,2)	-
Ictaluridae								
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	6	3	-	-	8	1
<i>Ameiurus nebulosus</i>			(457,6)	(195,3)	-	-	(1721,2)	(310,1)
Percidae								
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,4}	3	6	-	84	260	103
<i>Perca flavescens</i>			(226,1)	(316,3)	-	(2848,3)	(7095,8)	(5700,0)

Annexe 3 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Yamaska Nord (suite)

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations					
			N13			N29,7		
			1995	2003	2011	1995	2003	2011
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	36	1	4	6	-	-
<i>Etheostoma olmstedii</i>			(105,3)	(1,1)	(6,5)	(11,9)	-	-
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	-	-	6	-	-	-
<i>Percina caprodes</i>			-	-	(22,7)	-	-	-
Salmonidae								
TRUITE ARC-EN-CIEL	INR	INS	-	1	-	-	-	-
<i>Oncorhynchus mykiss</i>			-	(391,6)	-	-	-	-
Umbridae								
UMBRE DE VASE	TOL	INS	-	1	-	-	-	-
<i>Umbra limi</i>			-	(5,7)	-	-	-	-
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			9	15	14	12	10	10
ABONDANCE TOTALE			285	515	183	1538	396	180
BIOMASSE TOTALE (g)			9434,2	25443,13	5846,8	9403,5	27535,2	16530,6

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 Richard et Giroux (2004); ⁴ considérée comme insectivore;

⁵ considérée comme omnivore

Annexe 4 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Yamaska Sud-Est

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Station		
			S15		YAS-01PT
			1995	2003	2011
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	106	201	85
<i>Catostomus commersonii</i>			(6346,0)	(2560,2)	(396,9)
Centrarchidae					
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,3}	2	3	29
<i>Ambloplites rupestris</i>			(86,6)	(3,2)	(32,6)
CRAPET-SOLEIL	INR	INS	33	15	4
<i>Lepomis gibbosus</i>			(373,0)	(218,6)	(50,0)
Cyprinidae					
CARPE	TOL	OMN	8	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>			(24000,0)	-	-
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	9	86	-
<i>Pimephales promelas</i>			(10,4)	(73,4)	-
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	8	17	40
<i>Pimephales notatus</i>			(27,6)	(32,7)	(15,4)
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	13	19	5
<i>Luxilus cornutus</i>			(100,9)	(120,1)	(43,4)
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	12	17	-
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			(89,2)	(72,0)	-
MÉNÉ PÂLE	INTO	INS	-	20	4
<i>Notropis volucellus</i>			-	25,3	(5,2)
MULET À CORNES	TOL	GEN ⁴	15	5	11
<i>Semotilus atromaculatus</i>			(291,3)	(91,9)	(44,4)
QUITOUCHE	INR	GEN ⁴	-	-	4
<i>Semotilus corporalis</i>			-	-	(43,4)
Ictaluridae					
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	1	10	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>			(32,0)	(298,9)	-
Percidae					
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	-	1	-
<i>Percina caprodes</i>			-	(1,2)	-
PERCHAUDÉ	INR	INS/PIS ^{2,3}	9	3	-
<i>Perca flavescens</i>			(530,8)	(20,8)	-
RASEUX-DE-TERRE GRIS	TOL ²	INS	1	-	3
<i>Etheostoma olmstedii</i>			(2,7)	-	(6,8)
Umbridae					
UMBRE DE VASE	TOL	INS	1	-	-
<i>Umbra limi</i>			(13,5)	-	-
Petromyzontidae					
LAMPROIE DE L'EST	INTO	FIL	-	-	3
<i>Lampetra appendix</i>			-	-	(19,6)
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			13	12	10
ABONDANCE TOTAL			218	397	188
BIOMASSE TOTALE (g)			31904	3518,3	619,5

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

¹ Barbour et coll. (1999); ² La Violette et coll. (2003); ³ considérée comme insectivore; ⁴ considérée comme omnivore

Annexe 5 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Noire

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations			
			R35,8		R58,9	
			1995	2003	1995	2003
Catostomidae						
CHEVALIER BLANC	INR	INS	-	4	15	5
<i>Moxostoma anisurum</i>			-	(1528,1)	(55,9)	(147,0)
CHEVALIER JAUNE	INTO	INS	-	3	-	-
<i>Moxostoma valenciennesi</i>			-	(1124,4)	-	-
CHEVALIER ROUGE	INR	INS	-	2	7	-
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>			-	(737,9)	(22,1)	-
MEUNIER NOIR	TOL	OMN	86	18	158	109
<i>Catostomus commersonii</i>			(2777,0)	(778,5)	(2566,1)	(647,6)
Centrarchidae						
ACHIGAN À PETITE BOUCHE	INR	PIS	32	24	22	3
<i>Micropterus dolomieu</i>			(306,4)	(567,0)	(737,1)	(81,9)
CRAPET DE ROCHE	INR	INS/PIS ^{2,4}	47	15	32	25
<i>Ambloplites rupestris</i>			(126,0)	(95,5)	(437,9)	(354,5)
CRAPET SOLEIL	INR	INS	648	62	15	38
<i>Lepomis gibbosus</i>			(1370,6)	(1025,2)	(109,1)	(419,4)
Cyprinidae						
MÉNÉ À GROSSE TÊTE	TOL	OMN	-	-	-	3
<i>Pimephales promelas</i>			-	-	-	(2,3)
MÉNÉ À MUSEAU ARRONDI	TOL	OMN	172	229	60	260
<i>Pimephales notatus</i>			(456,0)	(435,6)	(45,9)	(429,0)
MÉNÉ À NAGEOIRES ROUGES	INR	INS	2	-	3	11
<i>Luxilus cornutus</i>			(1,7)	-	(6,0)	(11,1)
MÉNÉ À TÊTE ROSE	INTO	INS	68	-	72	9
<i>Notropis rubellus</i>			(76,8)	-	(24,1)	(6,1)
MÉNÉ BLEU	INR	INS	6	4	-	14
<i>Cyprinella spiloptera</i>			(5,6)	(8,4)	-	(19,2)
MÉNÉ ÉMERAUDE	INR	INS	-	2	-	-
<i>Notropis atherinoides</i>			-	(0,7)	-	-
MÉNÉ JAUNE	TOL	OMN	135	22	-	10
<i>Notemigonus crysoleucas</i>			(312,8)	(91,1)	-	(16,9)
MÉNÉ PÂLE	INTO	INS	27	32	283	624
<i>Notropis volucellus</i>			(37,5)	(35,5)	(304,6)	(525,6)
MULET PERLÉ	TOL ³	INS	-	-	-	1
<i>Margariscus margarita</i>			-	-	-	(1,4)
OUITOUCHE	INR	GEN ^o	3	-	-	-
<i>Semotilus corporalis</i>			(11,8)	-	-	-
Esocidae						
MASKINONGÉ	INR	PIS	-	6	-	4
<i>Esox masquinongy</i>			-	(1164,7)	-	(199,5)
Gasterosteidae						
ÉPINOCHÉ À CINQ ÉPINES	TOL ³	INS	-	-	-	1
<i>Culaea inconstans</i>			-	-	-	(0,4)
Ictaluridae						
BARBOTTE BRUNE	TOL	INS	27	-	-	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>			(198,8)	-	-	-
Percidae						
DORÉ JAUNE	INR	PIS	1	-	4	1
<i>Sander vitreus</i>			(1150,0)	-	(2750,0)	(35,1)

Annexe 5 Abondance et biomasse (g) des espèces de poissons capturées dans la rivière Noire (suite)

Espèces	Niveau de tolérance ¹	Niveau trophique ¹	Stations			
			R35,8		R58,9	
			1995	2003	1995	2003
FOUILLE-ROCHE GRIS	INTO	INS	-	-	2	1
<i>Percina copelandi</i>			-	-	(4,7)	(2,2)
FOUILLE-ROCHE ZÉBRÉ	INR	INS	11	5	20	31
<i>Percina caprodes</i>			(26,6)	(4,7)	(52,4)	(62,8)
PERCHAUDE	INR	INS/PIS ^{2,4}	-	-	-	1
<i>Perca flavescens</i>			-	-	-	(4,7)
RASEUX-DE-TERRE-GRIS	TOL ²	INS	2	2	22	26
<i>Etheostoma olmstedii</i>			(1,5)	(4,0)	(31,1)	(30,9)
Petromyzontidae						
LAMPROIE DE L'EST	INTO	FIL	-	-	1	2
<i>Lampetra appendix</i>			-	-	(9,1)	(13,7)
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES			15	15	15	21
ABONDANCE TOTALE			1267	430	716	1179
BIOMASSE TOTALE (g)			6859,1	7601,33	7156,1	3011,3

TOL : tolérant; INR : intermédiaire; INTO : intolérant; OMN : omnivore; GEN : généraliste;

INS : insectivore, PIS : piscivore; FIL : filtreur

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 6 Valeurs de chacune des variables et codification retenue [] pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique (IIB) des rivières Yamaska, Yamaska Nord, Yamaska Sud-Est et Noire

Station	Année	Densité relative des omnivores		Densité relative des cyprinidés insectivores		Densité relative des piscivores		Proportion des poissons avec des anomalies de type DELT		Nombre d'espèces intolérantes		Nombre d'espèces de catostomidés		IWB-IWBm	Indice d'intégrité biotique (IIB) (x 1,5)	
Yamaska																
9,1	1995	24	[3]	1	[1]	9	[5]	14,6	[1]	0	[1]	3	[5]	0,83	[6]	33
	2003	3	[5]	5	[1]	10	[5]	0,4	[5]	0	[1]	3	[5]	0,02	[10]	48
41,1	1995	21	[3]	4	[1]	6	[5]	10,5	[1]	1	[3]	3	[5]	0,24	[10]	42
	2003	20	[3]	9	[1]	9	[5]	0,6	[5]	2	[3]	4	[5]	0,16	[10]	48
55	1995	14	[5]	15	[1]	4	[3]	2,6	[3]	0	[1]	4	[5]	1,79	[2]	30
	2003	7	[5]	59	[5]	6	[5]	1,7	[5]	1	[3]	1	[3]	1,32	[2]	42
	2011	3	[5]	26	[3]	4	[3]	0,0	[5]	1	[3]	2	[5]	0,04	[10]	51
59,5	1995	18	[5]	0	[1]	5	[3]	9,4	[1]	1	[3]	4	[5]	0,25	[10]	42
	2003	8	[5]	2	[1]	9	[5]	0,4	[5]	0	[1]	1	[3]	0,28	[10]	45
83,9	1995	44	[3]	14	[1]	1	[3]	2,1	[3]	2	[3]	4	[5]	0,89	[6]	36
	2003	4	[5]	16	[1]	13	[5]	2,2	[3]	2	[3]	3	[5]	0,12	[10]	48
90,1	1995	43	[3]	5	[1]	0	[1]	0,2	[5]	1	[3]	1	[3]	1,50	[2]	27
	2003	17	[5]	43	[3]	14	[5]	0,0	[5]	2	[3]	2	[5]	0,95	[6]	48
98,2	1995	16	[5]	10	[1]	2	[3]	7,0	[1]	2	[3]	3	[5]	0,61	[6]	36
	2003	15	[5]	9	[1]	35	[5]	2,2	[3]	1	[3]	3	[5]	0,38	[10]	48
107,6	1995	9	[5]	9	[1]	35	[5]	22,0	[1]	2	[3]	3	[5]	0,04	[10]	45
	2003	10	[5]	11	[1]	36	[5]	5,8	[1]	1	[3]	4	[5]	0,10	[10]	45
164,3	1995	33	[3]	40	[3]	0	[1]	10,2	[1]	3	[5]	3	[5]	0,45	[10]	42
	2003	21	[3]	47	[5]	0	[1]	0,7	[5]	1	[3]	2	[5]	0,23	[10]	48
Yamaska Nord																
N13	1995	71	[1]	0	[1]	0	[1]	7,7	[1]	0	[1]	1	[3]	2,61	[2]	15
	2003	90	[1]	5	[1]	2	[3]	0,0	[5]	0	[1]	1	[3]	2,75	[2]	24
	2011	81	[1]	8	[1]	4	[3]	44,9	[1]	1	[3]	1	[3]	2,79	[2]	21
N29,7	1995	15	[5]	1	[1]	1	[3]	11,5	[1]	0	[1]	1	[3]	0,10	[10]	36
	2003	15	[5]	0	[1]	3	[3]	0,8	[5]	0	[1]	1	[3]	0,57	[6]	36
	2011	21	[3]	0	[1]	5	[3]	11,0	[1]	0	[1]	1	[3]	0,35	[10]	33
Yamaska Sud-Est																
S15	1995	73	[1]	6	[1]	0	[1]	9,3	[1]	0	[1]	1	[3]	2,36	[2]	15
	2003	82	[1]	10	[1]	0	[1]	0,0	[5]	1	[3]	1	[3]	2,04	[2]	24
YAS-01PT	2011	75	[1]	5	[1]	0	[1]	18,6	[1]	2	[3]	1	[3]	1,36	[2]	18
Noire																
R35,8	1995	31	[3]	8	[1]	3	[3]	1,8	[5]	2	[3]	1	[3]	0,60	[6]	36
	2003	63	[1]	9	[1]	7	[5]	0,9	[5]	2	[3]	4	[5]	0,60	[6]	39
R58,9	1995	30	[3]	50	[5]	4	[3]	2,8	[3]	4	[5]	3	[5]	0,44	[10]	51
	2003	32	[3]	56	[5]	1	[3]	0,2	[5]	4	[5]	2	[5]	0,45	[10]	54

Note : Dans le cas de plusieurs stations, les valeurs de l'IIB pour l'année 1995 sont différentes de celles présentées dans le rapport de La Violette (1999), car la classification de certaines espèces en fonction de leur niveau de tolérance à la pollution a changé.