

Suivi de l'état des communautés piscicoles et de l'écosystème  
aquatique faisant suite au déversement d'eaux usées de la  
Ville de Saint-Hyacinthe survenu le 28 juin 2016.

Une évaluation de la récupération de l'écosystème aquatique.

Rapport final présenté à la Ville de Saint-Hyacinthe

Le 19 avril 2018



## Équipe de travail

Coordination du projet et rédaction      Isabelle Picard, biologiste  
Zoë Ipiña, biologiste M. Sc. OBV Yamaska

### Travaux terrain et traitements des échantillons

Poissons      Isabelle Picard, biologiste  
Louis-Philippe Gagnon, technicien de la faune  
Sylvie Normand, technicienne de la faune  
Zoë Ipiña, biologiste M. Sc. OBV Yamaska

Benthos      Sylvie Normand, technicienne de la faune

Mulettes      Isabelle Picard, biologiste

IDEC (terrain)      Zoë Ipiña, biologiste M. Sc. OBV Yamaska  
Alex Martin M. Env. OBV Yamaska

IDEC (Rédaction)      Stéphane Campeau Ph.D. (UQTR)  
IDEC (Laboratoire)      Isabelle Lavoie Ph.D. (INRS-ETE)  
Richard Dubuc M.Sc. (UQTR)

Révision linguistique      Caroline Fontaine  
Huguette Dubreuil OBV Yamaska

Ce rapport a été commandé par la Ville de Saint-Hyacinthe.

Les cartes ont été produites à partir des données reconnues disponibles dans l'objectif de faciliter l'interprétation des données. Toute autre utilisation pourrait ne pas convenir. La précision de la localisation des points est limitée et n'est qu'à titre indicatif.

Comment citer ce document : OBV Yamaska 2018. Suivi de l'état des communautés piscicoles et de l'écosystème aquatique faisant suite au déversement d'eaux usées de la Ville de Saint-Hyacinthe survenu le 28 juin 2016. Une évaluation de la récupération de l'écosystème aquatique. Rapport final. Rapport produit par l'OBV Yamaska pour la ville de Saint-Hyacinthe. 54 pages +7 annexes.

# Table des matières

ÉQUIPE DE TRAVAIL .....	II
TABLE DES MATIÈRES.....	III
LISTE DES FIGURES .....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MÉTHODES .....</b>	<b>3</b>
2.1. CHOIX DES STATIONS.....	3
2.2. CARACTÉRISATION DES HABITATS .....	7
2.3. POISSONS .....	9
2.4. MULETTES .....	17
2.5. IDEC .....	19
2.6. BENTHOS.....	20
2.7. ANALYSE ET CARTOGRAPHIES .....	23
<b>3. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>24</b>
3.1. POISSONS .....	24
3.1.1. Comparaison générale des diversités et abondances.....	24
3.1.2. Anomalies externes .....	31
3.1.3. Indice d'intégrité biologique (IIB) .....	32
3.2. MULETTES .....	33
3.3. IDEC (TIRÉS DE CAMPEAU ET COLL. 2017) .....	37
3.4. BENTHOS.....	40
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>44</b>
<b>5. RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>45</b>
<b>6. RÉFÉRENCES.....</b>	<b>50</b>
<b>ANNEXE 1. ....</b>	<b>55</b>
<b>PHOTOGRAPHIES DE RÉFÉRENCE DES PRINCIPALES STATIONS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXE 2. ....</b>	<b>59</b>
<b>CARACTÉRISTIQUES HYDROLOGIQUES LORS DES INVENTAIRES.....</b>	<b>59</b>

<b>ANNEXE 3.</b> ....	<b>61</b>
<b>LISTE DES ANOMALIES EXTERNES CHEZ LES POISSONS</b> .....	<b>61</b>
<b>ANNEXE 4.</b> .....	<b>65</b>
<b>DÉTAILS DU CALCUL DES BIOMASSES ET DES DIFFÉRENTS INDICES</b> .....	<b>65</b>
<b>ANNEXE 5.</b> .....	<b>75</b>
<b>VALEURS HISTORIQUES DE RICHARD (2014)</b> .....	<b>75</b>
<b>ANNEXE 6.</b> .....	<b>78</b>
<b>PHOTOS DES ESPÈCES DE POISSONS CAPTURÉES LORS DES INVENTAIRES</b> .....	<b>78</b>
<b>ANNEXE 7.</b> .....	<b>82</b>
<b>DÉTAILS DES ÉCHANTILLONS DE BENTHOS RÉCOLTÉS DANS LA RIVIÈRES YAMASKA EN 2016 ET 2017</b> .....	<b>82</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Stations d'échantillonnage sélectionnées en aval et en amont du site de déversement d'eaux usées de l'usine d'épuration de Saint-Hyacinthe.....	4
<b>Figure 2.</b> Simulation de la distribution du panache.....	6
<b>Figure 3.</b> Illustration d'une scène de pêche électrique. (Photo : Isabelle Picard) .....	11
<b>Figure 4.</b> Mesures de longueur de poissons .....	12
<b>Figure 5.</b> Exemples d'anomalies observées chez les poissons dans les stations de la rivière Yamaska comptabilisés dans les taux d'anomalies dues à l'environnement.....	15
<b>Figure 6.</b> Autres types d'anomalies notées chez les poissons de la rivière Yamaska, non attribuables à l'environnement. ....	16
<b>Figure 7.</b> Exemple de photographie standardisée d'un Grand anodonte ( <i>Pyganodon grandis</i> ). Photo de la vue latérale à gauche et de la vue dorsale à droite (Photo : Isabelle Picard) .....	18
<b>Figure 8.</b> Coquilles vides trouvées à la station Sirois le 6 juillet 2016 (Photo : Isabelle Picard).....	18
<b>Figure 9.</b> Chat-fou des rapides ( <i>Noturus flavus</i> ) capturé dans la rivière Yamaska à la station Tarte, le 5 septembre 2016. (Photo : Isabelle Picard) .....	24
<b>Figure 10.</b> Diversité ichtyologique selon les stations et les relevés en 2016 et 2017.....	28
<b>Figure 11.</b> Abondance par unité d'effort (nombre de poissons capturés/minute) (PUE) selon les stations et les relevés en 2016 et 2017 .....	29
<b>Figure 12.</b> Biomasse par unité d'effort (g/min) (BUE)) selon les stations et les relevés en 2016 et 2017.....	30
<b>Figure 13.</b> Taux d'anomalies de type DELT (%) aux différentes stations de la rivière Yamaska en 2016 et 2017.....	31
<b>Figure 14.</b> Indice d'intégrité biologique calculé aux stations de la rivière Yamaska en 2016 et 2017.....	32
<b>Figure 15.</b> Vue latérale et postérieure de l'Alasmidonte marginée ( <i>Alasmidonta marginata</i> ) trouvée vivante le 8 juillet 2016 à la station Sirois (Photo : Isabelle Picard).....	33
<b>Figure 16.</b> Indice de santé benthos (ISB) selon les stations en 2016 et 2017 .....	40
<b>Figure 17.</b> Pourcentage de larves de Chironomidés selon les stations en 2016 et 2017 .....	42
<b>Figure 18.</b> Pourcentage d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères (excluant les Hydropsychidae) selon les stations en 2016 et 2017.....	43

<b>Figure 19.</b> Vue de la station Pont Concorde le 16 septembre 2017.....	56
<b>Figure 20.</b> Vue de la station Pratte le 16 septembre 2017.....	56
<b>Figure 21.</b> Vue panoramique de la station Choquette le 8 septembre 2016.....	57
<b>Figure 22.</b> Photographie de la station amont de l’usine d’épuration .....	57
<b>Figure 23.</b> Vue panoramique de la station aval-usine d’épuration le 4 septembre 2016.....	57
<b>Figure 24.</b> Vue panoramique de la station Sirois le 4 septembre 2016 .....	57
<b>Figure 25.</b> Vue panoramique de la station Tarte le 5 septembre 2016 .....	58
<b>Figure 26.</b> Vue de la station Amont-Cadorette le 16 septembre 2017 .....	58
<b>Figure 27.</b> Vue panoramique de la station Cadorette le 5 septembre 2016.....	58
<b>Figure 28.</b> Centrarchidés et percidés capturés lors de l’inventaire de pêche électrique dans la rivière Yamaska.....	79
<b>Figure 29.</b> Cyprinidés capturés lors de l’inventaire de pêche électrique dans la rivière Yamaska. ....	80
<b>Figure 30.</b> Catostomidés, anthérinopsidés et fondulidés capturés lors de l’inventaire de pêche électrique dans la rivière Yamaska.....	81

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Liste des stations d'échantillonnage.....	3
<b>Tableau 2.</b> Principales caractéristiques physiques des stations d'échantillonnage choisies.....	8
<b>Tableau 3.</b> Coordonnées et efforts de pêche pour les stations inventoriées en 2016 pour les poissons. .....	11
<b>Tableau 4.</b> Critères et cotes associées à chacune des variables utilisées pour former l'indice d'intégrité biologique (IIB) à partir des communautés piscicoles (tiré de Richard, 2014). .....	14
<b>Tableau 5.</b> Catégories associées des valeurs de l'IIB (classes tirées de Richard, 2014).....	14
<b>Tableau 6.</b> Critères utilisés pour le calcul de l'Indice de santé du benthos – substrat grossier (ISBg-f) – Niveau Famille (tiré de MDDEFP, 2013).....	22
<b>Tableau 7.</b> Nombre de poissons capturés par espèce (et biomasse (en g)) aux stations de la rivière Yamaska en 2016 et 2017 .....	26
<b>Tableau 8.</b> Nombre de moules vivantes (et de coquilles vides) pour chacune des stations inventoriées dans la rivière Yamaska pour les moules en 2016 .....	35
<b>Tableau 9.</b> Nombre de moules vivantes (et de coquilles vides) pour chacune des stations inventoriées dans la rivière Yamaska pour les moules en 2017 .....	36
<b>Tableau 10.</b> Valeurs et classes de l'indice IDEC 3 (alcalin) de la rivière Yamaska à Saint-Hyacinthe de 2013 à 2017.....	38
<b>Tableau 11.</b> Les classes de l'IDEC, les médianes physico-chimiques et l'état trophique associé à chaque classe (Lavoie et coll., 2014) .....	39
<b>Tableau 12.</b> Indice de santé Benthos et valeurs de différents indices pour les stations inventoriées en 2016 et 2017. ....	41
<b>Tableau 13.</b> Données hydrologiques journalières lors des journées d'inventaires à la station 030345 du CEHQ (CEHQ, 2018).....	60
<b>Tableau 14.</b> Moyenne mensuelles des données hydrologiques à la station 030345 du CEHQ (CEHQ, 2018) .....	60
<b>Tableau 15.</b> Liste des anomalies externes examinées chez les poissons.....	62
<b>Tableau 16.</b> Estimations de poids utilisées dans le calcul des biomasses en 2016.....	66
<b>Tableau 17.</b> Comparaison des poids estimés pour certains échantillons avec les poids réels en 2016 ..	67

<b>Tableau 18.</b> Nombre de captures (et biomasse totale (g)) par espèces capturées dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2016 .....	69
<b>Tableau 19.</b> Valeur de différents indices ayant servi au calcul de l'IIB dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2016.....	70
<b>Tableau 20.</b> Cotes des différentes variables (et valeurs) utilisées pour former l'indice d'intégrité biologique (IIB) en 2016. ....	71
<b>Tableau 21.</b> Nombre de captures (et biomasse totale (g)) par espèces capturées dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2017 .....	72
<b>Tableau 22.</b> Valeur de différents indices ayant servi au calcul de l'IIB dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2017 .....	73
<b>Tableau 23.</b> Cotes des différentes variables (et valeurs) utilisées pour former l'indice d'intégrité biologique (IIB) en 2017 .....	74
<b>Tableau 24.</b> Nombre de poissons capturés par espèce (biomasse (g)) et valeurs des indices aux stations Tarte et Cadorette de 1995 à 2011.....	76
<b>Tableau 25.</b> Composition des espèces benthiques dans les échantillons récoltés dans la rivière Yamaska selon les stations en 2016 et 2017 et valeurs des principaux critères et de l'indice de santé benthos .....	83



# 1. Introduction

La rivière Yamaska draine un bassin versant de plus de 4 784 km<sup>2</sup>, composé majoritairement de terres agricoles (Laliberté, 2015 ; Berryman, 2008). Ce tributaire du fleuve Saint-Laurent coule sur plus de 160 km et traverse plusieurs municipalités, dont la municipalité de Saint-Hyacinthe qui se situe à environ 60 km de son embouchure. Cette municipalité est la plus grande du tronçon inférieur de la rivière. Bien que des améliorations à la qualité de l'eau ont été observées dans la rivière Yamaska, on y observe encore de nombreuses sources de pollution et sa capacité à recevoir les polluants est limitée de par son faible débit (Berryman, 2008 ; Richard, 2015). Son débit annuel moyen de 87m<sup>3</sup>/s est en effet inférieur à d'autres cours d'eau de grosseur semblable (Berryman, 2008). Bien que des travaux aient été réalisés sur les ouvrages d'assainissement urbain, il demeure que la rivière subit encore de nombreux épisodes de débordements ou déversements d'eaux usées non traitées.

Le 28 juin 2016, une surverse importante d'eaux usées de 8,5 millions de litres a eu lieu dans la rivière Yamaska, due à des travaux liés à l'agrandissement de l'usine d'épuration de la ville de Saint-Hyacinthe. Cette surverse a eu lieu tout juste en amont du pont de l'autoroute 20. Par la suite, une mortalité majeure de poissons a été signalée dès le 30 juin 2016 en soirée par des citoyens en aval de ce déversement. Les faibles niveaux d'eau et de débit au moment du déversement, combinés à des températures élevées, auraient probablement causé une concentration des microorganismes et seraient à l'origine des mortalités de poisson observées. Les travaux et la surverse avaient été planifiés 6 à 8 semaines avant le déversement, mais le beau temps des derniers jours et le peu de pluie ont provoqués des niveaux d'eau et un débit anormalement bas pour cette période. Le niveau d'eau enregistré le 28 juin 2016 était de 25,26 m et le débit de 5,471 m<sup>3</sup>/sec (CEHQ, 2018), soit des valeurs très basses pour cette période. En effet, les données historiques à cette station depuis novembre 1994 montrent que le minimum absolu documenté de niveau d'eau est de 25,14 m et que la moyenne est de 25,80 m en juin et de 25,61 m en juillet (CEHQ, 2018). De plus, bien que des débits de l'ordre de 2,533 m<sup>3</sup>/sec aient été déjà enregistrés en juin, les moyennes de débit pour cette période sont bien au-dessus, soit de 46,46 m<sup>3</sup>/sec en juin et de 28,13 m<sup>3</sup>/sec en juillet (CEHQ, 2018). Le lien entre le déversement et les mortalités de poissons ne fait aucun doute mais l'impact réel de ce déversement sur la faune aquatique et l'écosystème aquatique de la rivière Yamaska restent à documenter.

La Ville de Saint-Hyacinthe a ainsi mandaté l'Organisme de bassin versant de la rivière Yamaska pour évaluer les dommages actuels à la faune et établir des mesures réparatrices pour la récupération des communautés piscicoles et de l'écosystème aquatique. Afin de répondre à ces exigences, l'OBV Yamaska a proposé un suivi sur deux années des éléments suivants : faune ichthyologique (poissons), faune aquatique benthique (benthos et mulettes) et suivi biologique à l'aide de l'Indice Diatomée de l'Est du Canada (IDEC). Le présent rapport d'étape présente les constats de ce suivi selon les différents indicateurs.

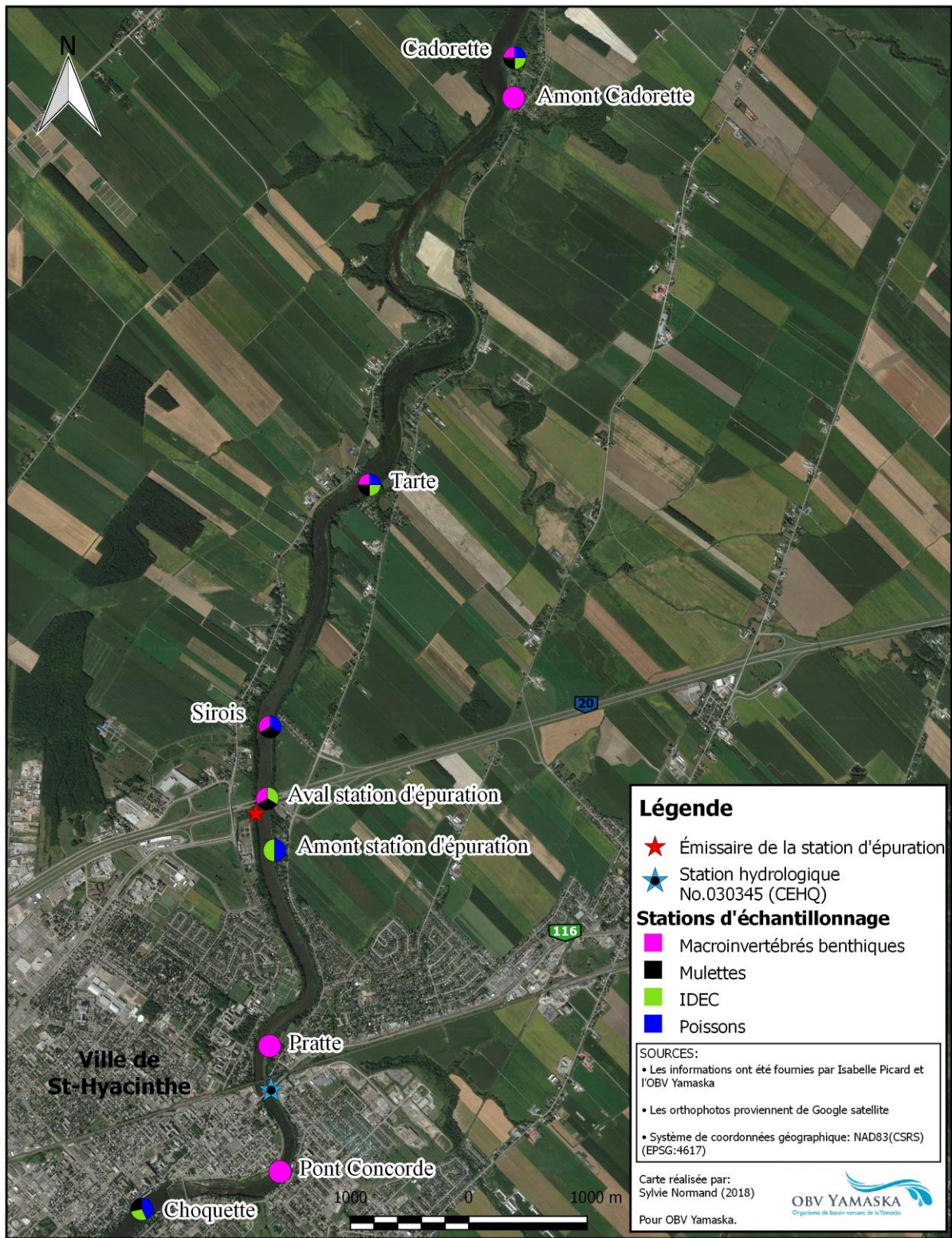
## 2. Méthodes

### 2.1. Choix des stations

Préalablement aux inventaires, des stations ont été choisies selon leur position par rapport au déversement, la présence de relevés historiques comparatifs et leur accessibilité à partir de la rive. Afin de permettre l'application des protocoles standardisés pour les poissons, les mulettes, l'IDEC et le benthos, ces stations devaient également comporter des zones de faible profondeur. Notons que quatre stations ont été sélectionnées au départ pour le relevé de poissons de juillet 2016. Cependant, une station a été abandonnée par la suite et deux autres stations ont été ajoutées pour cinq stations suivies pour les poissons. Un total de neuf stations a ainsi été inventorié pour un ou plusieurs indicateurs (tableau 1 et figure 1).

**Tableau 1.** Liste des stations d'échantillonnage

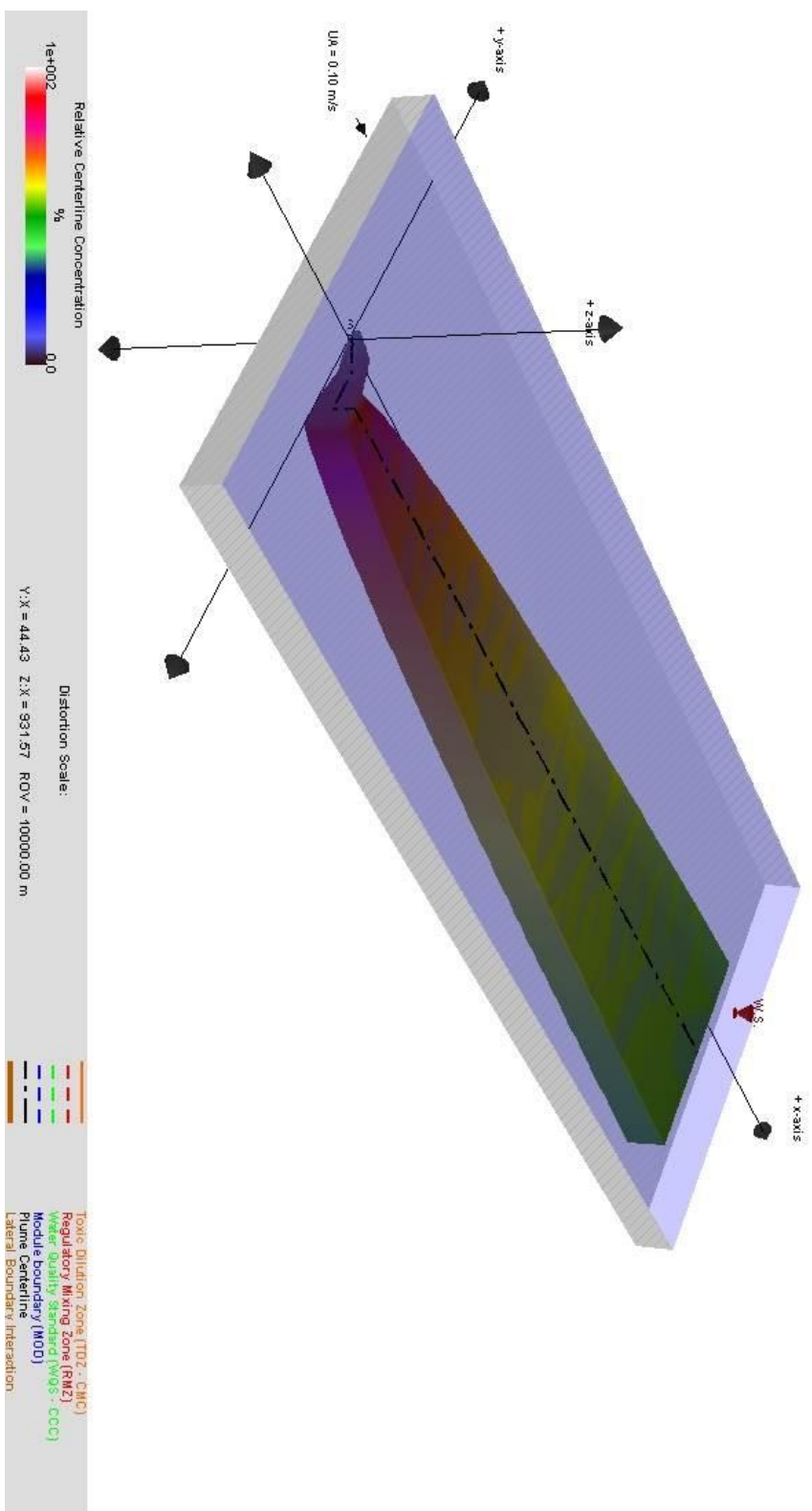
Nom de la station	Latitude	Longitude	Poissons (juillet 2016)	Poissons (sept. 2016 et 2017)	Mulettes	IDEC	Benthos
Choquette	45°37'09,3''N	-72°57'18,2''O		X	X	X	
Pont Concorde	45°37'17,3''N	-72°56'37,9''O					X
Pratte	45°37'52,8''N	-72°56'25,7''O					X
Amont-station d'épuration	45°38'47,3''N	-72°56'25,6''O	X			X	
Aval-station d'épuration	45°38'58,7''N	-72°56'27,1''O	X	X	X	X	X
Sirois	45°39'18,3''N	-72°56'26,6''O	X	X	X		X
Tarte	45°40'25,4''N	-72°55'25,6''O	X	X	X	X	X
Amont-Cadorette	45°42'11,3''N	-72°54'49,8''O					X
Cadorette	45°42'20,3''N	-72°54'48,7''O		X	X	X	X



**Figure 1.** Stations d'échantillonnage sélectionnées en aval et en amont du site de déversement d'eaux usées de l'usine d'épuration de Saint-Hyacinthe.

Une évaluation basée à la fois sur un logiciel de modélisation de dispersion d'effluent (CORMIX 10.0GT) et d'équations semi-empiriques sur le mélange en rivière nous permet d'en arriver à la conclusion que pour les conditions qui prévalaient au jour du déversement, le plein mélange des eaux de surverses a dû avoir lieu à plus de 5 km de l'émissaire. Probablement entre 5 et 10 km, notamment favorisé par la présence de méandres et de rapides dans le secteur du rapide Plat à environ 5 km de l'émissaire (Vincent Veilleux, MDDELCC, *comm. pers.* août 2016). On peut ainsi considérer que les stations situées en aval de l'émissaire et prélevées au centre de la rivière étaient localisées à l'intérieur du panache des eaux de surverses. Tandis que celles situées en bordures de la rivière seraient directement situées dans le panache seulement au niveau de la station Cadorette et Amont Cadorette.





**Figure 2.** Simulation de la distribution du panache  
 (Vincent Veilleux, MDDELCC, comm. pers. août 2016).

## 2.2. Caractérisation des habitats

Lors des différents inventaires, des fiches terrains standardisées ont été utilisées pour caractériser les stations. Bien que les fiches diffèrent selon les organismes étudiés, les principales variables qui ont été documentées comprenaient :

- 1) Date et heures, observateurs, météo
- 2) Engin (s) utilisé (s), durée d'échantillonnage, Longueur et largeur de la station échantillonnée et/ou superficie échantillonnée (m<sup>2</sup>), profondeurs échantillonnées (minimum-maximum en m))
- 3) Localisation de la station (station échantillonnée, coordonnées)
- 4) Composition du substrat (au 5% près selon une évaluation visuelle : % de recouvrement relatif de chaque type selon les catégories standardisées de taille) et degré de sédimentation relatif (selon les classes relatives suivantes : nulle, faible, moyenne, forte)
- 5) Caractéristiques des herbiers aquatiques (% de recouvrement (au 5% près) des plantes aquatiques macrophytes dans les strates submergées, flottantes et émergées et identification des principales espèces)
- 6) Densité relative des algues (non macrophytes selon les classes relatives suivantes : nulle, faible, moyenne, forte)
- 7) Caractéristiques des berges (% recouvrement d'arbres, d'arbustes, d'herbacées et de sol nu sur la berge, de même qu'une description et une évaluation relative de la stabilité (instable, modérément stable, stable, stabilisée artificiellement))
- 8) Ombrage relatif du plan d'eau (selon les catégories suivantes : ombragé, partiellement ombragé, ouvert)
- 9) Caractéristiques physicochimiques à l'aide d'un multimètre YSI à environ 50 cm de profondeur au centre de la station (température, conductivité, oxygène dissous et pH)
- 10) Photographie de la station

Les caractéristiques exactes notées pour chaque relevé sont disponibles dans le fichier Excel contenant les données brutes et les fiches terrain utilisées sont disponibles sur demande. Les photographies de référence des stations sont quant à elle présentées en annexe 1.

Les stations avaient des caractéristiques physiques comparables. Les substrats étaient variables et constituées majoritairement de sable, de gravier et de limon, avec parfois un peu de galet. Les rives étaient plus artificialisées en amont, forestières au centre et composées surtout de friche en aval (tableau 2). La majorité des stations avaient des herbiers aquatiques submergés et les superficies des herbiers dans chaque station étaient globalement plus importantes en 2016 qu'en 2017 pour une même station. Finalement, l'ombrage de la station était variable.

**Tableau 2.** Principales caractéristiques physiques des stations d'échantillonnage choisies

Nom de la station	Substrat dominant	Substrat co-dominant	Berges	Ombrage relatif du plan d'eau	Présence d'un herbier aquatique (type dominant)
Choquette	Argile/limon	Sable	Artificialisées	Partiellement ombragé	Oui (submergé)
Pont Concorde	Galet/Sable <sup>1</sup>	Gravier <sup>1</sup>	Forêt/résidentiel	Ouvert	N/A <sup>1</sup>
Pratte	Sable/gravier <sup>1</sup>	Galet <sup>1</sup>	Forêt/résidentiel	Partiellement ombragé	N/A <sup>1</sup>
Amont-station d'épuration	Argile/limon	Galet	Forêt	Partiellement ombragé	Oui (submergé)
Aval-station d'épuration	Sable	Argile/limon	Forêt	Partiellement ombragé	Oui (flottant et submergé)
Sirois	Sable	Argile/limon	Forêt	Ombragé	Non (< 10% submergé)
Tarte	Sable	Gravier	Forêt	Partiellement ombragé	Oui (submergé)
Amont-Cadorette	Gravier/galet <sup>1</sup>	Sable <sup>1</sup>	Forêt/Friche	Ouvert	N/A <sup>1</sup>
Cadorette	Sable	Gravier	Friche	Ouvert	Oui (submergé)

<sup>1</sup> Ces stations ont été inventoriées seulement pour le benthos. Les caractéristiques ont été relevées seulement au centre où les échantillonnages ont eu lieu. A priori, les substrats auraient été plus fins et les herbiers probablement présents si les caractéristiques avaient été notées en rive comme pour les autres stations.

Au niveau des caractéristiques physicochimiques, notons que celles-ci bien que variables sont comparables entre les différentes stations lors d'un même relevé. La température et la conductivité était globalement plus élevées lors des relevés effectués en 2016 qu'en 2017 alors que l'oxygène dissous était un peu plus faible en 2016.

Les données hydrologiques de la station 030345 située à 1,8 km en aval du barrage (figure 1) ont quant à elles été obtenues auprès du CEHQ (2018) pour chaque date d'inventaire et sont présentées en annexe 2. Globalement, les niveaux d'eau (m) et les débits d'eaux (m<sup>3</sup>/sec) sont restés bas et inférieurs aux moyennes mensuelles, sauf pour le relevé de mulettes du 11 septembre 2017 où le niveau et le débit étaient légèrement supérieurs aux moyennes saisonnières.



## 2.3. Poissons

Trois relevés ont été réalisés pour les poissons conformément à la planification initiale. Le premier relevé a été effectué les 14 et 15 juillet 2016, soit environ 2 semaines après le déversement d'eaux usées et le deuxième, les 4 et 5 septembre 2016. En 2017, l'inventaire a eu lieu les 2 et 4 septembre 2017, soit à des dates similaires du relevé automnal 2016.

La technique retenue pour les inventaires a été la pêche électrique à gué sur une longueur de rive de 50 m. Cette longueur de station a été choisie pour permettre la comparaison des relevés avec ceux réalisés par le MDDELCC en 1999, 2003 et 2007 dans certaines des stations (Richard, 2014 ; La Violette, 1999). Notons que certains des relevés du MDDELCC avaient été effectués en bateau à certaines stations et non à gué. Toutefois, bien que les pêches par bateau soient susceptibles de capturer de plus gros poissons, l'abondance de poisson est probablement comparable entre les deux méthodes (La Violette, 1999). La largeur et les profondeurs de la station inventoriée variaient selon la bathymétrie de chaque station, mais les zones inventoriées pour les différents relevés d'une même station étaient cependant conservées entre les relevés. En effet, les limites des stations étaient marquées sur le terrain lors du premier relevé et conservées par la suite lors des relevés subséquents. La standardisation des relevés s'est ainsi concentrée sur la zone inventoriée et les dates d'inventaire similaires pour l'automne 2016 et 2017. Ceci aura permis de limiter la variabilité des caractéristiques physiques des stations entre les relevés.

Les conditions hydrologiques étaient également similaires durant les échantillonnages, le niveau étant toujours compris entre 25,23 et 25,53 m lors des relevés (CEHQ, 2018 ; annexe 2). Les débits étaient quant à eux un peu plus variables et compris entre 9 et 21 m<sup>3</sup>/s, mais toujours inférieurs aux moyennes mensuelles historiques de juillet et de septembre qui dépassent 28 m<sup>3</sup>/sec (CEHQ, 2018 ; annexe 2). Bien que les caractéristiques physicochimiques étaient quelques peu différentes selon les dates d'inventaires, elles sont considérées comparables entre les stations effectuées lors d'une même période et il est peu probable que les différences aient affecté de façon majeure le nombre de captures.

À l'intérieur de chaque station, toute la zone était parcourue de l'aval à l'amont en faisant des allers-retours perpendiculaires à la rive pour capturer tous les poissons à l'aide d'un appareil de pêche électrique portatif (figure 3). Pour réaliser cet inventaire, un appareil de pêche électrique à port dorsal de modèle Hall-Tech 2000 a été utilisé. La technique de la pêche électrique consiste à envoyer un courant électrique dans l'eau afin de paralyser les poissons durant quelques secondes. Ils sont aussitôt récoltés à l'aide d'une épuisette en matière isolante et placés dans une chaudière remplie d'eau. Lorsque la force du courant électrique est bien réglée et l'appareil bien utilisé, le taux de mortalité des poissons est presque nul. Dans le présent inventaire, l'appareil a été ajusté à 80 volts et 150 pulsations/minute, sauf pour la station Cadorette le 5 septembre 2016 où le nombre de volts a été augmenté à 100 à cause de la faible réactivité des poissons. Les efforts de pêche ont été mesurés en nombre de minutes de pêche au total, soit le nombre de minutes où la pêche a été réalisée incluant les quelques arrêts de l'appareil. Les efforts de pêche ont varié selon les stations, mais ils étaient en moyenne de 36 minutes (voir tableau 3 pour les valeurs exactes). La variation du nombre de minutes de pêche entre les relevés est principalement causée par le nombre de poissons présents lors des relevés, des conditions lors des inventaires et non des différences dans la technique de pêche, qui a été conservée entre les relevés. Pour 2017, le nombre de minutes exactes d'application du courant électrique a également été noté, pour une valeur de 6 à 10 minutes inférieure à la durée totale de pêche. Cette différence correspond en fait aux pauses entre les applications du courant électrique lors de la pêche. Comme il n'a pas été possible de faire une correspondance exacte entre la durée de pêche totale et la durée d'application du courant électrique, et pour permettre la comparaison des données dans le temps entre les relevés, la durée totale de pêche a été utilisée pour les calculs du nombre de captures par unité d'effort (PUE) et de la biomasse par unité d'effort (BUE). Notons que ce choix a pour effet de surestimer l'effort de pêche, et de sous-estimer donc le PUE et le BUE. Ce biais est réputé toutefois être relativement constant entre les relevés d'une même station, puisque le nombre de minutes de pêche, la vitesse de marche et la durée des pauses étaient principalement influencés par les caractéristiques physiques (bathymétrie, substrat, obstacles) des zones inventoriées qui étaient semblables entre les relevés.



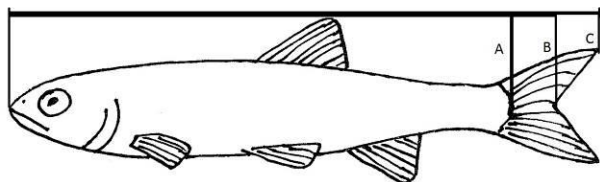
**Figure 3.** Illustration d'une scène de pêche électrique. (Photo : Isabelle Picard)

**Tableau 3.** Coordonnées et efforts de pêche pour les stations inventoriées en 2016 pour les poissons.

Nom de la station	Coordonnées		Durée totale de la pêche en minutes (durée d'application du courant électrique en minutes)		
	Amont	Aval	Juillet 2016	Septembre 2016	Septembre 2017
Choquette	45°37'10,2''N ; 72°56'17,2''O	45°37'08,4''N ; 72°56'19,1''O	NR	30	23 (13)
Amont-station épuration	45°38'46,4''N ; 72°56'25,6''O	45°38'48,2''N ; 72°56'25,7''O	32	NR	NR
Aval-station épuration	45°38'59,8''N ; 72°56'27,4''O	45°38'57,7''N ; 72°56'26,9''O	43	40	25 (19)
Sirois	45°39'19,2''N ; 72°56'26,8''O	45°39'17,5''N ; 72°56'26,5''O	35	40	30 (23)
Tarte	45°40'25,8''N ; 72°55'44,9''O	45°40'24,8''N ; 72°55'47,3''O	35	60	40 (30)
Cadorette	45°42'21,1''N ; 72°54'48,7''O	45°42'19,4''N ; 72°54'48,7''O	NR	45	31 (25)

Tous les poissons capturés étaient ensuite identifiés à l'espèce, mesurés individuellement et examinés dans un petit aquarium sur le terrain pour détecter les anomalies majeures et pour procéder à la prise

de photo de références. Des photographies de références étaient effectuées pour un sous-échantillon de référence pour valider les notes sur les anomalies et les identifications réalisées sur le terrain. La longueur à la fourche a été mesurée à l'aide d'une règle à poisson au millimètre près (figure 4). Cette mesure a été choisie, plutôt que celle de la longueur totale, étant donné la présence d'érosion de nageoire caudale qui rend difficile la mesure de la longueur totale pour les spécimens atteints. Les anomalies étaient notées selon des catégories standardisées sur le terrain pour tous les individus vivants (voir annexe 3) et l'examen de santé a été effectué par la même personne pour tous les relevés pour limiter les biais. Pour l'analyse, les anomalies étaient ensuite regroupées selon leur origine environnementale (anomalies de type DELT : déformation, érosion, lésion, tumeur) ou non (parasites, blessures traumatiques, etc.) (figures 5 et 6). Les poissons étaient ensuite immédiatement remis à l'eau après les manipulations. Les individus morts durant les manipulations ont été récoltés. Notons que les raseux-de-terre (*Etheostoma sp.*) n'ont pas été identifiés à l'espèce, de même que les Méné pâles (*Notropis volucellus*) et Méné pailles (*Notropis stramineus*) étant donné les difficultés d'identification sur le terrain. Pour ces deux groupes, les deux espèces ont ainsi été regroupées dans la même catégorie, malgré le fait que deux espèces puissent être présentes.



**Figure 4.** Mesures de longueur de poissons  
(A = longueur standard et B = longueur à la fourche, C = longueur totale)

Initialement, le protocole prévoyait la mesure individuelle du poids de tous les poissons capturés pour estimer à la fois la biomasse totale par station et la biomasse par espèce par station. Or, le poids très faible de la majorité des captures rendait cette mesure de poids impossible pour les poissons de moins de 40 mm dues aux limites techniques de l'appareil utilisé en 2016. De plus, un dysfonctionnement dans la balance électronique de précision en 2016, pendant la deuxième journée de l'inventaire de juillet, a empêché de terminer les pesées individuelles des poissons de deux stations. On a donc eu recours à la pesée des poissons regroupés à quelques reprises et à une estimation des poids individuels. La méthode d'estimation des poids utilisée en 2016 est présentée de façon détaillée à l'annexe 4. Notre modèle d'estimation de la biomasse à partir des classes de taille aurait une erreur d'au

maximum 10% pour un relevé donné (annexe 4), ce qui est considéré minime. En 2017, une balance plus précise a été utilisée et les poissons ont été tous pesés individuellement à quelques exceptions près (oublis). L'estimation obtenue du poids selon les classes de tailles en 2016 était alors utilisée.

Les données ont ensuite servi à calculer le nombre de prises par unité d'effort (PUE), soit le nombre de poissons capturés par minute de pêche, et la biomasse par unité d'effort (BUE), soit le poids total des captures par minute de pêche. Ces données ont permis de calculer l'indice de Well-Being (IWB). L'Indice de Well-being (IWB) est calculé à l'aide d'une formule mathématique qui incorpore à la fois l'abondance, la biomasse et l'indice de diversité de Shannon.

L'indice d'intégrité biotique (IIB) de chaque station a ensuite été calculé selon les critères adaptés pour le Québec dans l'étude de Richard (2014) (tableau 4). Cet indice se base sur sept critères, valant de 5 à 10 points chacun. Le total des cotes des critères est ensuite additionné et multiplié par 1,5 pour un total potentiel de 60. Le total obtenu est comparé aux catégories déterminées pour l'IIB (tableau 5). Le détail des calculs de l'IWB, de l'IIB et leurs composantes est disponible à l'annexe 4. Pour plus d'informations, il faut se référer à la méthodologie présentée dans Richard (1996).

**Tableau 4.** Critères et cotes associées à chacune des variables utilisées pour former l'indice d'intégrité biologique (IIB) à partir des communautés piscicoles (tiré de Richard, 2014).

Numéro du critère	Variable	Cotes		
		Excellente (5) ou (10) <sup>1</sup>	Moyenne (3) ou (6) <sup>1</sup>	Faible (1) ou (2) <sup>1</sup>
1	IWB-IWBm <sup>1</sup>	0-0,5	0,6-1,0	≥ 1,1
2	Nombre de catostomidés	≥ 2	1	0
3	Nombre d'espèces intolérantes	≥ 3	2-1	0
4	Abondance relative d'omnivores	≤ 19 %	20-45 %	≥ 46 %
5	Abondance relative de cyprinidés insectivores	≥ 46 %	45-20 %	≤ 19 %
6	Abondance relative de piscivores	≥ 5,1 %	5,0 – 1,0	≤ 0,9 %
7	Proportion avec anomalies de type DELT	≤ 2,0%	2,1 – 5,0 %	≥ 5,1 %

<sup>1</sup> Le critère 1 compte pour le double de la valeur.

**Tableau 5.** Catégories associées des valeurs de l'IIB (classes tirées de Richard, 2014)

Valeur de l'IIB	Classe d'intégrité
Plus de 57	Excellente
48 à 54	Bonne
39 à 45	Moyenne
27 à 36	Faible
12 à 24	Très faible





**Figure 5.** Exemples d'anomalies observées chez les poissons dans les stations de la rivière Yamaska comptabilisés dans les taux d'anomalies dues à l'environnement.

A (en haut à gauche) : Érosion très légère sur la nageoire dorsale d'un meunier noir juvénile. B (en haut à droite) : Déformation des rayons de la nageoire dorsale d'un meunier noir juvénile. C (au centre à gauche) : Érosion d'une nageoire dorsale d'un chevalier blanc juvénile. D (au centre à droite) Érosion de la nageoire caudale d'un meunier noir juvénile, accompagnée de lésions. E (en bas à gauche) Déformation des rayons de la nageoire dorsale d'un achigan à petit bouche juvénile. Notez aussi l'érosion légère de la nageoire caudale. F (en bas à droite) : Déformation de la nageoire caudale d'un meunier noir juvénile. (Photos : Isabelle Picard)





**Figure 6.** Autres types d'anomalies notées chez les poissons de la rivière Yamaska, non attribuables à l'environnement.

A (haut à gauche) Sangsue sur la nageoire caudale d'un crapet de roche. B (en haut à droite) Blessure d'origine probablement traumatique sur la nageoire caudale d'un meunier noir. C (au centre à gauche) Lésion probablement traumatique sur le pédoncule caudale d'un meunier noir adulte. D (au centre à droite) Dépigmentation chez un crapet de roche. E (en bas à gauche) Point noir sur le corps (droite) et petite lésion (gauche) d'origine inconnue sur le pédoncule caudal d'un meunier noir juvénile. F (en bas à droite) Taches noires sous-cutanées sur le corps d'un achigan à petite bouche juvénile. (Photos : Isabelle Picard)



## 2.4. Mulettes

L'inventaire des mulettes (mollusque indigènes de la famille des Unionidés, appelés communément moules d'eau douce) a été réalisé par la recherche active en eau peu profonde à l'aide d'un aquascope. En 2016, les inventaires ont été réalisés le 6 juillet 2016 pour la station Sirois et le 8 septembre 2016 pour les quatre autres stations. En 2017, les inventaires ont été réalisés les 11, 12 et 13 septembre 2017. À ce moment, les conditions nécessaires à la bonne tenue d'un inventaire de mulettes étaient rassemblées. Les niveaux d'eau étaient bas (annexe 2) et les températures de l'eau étaient supérieures à 18 °C, ce qui est conforme aux conditions d'inventaire considérées adéquates pour les inventaires de mulettes (Mackie et coll., 2008). L'inventaire de type qualitatif a été réalisé par la recherche active des coquilles et individus vivants de mulettes à la surface du substrat en suivant les protocoles recommandés pour les mulettes (Mackie et coll., 2008 ; Metcalfe et coll., 2000 ; Strayer et Smith, 2003 ; Smith, 2006). Le but visé était d'inventorier les populations de mulettes, de déterminer le potentiel du site et l'abondance relative des espèces présentes, sans objectif de détermination de densité.

La recherche active à l'aide d'un aquascope a été réalisée à des profondeurs de 0 à 1 m environ en partant de l'aval vers l'amont et par des transects en forme de « S » partant de la rive vers le centre de la rivière. L'effort total de recherche aura été standardisé à 45 minutes par station, soit 0,75 heure-personne par station. La durée de recherche a été identique entre les relevés et a constitué la base de la standardisation des relevés tout comme le prévoit le protocole de Mackie et coll. (2008). Notons toutefois que cet effort d'inventaire est inférieur à la durée recommandée de 4,5 h/personne qui permettrait de détecter l'ensemble des espèces rares à une station (Mackie et coll., 2008). Tous les inventaires ont été réalisés par la même observatrice (Isabelle Picard) ayant 15 ans d'expérience en inventaire de mulettes. La superficie inventoriée a été notée et aura varié légèrement de 250 à 300 m<sup>2</sup>, principalement due aux abondances d'individus vivants observés, légèrement différentes entre les stations et les relevés. Les différences sont considérées négligeables compte tenu de la standardisation du temps de recherche active et du fait que le même observateur a effectué l'ensemble des inventaires. Les individus vivants étaient identifiés, comptabilisés et remis à l'eau à l'endroit exact de leur capture. Des photographies ont été prises pour référence. Au moins une photographie standardisée par espèce

devait montrer une face latérale et, une autre, la face dorsale avec la sculpture des sommets visibles (figure 7). Les coquilles vides étaient ramenées vers la berge, triées, identifiées et comptabilisées (figure 8). La qualité de la nacre (mortalité récente ou vieille coquille) a été évaluée pour chaque spécimen. De plus, pour chaque spécimen, on indiquait s'il s'agissait d'une coquille complète, d'une demi-coquille ou d'un fragment. Un sous-échantillon de coquilles vides de référence a été récolté pour référence future.



**Figure 7.** Exemple de photographie standardisée d'un Grand anodonte (*Pyganodon grandis*). Photo de la vue latérale à gauche et de la vue dorsale à droite (Photo : Isabelle Picard)



**Figure 8.** Coquilles vides trouvées à la station Sirois le 6 juillet 2016 (Photo : Isabelle Picard)

## 2.5. IDEC

Les échantillons pour l'analyse de l'Indice Diatomées de l'est du Canada ont été récoltés le 7 juillet et le 7 septembre 2016 ainsi que le 13 septembre 2017 pour un total de 12 échantillons à 5 stations différentes. Les échantillonnages ont donc été réalisés 9 jours, deux mois et plus d'un an après la journée du déversement.

Un échantillon composite de 5 roches a été prélevé en grattant, à l'aide d'une brosse à dent, le tapis d'algues accumulées sur la surface des roches. Les roches ont été échantillonnées sur une distance d'environ 50 m. Le matériel prélevé a été déposé dans un contenant avec un peu d'eau de la rivière. Les échantillons ont été préservés avec du Lugol et gardés au frais (4°C) et dans l'obscurité jusqu'au moment du traitement en laboratoire. Les échantillons ont été traités au Laboratoire de recherche sur les bassins versants de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour les échantillons 2016 et par Isabelle Lavoie de l'INRS pour les échantillons 2017 avec la même méthodologie. Ils sont d'abord digérés au peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) à 30 %. La suspension contenant les diatomées est ensuite montée sur lamelle pour l'analyse au microscope. L'identification et le comptage des valves de diatomées sont réalisés à un grossissement de 1000x (ou plus) avec un microscope muni d'un système de contraste interférentiel différentiel (DIC). Environ 400 valves sont identifiées pour chaque échantillon par balayage systématique de la lamelle. L'identification des espèces est réalisée à l'aide du Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada qui est distribué par les Presses de l'Université du Québec. Les cours d'eau de l'Est du Canada comptent plus de 540 espèces de diatomées. Toutefois, l'identification des 271 taxons les plus abondants est suffisante pour le calcul de l'IDEC, ce qui simplifie les connaissances taxonomiques nécessaires et le temps d'analyse (Campeau et Dubuc, 2015).

## 2.6. Benthos

Les échantillons d'invertébrés aquatiques benthiques (benthos) ont été récoltés le 17 septembre 2016 et le 16 septembre 2017. Afin de permettre une meilleure interprétation des résultats, au total sept stations ont été inventoriées, plutôt que seulement les cinq stations choisies pour les poissons, les moules et l'IDEC (tableau 1). La station Choquette possédant des substrats trop fins n'a pu être inventoriée pour le benthos (tableau 2). La méthodologie standardisée du Réseau Canadien de Biosurveillance Aquatique (RCBA) a été choisie comme méthode pour l'échantillonnage, puisqu'elle est applicable à de grandes rivières. Cette méthode est utilisée à grande échelle non seulement au Canada, mais s'inspire de protocoles utilisés ailleurs dans le monde (Environnement et Changements climatiques Canada, 2016 ; Environnement Canada, 2014 ; Environnement Canada, 2012). Elle consiste à brasser le substrat à l'aide de ses pieds tout en se déplaçant en zigzag d'aval vers amont durant une période chronométrée de 3 minutes. Tous les invertébrés benthiques délogés sont ainsi entraînés dans un filet troubleau sous l'action du courant. Une fois la période de brassage terminée, le contenu du filet est soigneusement transféré dans un sceau à fond grillagé à mailles de 600 µm. Par la suite, l'échantillon est rincé afin d'extraire les feuilles, roches ou autres gros débris, puis retransféré dans un pot d'échantillon identifié et rempli d'alcool 95%. Le protocole exact suivi pour l'échantillonnage sur le terrain est décrit en détail dans le manuel de terrain d'Environnement Canada (2012). Il est à noter que l'échantillonnage n'a pas été fait en se déplaçant d'une berge à l'autre comme le protocole le suggère puisque la rivière Yamaska ne le permettait pas de par sa largeur. L'effort d'échantillonnage a plutôt été ciblé sur la zone du panache du déversement, donc plus au centre de la rivière. Les zones inventoriées pour les relevés 2016 et 2017 d'une même station étaient conservées entre les années.

En laboratoire, le contenu de l'échantillon était directement transvidé et étendu uniformément sur la partie grillagée d'un plateau de fractionnement au maillage de 600 µm, de 24 cm par 36 cm. Par la suite, le plateau était déposé dans un grand plat émaillé remplis d'eau, de façon à ce que le matériel contenant les organismes soit recouvert afin d'éviter leur dessèchement. À l'aide d'un emporte-pièce de 6 cm par 6 cm, un carreau du plateau de fractionnement était sélectionné aléatoirement. La répartition des organismes chevauchant 2 carreaux était décidée en fonction de la position de la tête ou, dans le cas des diptères ou oligochètes, selon où se trouvait la plus grande partie de son corps. Par

la suite, avec une cuillère, le sous-échantillon était placé en petite partie dans un plateau Bogorov. De l'eau était ajoutée, et avec une pincette et un pic, le matériel était distribué dans le plateau. Ensuite, le matériel était inspecté sous une loupe binoculaire 10x et les organismes étaient placés dans de petits pétris et identifiés. Chaque sous-échantillon était trié en sa totalité jusqu'à ce qu'un minimum de 200 organismes soient récupérés. Plusieurs documents ont été utilisés pour l'identification (ex : Merritt et coll., 2008 ; Bouchard, 2004 ; Peckarsky et coll., 1990 ; Smith, 2001), tout en se basant sur Moisan (2010). Chaque échantillon était inspecté au moins deux fois. Les invertébrés étaient placés dans des fioles contenant de l'éthanol 70%. Une fois terminé, la quantité de substrat trié était notée sur une fiche papier. Le substrat trié était jeté, alors que le reste du matériel non trié était conservé. Le niveau d'identification des taxons était correspondant au niveau 2 selon le MDDEFP (2013). L'identification a ainsi été effectuée à la famille pour les insectes, les mollusques et certains crustacés, alors que les autres groupes ont été identifiés à l'ordre, à la sous-classe et à l'embranchement selon le cas (voir le tableau 2 du document de référence MDDEFP, 2013, ainsi que les tableaux des données brutes pour plus de détails).

Les résultats ont ensuite servi à mesurer l'indice de santé du benthos (ISB). Cet indice offre une cote unique qui qualifie l'état de santé des macroinvertébrés benthiques habitant un cours d'eau. Nous avons utilisé un indice de santé adapté pour les identifications de niveau 2 pour les cours d'eau à substrat grossier (MDDEFP, 2012 ; 2013). Cet indice pour les cours d'eau à substrat grossier en milieu agricole est constitué de six variables, soit : le nombre total de taxons, le nombre de taxons EPT (éphéméroptères, plécoptères et trichoptères), le pourcentage d'EPT (éphéméroptères, plécoptères et trichoptères) sans les Hydropsychidae, le pourcentage de Chironomidae, le pourcentage des deux familles dominantes et l'indice biotique d'Hilsenhoff (MDDEFP, 2012; 2013). La variante utilisée de l'indice biotique d'Hilsenhoff se base sur l'identification à la famille (FBI).

Le FBI se calcule comme suit :  $FBI = \sum x^i * t^i / n$

Où  $x^i$  = Nombre d'individus d'un taxon identifié  
 $t^i$  = tolérance de ce même taxon  
 $n$  = nombre total d'individus dans l'échantillon



La tolérance d'un taxon a été déterminée pour chaque taxon identifié selon une échelle relative de 0 (intolérant) à 8 (très tolérant) selon les cotes de tolérances suggérées par le MDDEFP (2013). Les variables ont été ensuite standardisées pour des valeurs de 0 à 100 en tenant en compte des valeurs de référence. Ces valeurs et les formules utilisées sont présentées au tableau 6. La moyenne de ces variables standardisées permet d'obtenir l'ISB. Cet indice s'accompagne d'une échelle variant de 0 à 100 qui se sépare en trois classes de qualité. Une donnée supérieure ou égale à 75 % se trouve dans la classe de qualité « bonne » et est considérée comme ayant un « bon » état de santé. Les données situées sous le biocritère appartiennent à la classe de qualité « précaire » (46 à 74%) ou « mauvaise » (< 45%) (MDDEFP, 2013).

**Tableau 6.** Critères utilisés pour le calcul de l'Indice de santé du benthos – substrat grossier (ISBg-f) – Niveau Famille (tiré de MDDEFP, 2013).

Variable ou indice (X)	Réponse prévue selon l'augmentation des perturbations	Valeur de référence	Formule de standardisation <sup>2</sup>
Nombre total de taxons (familles)	Diminution	27	$(X \div 27) \times 100$
Nombre de taxons (familles) d'EPT <sup>1</sup>	Diminution	17	$(X \div 17) \times 100$
% d'EPT <sup>1</sup> sans Hydropsychidae	Diminution	72,1	$(X \div 72,5) \times 100$
% de Chironomidae	Augmentation	4,1	$[(100 - X) \div (100 - 4,1)] \times 100$
% des deux taxons (familles) dominants	Augmentation	32	$[(100 - X) \div 100 - 32] \times 100$
FBI	Augmentation	3,04	$[(10 - X) \div (10 - 3,04)] \times 100$

<sup>1</sup> EPT = Éphéméroptères, plécoptères, trichoptères

<sup>2</sup> Bien que certaines valeurs de ces variables (non standardisées) à une station donnée puissent être supérieures à la valeur de référence, le résultat du calcul de standardisation ne peut être supérieur à 100.

## **2.7. Analyse et cartographies**

La cartographie a été réalisée à l'aide du logiciel QGIS. La majorité des calculs ont été effectués à l'aide du logiciel Excel et le détail des calculs est disponible sur demande. Finalement, les graphiques et les analyses statistiques ont été produits à l'aide du logiciel SPSS 10. Les données ont d'abord été explorées pour dégager les principales différences et ensuite comparées à l'aide de tests statistiques en regroupant les données selon différents regroupements (années, saison, relevés, stations, position amont et aval du déversement). Les différents indices ont été principalement comparés ensuite par des tests de comparaison des moyennes pour échantillons indépendants principalement des tests de T. Ceux-ci étaient modifiés lorsque les variances étaient démontrées inégales. Le seuil de signification utilisé a été de  $p < 0,05$ , mais parfois les  $p < 0,01$  ont été également discutés pour dégager quelques tendances.

Les noms latins et commun utilisés dans le présent document proviennent de la nomenclature standardisée (ex. Desroches et Picard, 2013) et les statuts proviennent de la liste des espèces à statut précaire du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC, 2018), du Gouvernement du Canada (2018), et du MFFP (2018).

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Poissons

#### 3.1.1. Comparaison générale des diversités et abondances

Un grand total de 19 espèces de poissons a été dénombré dans la rivière Yamaska en 2016 et 2017 (tableau 7). En 2016, 17 espèces avaient été capturées comparativement à 15 en 2017. Une de ces espèces, soit le Chat-fou des rapides (*Noturus flavus*), est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (MFFP, 2018). Cette espèce à statut précaire a été trouvée à la station Tarte en septembre 2016 (figure 9). Le Chat-fou des rapides n'était pas rapporté pour cette station dans les relevés récents du MDDELCC (Richard, 2014 ; La Violette, 1999) (voir annexe 5). Par contre, on retrouve une mention ancienne dans une station tout juste en aval (Mongeau, 1979). Les deux espèces de raseux-de-terre, (*Etheostoma nigrum* et *Etheostoma olmstedii*), ainsi que les ménés pâles (*Notropis volucellus*) et les ménés pailles (*Notropis stramineus*) ayant été regroupés, la diversité réelle pourrait être d'une ou deux espèces de plus.



**Figure 9.** Chat-fou des rapides (*Noturus flavus*) capturé dans la rivière Yamaska à la station Tarte, le 5 septembre 2016. (Photo : Isabelle Picard)



Quatre espèces dominent largement les échantillons autant au niveau de leur abondance relative que de leur présence dans la presque totalité des relevés : les raseux-de-terre (*Etheostoma sp.*), l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*), le fouille-roche zébré (*Percina caprodes*) et le meunier noir (*Catostomus commersoni*). Ces espèces comptent pour environ 90% des captures en juillet 2016 et environ 70% des captures en septembre 2016 et 2017. Ce sont des espèces tolérantes (raseux-de-terre et meunier noir) ou de tolérance intermédiaire (achigan à petite bouche et fouille-roche zébré) (tirés de Richard, 2014 ; La Violette et coll., 2003).

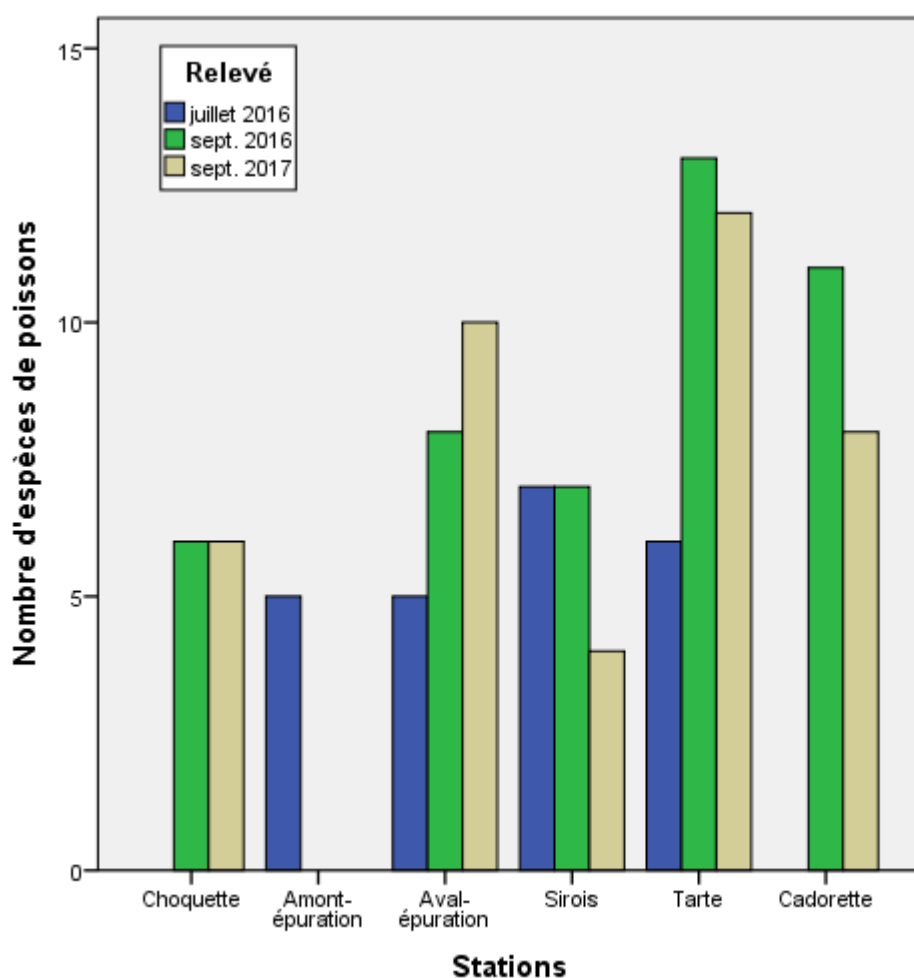
On remarque dans certains relevés la présence d'espèces anecdotiques, comme le mulot à cornes (*Semotilus atromaculatus*) présent seulement en juillet 2016, les carpes (*Cyprinus carpio*), le doré jaune (*Sanders vitreus*) et le chat-fou des rapides présents seulement en septembre 2016 et le crayon d'argent (*Labidesthes sicculus*) et la outitouche (*Semotilus corporalis*) apparaissant en septembre 2017. On remarque également à l'automne 2016 une augmentation des catostomidés (chevaliers (*Moxostoma sp.*) et meuniers noirs), et des centrarchidés (crapets soleil (*Lepomis gibbosus*) et crapets de roche (*Ambloplites rupestris*)), et une apparition du fondule barré (*Fundulus diaphanus*), bien que leur présence ait diminué à l'automne 2017 (tableau 7). La perchaude (*Perca flavescens*) semble avoir subi un déclin d'abondance puisqu'un seul spécimen a été capturé en 2016 alors que les données historiques montrent la présence de l'espèce dans les captures (Richard, 1994). Toutefois, on remarque déjà en septembre 2017 une augmentation de sa présence donc un retour à la situation initiale. Une autre espèce semble quant à elle avoir connu une diminution de son abondance, soit l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*), ainsi que le crapet soleil (*Lepomis gibbosus*). Toutefois, il est impossible de relier ces déclins directement au déversement étant donné les petits effectifs et les autres causes possibles (migrations, effets des niveaux d'eaux ou variation de la végétation aquatique, etc.)

**Tableau 7.** Nombre de poissons capturés par espèce (et biomasse (en g)) aux stations de la rivière Yamaska en 2016 et 2017.

Nom français	Nom latin	Stations inventoriées														
		CHOQUETTE			AVAL-USINE ÉPURATION			SIROIS			TARTE			CADORETTE		
		Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	-	1 (4)	5 (207,64)	0	7 (165,5)	2 (0,48)	0	1 (4)	0	4 (30,6)	11 (439,3)	6 (145,13)	-	1 (4)	1 (1,5)
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	-	1 (280)	0	8 (20,5)	20 (216)	2 (51,15)	5 (17)	2 (19)	0	5 (310)	61 (828)	9 (602,24)	-	22 (178)	3 (16,73)
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	-	0	0	0	0	1 (1,75)	2 (2,6)	0	0	0	0	2 (3,54)	-	41 (4,9)	0
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	-	0	0	0	2 (165)	0	0	0	0	0	2 (261,2)	0	-	1 (6)	0
Raseux-de-terre spp.	<i>Etheostoma nigrum/ olmstedii</i>	-	15 (10,7)	5 (3,91)	109 (29,8)	33 (74,2)	149 (119,71)	60 (11,6)	146 (185,3)	49 (49,94)	13 (11,6)	38 (59,9)	31 (39,75)	-	20 (26,1)	10 (11,96)
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	-	5 (3,7)	1 (0,66)	0	1 (0,5)	0	0	0	0	0	1 (0,5)	0	-	8 (4,1)	0
Crayon-d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	2 (0,6)
Crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	-	41 (106,7)	6 (60,86)	0	38 (62)	1 (20,2)	0	19 (31,5)	1 (26,36)	1 (1,5)	0	1 (18,73)	-	20 (53,5)	2 (22,44)
Chevalier blanc	<i>Maxostoma anisurum</i>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (20)	2 (7,82)	-	0	0
Chevalier rouge	<i>Maxostoma macrolepidotum</i>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (6)	0	-	0	0
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	-	1 (12,5)	0	29 (95,2)	16 (139,5)	8 (38,36)	15 (31)	10 (81)	8 (41,5)	33 (353)	20 (145)	5 (45,32)	-	1 (6)	1 (47,91)
Méné pâle ou paille	<i>Notropis sp. (volucellus/ stramineus)</i>	-	0	0	0	0	11 (20,83)	2 (1)	0	0	0	0	12 (15,82)	-	2 (1)	7 (12,86)

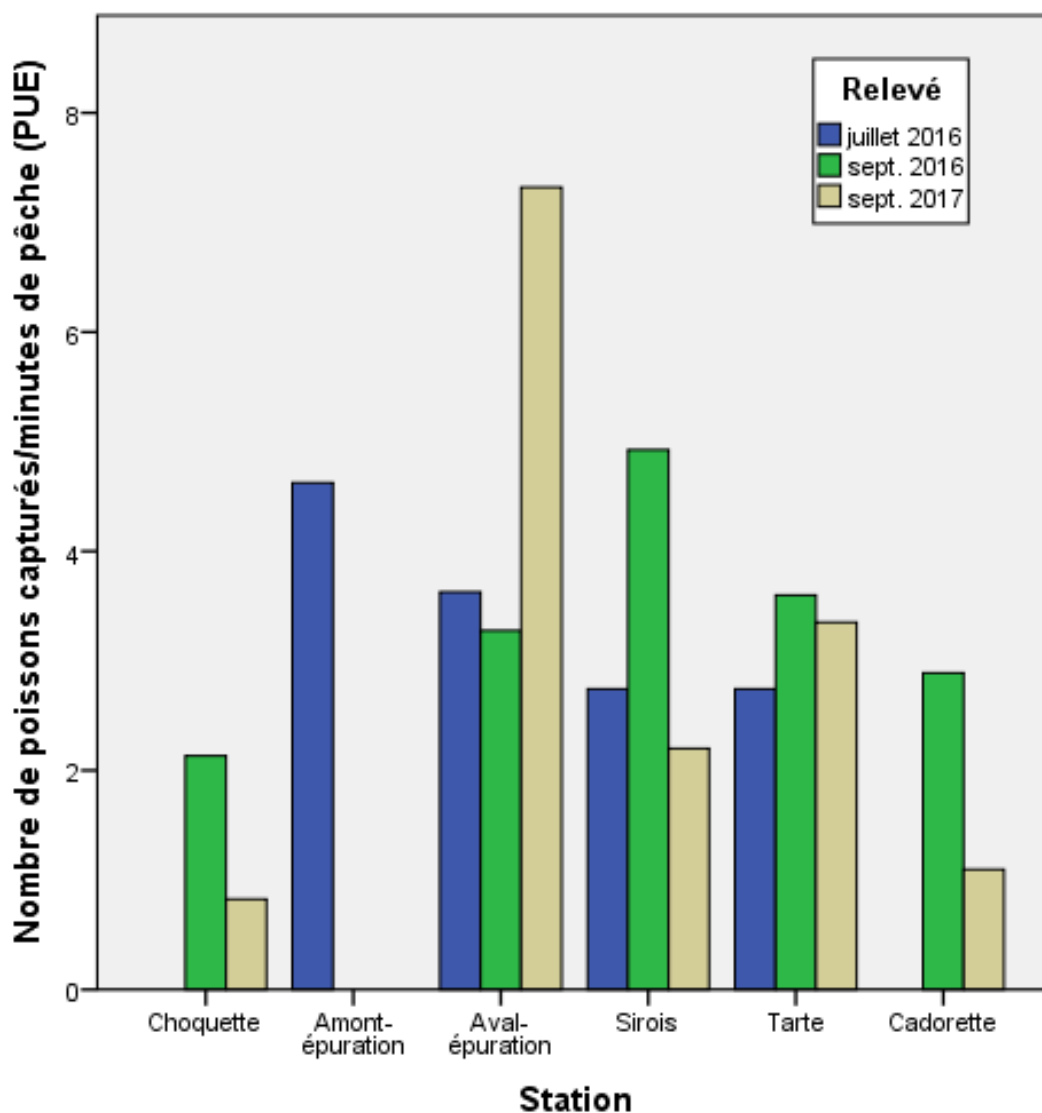
Nom français	Nom latin	Stations inventoriées														
		CHOQUETTE			AVAL-USINE ÉPURATION			SIROIS			TARTE			CADORETTE		
		Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017	Juillet 2016	Sept. 2016	Sept. 2017
Chat-fou des rapides	<i>Noturus flavus</i>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (84,2)	0	-	0	0
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	-	0	1 (3,63)	0	0	6 (34,93)	0	0	0	0	1 (6)	38 (227,8)	-	0	7 (35,13)
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	-	0	0	9 (12,5)	14 (80)	2 (14,11)	7 (9,5)	18 (73,5)	8 (31,93)	40 (86,5)	74 (303,4)	17 (101,05)	-	12 (50)	0
Méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>	-	0	1 (2,56)	0	0	1 (2)	5 (9,5)	0	0	0	1 (2,5)	7 (16,22)	-	2 (0,6)	0
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	-	0	0	0	0	0	0	1 (24,7)	0	0	1 (24,7)	0	-	0	0
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 (13,75)	-	0	0
Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	-	0	0	1 (2,5)	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
<b>Diversité totale (nombre d'espèces)</b>		-	6	6	5	8	10	7	7	4	6	13	12	-	11	8
<b>Nombre total de captures</b>		-	64	19	156	131	183	96	197	66	96	216	134	-	130	34
<b>Biomasse totale (g)</b>		-	410	280	178	910	303	90	385	150	799	2169	1237	-	313	149
<b>Effort de pêche total (minutes)</b>		-	30	23	43	40	25	35	40	30	35	60	40	-	45	31
<b>Prise par unité d'effort (PUE)</b>		-	2,13	0,83	3,44	3,28	7,32	2,74	4,93	2,2	2,74	3,6	3,35	-	2,89	1,1
<b>Biomasse par unité d'effort (BUE)</b>		-	13,67	12,17	4,14	22,75	12,12	2,57	9,63	5	22,83	36,15	30,93	-	6,96	4,81

Comme c'est le cas généralement lors de pêches standardisées (Mongeau, 1979 ; Richard, 1996), les diversités sont légèrement plus importantes à l'automne (t = 1,890, ddl = 12, p =0,096) et les stations en amont présentent des diversités plus faibles que celles plus en aval (figure 10), sauf pour le relevé de septembre 2017 à la station Sirois qui présente une diversité de poissons anormalement plus faible que les valeurs de juillet 2016 (tableau 7). Globalement, la diversité des poissons de la station en amont du barrage (choquette) est significativement plus faible que les diversités obtenues dans les stations en aval (t= 2,370, ddl = 11, p = 0,037). Bien que la diversité semble un peu plus faible entre les relevés de l'automne 2016 et de l'automne 2017, la différence n'est pas significative (p > 0,1).



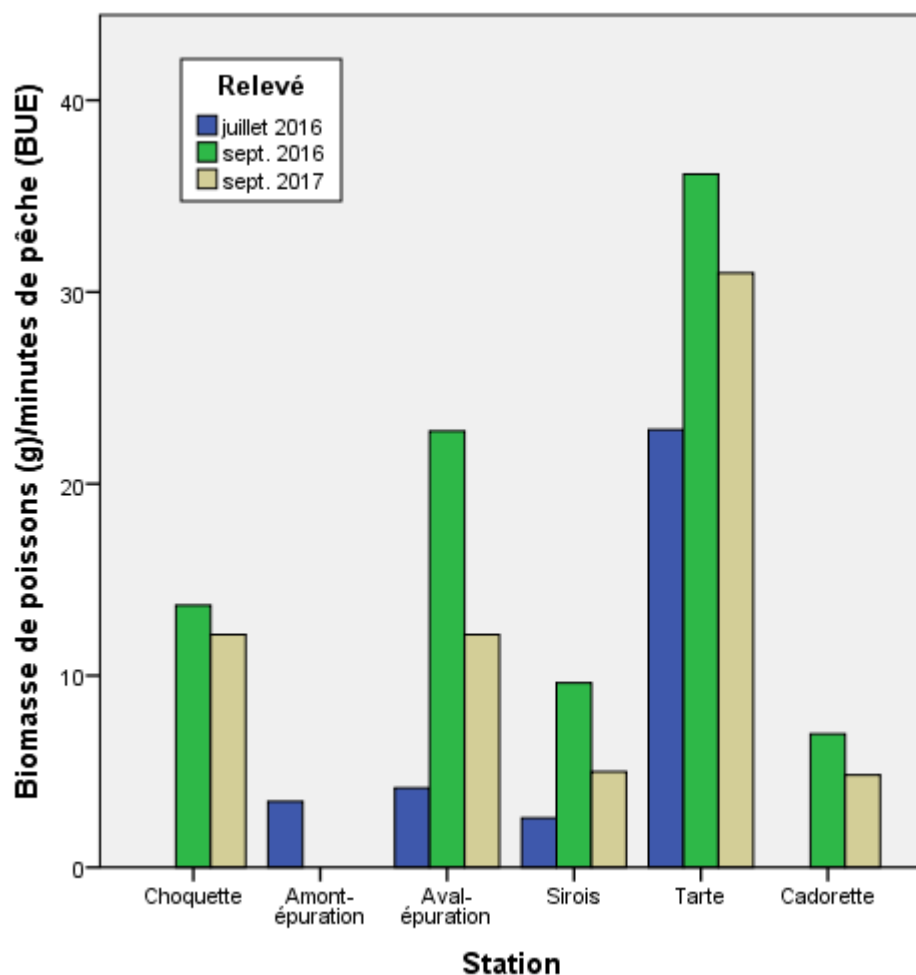
**Figure 10.** Diversité ichthyologique selon les stations et les relevés en 2016 et 2017.

Notons que pour les relevés en aval avec des données historiques (Richard, 1994. Voir annexe 5) les diversités sont plus élevées historiquement, quoique la méthode de capture (bateau électrique) est probablement en cause et il est donc difficile d'interpréter cette variation. Les abondances par unités d'efforts sont quant à elle fortement variables temporellement et géographiquement (figure 11), si bien qu'il est impossible de dégager de tendance peu importe les regroupements.



**Figure 11.** Abondance par unité d'effort (nombre de poissons capturés/minute) (PUE) selon les stations et les relevés en 2016 et 2017

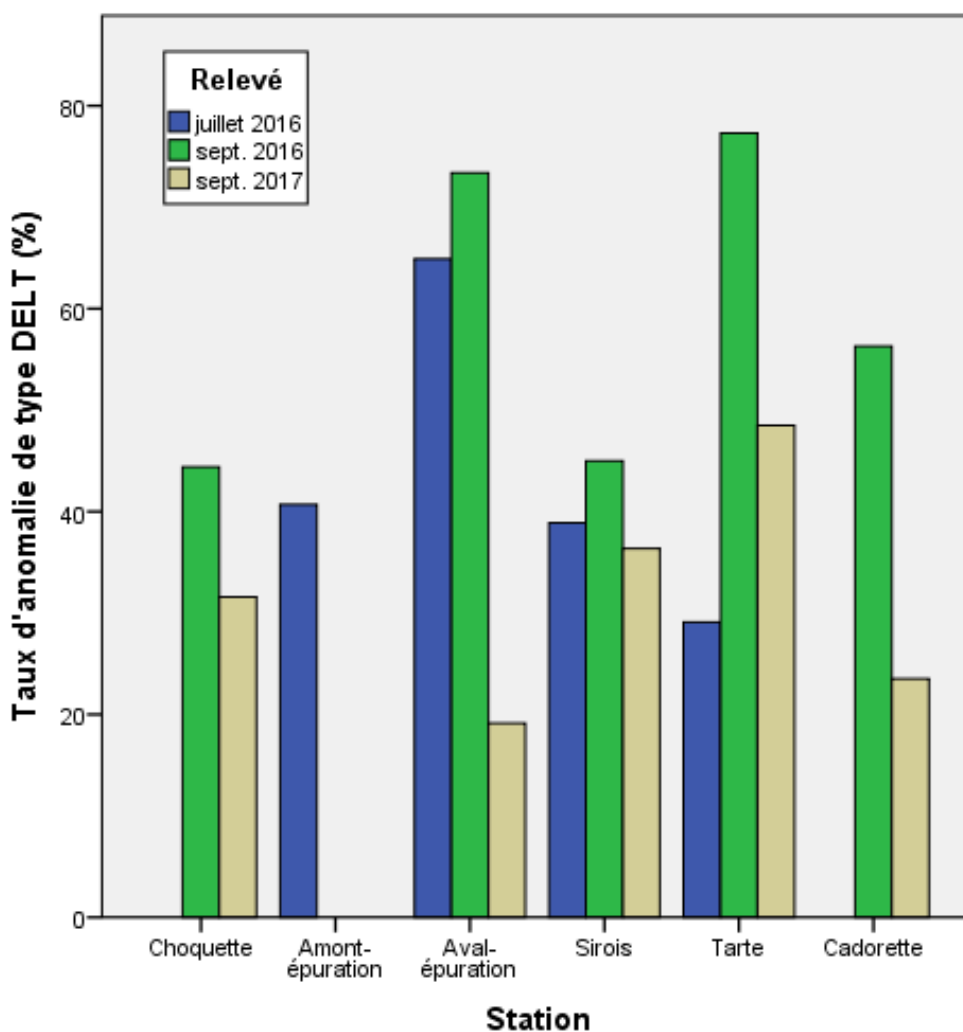
Toutefois, les biomasses par unités d'effort sont globalement plus importantes à l'automne qu'à l'été, et un peu plus faible lors du relevé de septembre 2017 que celui de septembre 2016, bien que cette différence ne soit pas significative globalement, mais seulement en comparant les stations dans le temps. Encore ici, globalement les différences ne sont pas significatives ni dans le temps ni entre la station Choquette et les stations en aval ( $p > 0,01$ ), sauf pour la portion de la biomasse attribuée aux espèces tolérantes qui est significativement plus élevée en septembre 2016 qu'en 2017 ( $t = 2,764$ ,  $ddl = 6,817$ ,  $p = 0,029$ ).



**Figure 12.** Biomasse par unité d'effort (g/min) (BUE) selon les stations et les relevés en 2016 et 2017

### 3.1.2. Anomalies externes

On remarque également des différences entre les taux d'anomalies de type DELT (figure 13). En effet, ces taux particulièrement élevés en 2016, ont toutefois diminués dans toutes les stations en 2017. Cette diminution est significative lorsqu'on compare les relevés automnaux ( $t = 3,185$ ,  $ddl = 7,382$ ,  $p = 0,014$ ) entre eux. Toutefois, la diminution n'est significativement pas plus élevée en aval comme attendu ( $p > 0,1$ ), à cause de la faible variation à la station Sirois, même si une tendance de valeur plus faibles du taux de DELT peut être observée en 2016, de même qu'une variation entre 2017 et 2016.



**Figure 13.** Taux d'anomalies de type DELT (%) aux différentes stations de la rivière Yamaska en 2016 et 2017.

### 3.1.3. Indice d'intégrité biologique (IIB)

Pour ce qui est de l'indice d'intégrité, aucune tendance significative n'a pu être observée, ni temporellement ni géographiquement ( $p > 0,1$ ). On remarque toutefois que les valeurs sont comparables aux valeurs historiques de Richard (1994) et que les indices sont globalement qualifiés de faibles (figure 14). On remarque également que les stations les plus en aval semblent avoir des indices un peu plus élevés.

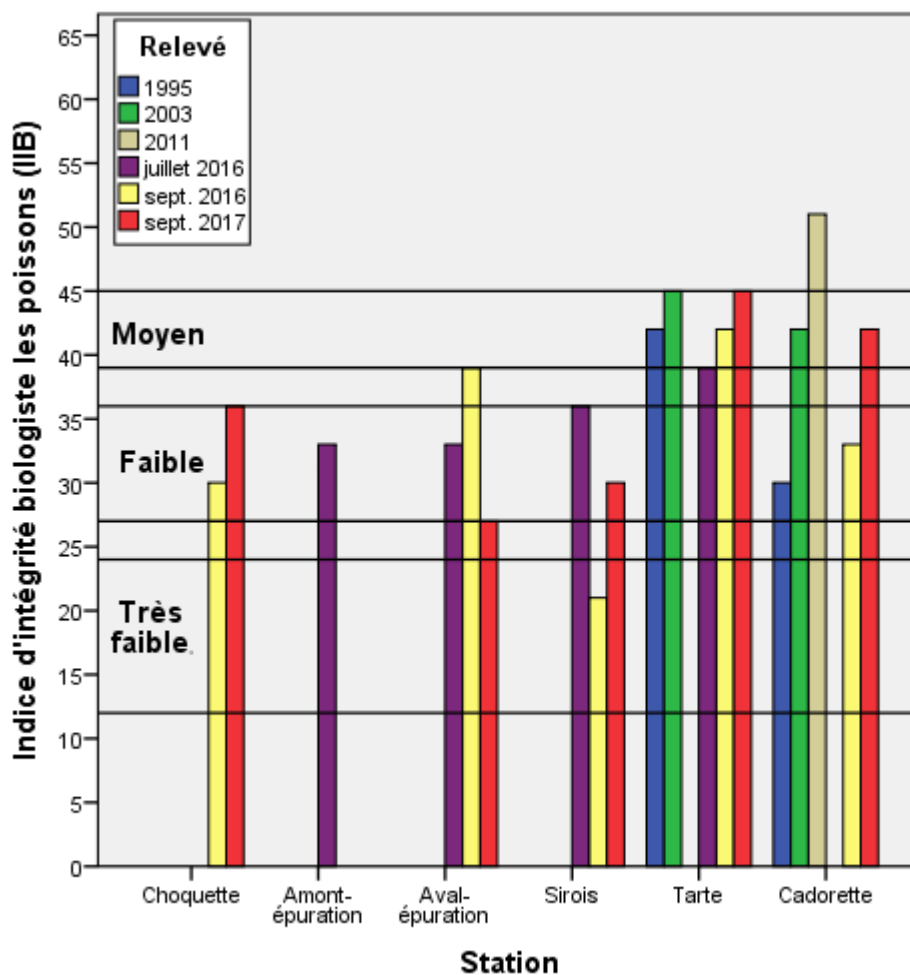


Figure 14. Indice d'intégrité biologique calculé aux stations de la rivière Yamaska en 2016 et 2017.



### 3.2. Mulettes

Au total, 11 espèces ont été trouvées en 2016 et 2017 dans les cinq stations visitées (tableau 8 et 9). Une de ces espèces, l'Alasmidonte rugueuse (*Alasmidonta marginata*) est à statut précaire (MFFP, 2018). Des individus vivants ont été trouvés à la station Sirois en 2016 et 2017 et à la station en aval de la station d'épuration en 2017 (figure 15) et des coquilles vides ont été trouvées dans toutes les stations sauf la station en amont du barrage (Choquette).



**Figure 15.** Vue latérale et postérieure de l'*Alasmidonta marginata* trouvée vivante le 8 juillet 2016 à la station Sirois (Photo : Isabelle Picard).

Le nombre d'espèces trouvées en 2017 était plus élevé qu'en 2016, autant globalement (11 vs 8) que dans le nombre d'espèces vivantes ou en coquilles trouvées dans les stations individuellement (tableau 8 et 9). On remarque une diversité des coquilles vides (coquilles récentes et vieilles) toujours plus élevée que la diversité des mulettes vivantes trouvées sauf pour la station témoin en amont.

La diversité des mulettes est plus faible pour les stations les plus en amont et la plus en aval comparativement aux stations Aval-épuration, Sirois et Tarte qui sont relativement semblables entre elles. Toutefois, cette différence n'est significative que pour les diversités de coquilles mortes qui sont globalement plus faible en amont ( $t = 5,495$ ,  $ddl = 7$ ,  $p = 0,001$ ). Les mulettes étant, au stade larvaire, des parasites obligatoires des poissons, la diversité des mulettes est directement influencée par la diversité des espèces de poissons (Haag, 2012). Pas étonnant donc que la diversité des espèces de mulettes soit plus faible en amont du barrage qu'en aval. Il faut donc surtout se concentrer sur les

données de mortalités et d'abondance qui sont plus révélatrices de l'intégrité de l'habitat et de la qualité de l'eau.

La station Choquette en amont du barrage présente la plus grande abondance, qui atteint presque le double des abondances observées en aval en 2016 et qui s'accroît encore en 2017 pour atteindre plus de cinq fois les abondances observées en aval. Cette différence est fortement significative, surtout en 2017 pour les moules vivantes ( $t = -10,751$ ,  $ddl = 3$ ,  $p = 0,003$ ). L'abondance relative des moules vivantes diminue de façon importante à partir de la station Tarte en 2016 et à partir de Sirois en 2017, soit un peu plus en amont. En effet, pour ces stations, le nombre de coquilles vides devient plus important que le nombre d'individus vivants qui chute lui de moitié. La différence ne semble toutefois pas significative lorsqu'on compare les stations en aval du barrage avec la station Choquette en amont. De plus, l'abondance des *Elliptio* de l'Est (*Elliptio complanata*) semblait avoir diminué en aval comparativement à la station amont où l'abondance a nettement augmenté. La comparaison des abondances spécifiques ou du niveau d'abondance à travers le temps est difficile toutefois étant donné le faible effort d'échantillonnage. Il est certain toutefois, que la quasi absence de moules dans la station Cadorette est anormale et qu'elle demanderait une investigation.

Le nombre de coquilles mortes récentes ou vieilles a également augmenté de façon marquée pour les stations Tarte et Sirois. Le nombre de coquilles mortes récemment est toutefois relativement faible; autour de 15% pour toutes les stations et toutes les années, sauf pour les stations Aval de l'usine d'épuration et la station Sirois juste en aval pour les deux années. Aucune différence significative de nombre ou proportion de coquilles mortes récemment n'a été détectée, bien que celle-ci semble avoir chuté de façon plus marquée à la station Choquette entre 2016 et 2017.

Il semble à tout le moins que l'événement de déversement n'a pas provoqué une mortalité massive dans le panache en 2016, puisque le nombre de coquilles mortes récentes était très faible pour la station Cadorette où normalement l'effet du déversement devrait se faire le plus sentir. Il y a eu une baisse de mortalité en 2017, mais celle-ci a probablement plus à voir avec les niveaux d'eau que par le déversement étant donné que cette situation concerne autant la station Choquette que celles en aval. La très faible diversité et la faible abondance observées en aval trouvent probablement leur origine à une accumulation d'événements historiques persistants à travers le temps. Les moules vivent en effet

plusieurs dizaines d'années (Haag, 2012) et filtrent durant cette période des quantités très importantes d'eau, toujours basées au même endroit. Se déplaçant peu, elles sont ainsi des éléments biologiques importants de nos rivières pouvant témoigner de l'historique d'un site donné et des perturbations actuelles et passées. Leur cycle de vie très long et le faible recrutement général a pour conséquence que l'abondance observée maintenant est souvent le reflet des conditions passées accumulées des dernières années. La décroissance de l'abondance des moules vivantes des stations les plus en aval est ainsi révélatrice de la dégradation de la qualité d'eau en allant vers l'aval et de la persistance dans le temps de cette problématique.

**Tableau 8.** Nombre de moules vivantes (et de coquilles vides) pour chacune des stations inventoriées dans la rivière Yamaska pour les moules en 2016

Nom français	<i>Nom latin</i>	Choquette	Aval- épuraton	Sirois	Tarte	Cadorette
Elliptio de l'Est	<i>Elliptio complanata</i>	69 (14)	31 (3)	32 (1)	15 (10)	0 (3)
Lampsile radiée	<i>Lampsilis radiata</i>	12 (3)	6 (5)	6 (3)	1 (5)	2 (1)
Grand Anodonte	<i>Pyganodon grandis</i>	11 (2)	6 (10)	2 (13)	0 (4)	0 (1)
Strophite ondulé	<i>Strophitus undulatus</i>	0	3 (3)	3 (10)	1 (3)	0
Ligumie noire	<i>Ligumia recta</i>	0	4	0 (1)	1	0
Lasmigone cannelée	<i>Lasmigona costata</i>	0	0 (3)	3 (1)	1 (1)	0
Alasmidonte rugueuse	<i>Alasmidonta marginata</i>	0	0 (3)	1 (9)	0 (1)	0 (1)
Alasmidonte à fortes dents	<i>Alasmidonta undulata</i>	0	0 (5)	0	0 (4)	0
<b>Nombre total de moules vivantes</b>		92	50	47	19	2
<b>Nombre total de coquilles vides</b>		19	32	38	22	6
<b>Nombre total de coquilles mortes récentes</b>		3	15	11	3	1
<b>Proportion de coquilles mortes récentes (%)</b>		15,8 %	46,9%	28,9%	13,6%	16,7%
<b>Nombre d'espèces vivantes</b>		3	5	6	5	1
<b>Nombre d'espèces au total</b>		3	8	7	8	4

**Tableau 9.** Nombre de moules vivantes (et de coquilles vides) pour chacune des stations inventoriées dans la rivière Yamaska pour les moules en 2017

Nom français	Nom latin	Choquette	Aval- épuration	Sirois	Tarte	Cadorette
Elliptio de l'Est	<i>Elliptio complanata</i>	189 (3)	23 (6)	3 (7)	8 (27)	0 (6)
Lampsile radiée	<i>Lampsilis radiata</i>	28 (2)	5 (2)	8 (6)	11 (25)	0 (2)
Grand Anodonte	<i>Pyganodon grandis</i>	7 (0)	3 (9)	4 (12)	0 (10)	0 (0)
Strophite ondulé	<i>Strophitus undulatus</i>	0	2 (10)	3 (18)	3 (24)	0
Ligumie noire	<i>Ligumia recta</i>	0	0	2 (0)	5 (0)	0
Lasmigone cannelée	<i>Lasmigona costata</i>	0	4 (10)	1 (7)	0 (7)	0
Alasmidonte rugueuse	<i>Alasmidonta marginata</i>	0	2 (0)	1 (12)	0 (18)	0 (1)
Alasmidonte à fortes dents	<i>Alasmidonta undulata</i>	0	0 (1)	0 (1)	0 (11)	0 (2)
Lampsile cordée	<i>Lampsilis cardium</i>	0	1 (1)	0	1 (6)	0
Anodonte cylindrique	<i>Anodontoides ferussacianus</i>	0	0	0 (1)	0	0
Leptodée fragile	<i>Leptodea fragilis</i>	0	0	0	0 (1)	0
Fragment non identifié	Unionidea	0	0	0	0	0 (4)
<b>Nombre total de moules vivantes</b>		224	40	22	28	0
<b>Nombre total de coquilles vides</b>		5	39	64	129	15
<b>Nombre total de coquilles mortes récentes</b>		0	15	19	17	2
<b>Proportion de coquilles mortes récentes (%)</b>		0 %	38,5%	29,7%	13,2%	13,3%
<b>Nombre d'espèces vivantes</b>		3	7	7	5	0
<b>Nombre d'espèces au total</b>		3	8	9	10	4

### 3.3. IDEC (tirés de Campeau et coll. 2017)

Les valeurs de l'indice IDEC sont présentées au Tableau 10. Les données présentées pour l'année 2013 viennent de l'étude de Campeau et Dubuc (2014). L'interprétation des classes de l'IDEC est présentée au Tableau 11 et sur le site suivant : [www.uqtr.ca/IDEC](http://www.uqtr.ca/IDEC). On constate d'abord que la rivière Yamaska est déjà très dégradée avant d'atteindre Saint-Hyacinthe. Les échantillons récoltés en amont de la station d'épuration, en juillet et septembre 2016, affichent des valeurs d'IDEC variant entre 20 et 28 sur 100, soit à la limite entre les classes C et D. L'état de la rivière Yamaska varie ainsi de méso-eutrophe à eutrophe avec des concentrations moyennes en phosphore total relativement élevées ( $> 50 \mu\text{g/l}$  ; Tableau 11) et un enrichissement en matière organique ( $\text{DBO}_5 > 4 \text{ mg/l}$  ; Tableau 2).

Le 7 juillet, soit neuf jours après le déversement, on observe une légère baisse (5 points) de l'indice entre l'amont et l'aval de la station d'épuration, ce qui fait chuter l'IDEC de la classe C à D. L'indice récupère en aval et retrouve la cote C au niveau de la rue Cadorette. Le 7 septembre, soit deux mois après le déversement, il n'y a plus de différence significative dans les valeurs d'IDEC entre l'amont et l'aval de Saint-Hyacinthe, l'ensemble des stations affichant une cote D, associée à un cours d'eau eutrophe fortement dégradé. Les valeurs d'IDEC sont à ce moment similaires à celles mesurées en 2013 en aval de Saint-Hyacinthe (stations 4 et 5; Tableau 10). En septembre 2017, soit plus d'une année après le déversement, les valeurs de l'IDEC sont légèrement supérieures à l'année précédente, et ce à la fois en amont et en aval de la station d'épuration. Cette amélioration étant généralisée en amont et en aval de la station d'épuration, elle ne semble pas associée à une récupération de la rivière post-débordement, mais plutôt à la variabilité interannuelle des conditions générales de la rivière. Tout comme en 2016, on constate que l'indice diminue légèrement (4 points) en aval de la station d'épuration. L'indice récupère ensuite et retrouve la cote C au niveau de la rue le Tarte.

L'indice IDEC semble donc avoir été peu affecté par le déversement. Cette situation s'explique par le fait que l'indice fut calibré pour refléter, sur une échelle de 0 à 100, les meilleures et les pires conditions observées en moyenne dans les cours d'eau de l'Est du Canada (Lavoie *et coll.*, 2014). Étant donné que les concentrations en phosphore, en azote et en matières organiques sont déjà relativement élevées en amont de Saint-Hyacinthe, l'indice se situe à la limite des classes C et D

associées à des conditions méso-eutrophes et eutrophes. La communauté d'algues qui colonise le substrat est ainsi déjà adaptée à de fortes fluctuations dans les concentrations en éléments nutritifs et en matières organiques. À titre d'exemple, un suivi réalisé avec une fréquence hebdomadaire dans la rivière Boyer (rive sud de Québec) a démontré qu'une communauté d'algues associée à des conditions eutrophes peut être exposée à des concentrations en phosphore variant de 20 à 1200 µg/l en quelques jours (Lavoie *et coll.*, 2008). Les communautés associées à la classe D de l'IDEC sont ainsi très diversifiées et résilientes aux variations ponctuelles des conditions physico-chimiques. Lorsque les conditions changent de façon plus permanente, la communauté s'adapte et les valeurs d'IDEC se stabilisent et reflètent les nouvelles conditions après une période d'environ un mois (Lacoursière *et coll.*, 2011). Le déversement de Saint-Hyacinthe provoqua probablement de fortes variations dans les concentrations en nutriments et en matières organiques, mais sur une période relativement courte. L'indice a légèrement fluctué à la suite du déversement, mais l'effet semble avoir été de faible amplitude et de courte durée, étant donné le caractère déjà dégradé de la rivière Yamaska et la résilience des communautés d'algues déjà adaptées à des conditions eutrophes.

**Tableau 10.** Valeurs et classes de l'indice IDEC 3 (alcalin) de la rivière Yamaska à Saint-Hyacinthe de 2013 à 2017.

	Échantillon	Station	Latitude (°N)	Longitude (°W)	IDEC 3 Valeur (0-100) et classe (A,B,C,D)*			
					2013 23/09	2016 07/07	2016 07/09	2017 13/09
1	Choquette	Amont rue Choquette	45,61912	-72,95513			20	28
2	Amont-épur	Amont station d'épuration	45,64574	-72,94028		28		
3	Aval-épur	Aval station d'épuration	45,64984	-72,94083		23	19	24
4	03030215	Rue Tarte	45,67362	-72,92945	24	25	23	26
5	03030214	Rue Cadorette	45,70661	-72,91327	24	26	22	29

\*Des échantillonnages multiples, réalisés dans la rivière Boyer (Lavoie *et coll.* 2008) et la rivière du Chêne, ont permis d'évaluer que l'écart moyen saisonnier de l'IDEC est de 5 points et que l'écart moyen interannuel est de 8 points, surtout dans des milieux mésotrophes. Ces écarts sont essentiellement reliés à la variabilité des conditions météorologiques et hydrologiques au cours de la saison ou d'une année à l'autre. La variabilité de l'IDEC est moins élevée en milieux oligotrophes et eutrophes.

**Tableau 11.** Les classes de l'IDEC, les médianes physico-chimiques et l'état trophique associé à chaque classe (Lavoie et coll., 2014).

Classe	Valeurs de l'IDEC	pH	Conductivité (µS/cm)	Phosphore total (µg/L)	Azote total (mg/L)	État Trophique
<b>IDEC-Neutre</b>						
<b>A</b>	71-100	7.2 (6.8 - 7.3)	39 (26 - 50)	22 (16 - 36)	0.29 (0.24 - 0.49)	Oligotrophe
<b>B</b>	46-70	7.4 (7.0 - 7.5)	46 (30 - 54)	24 (21 - 27)	0.30 (0.23 - 0.35)	Oligo-mésotrophe
<b>C</b>	21-45	7.6 (7.2 - 7.7)	72 (50 - 110)	61 (23 - 70)	0.70 (0.51 - 0.76)	Méso-eutrophe
<b>D</b>	0-20	7.6 (7.5 - 7.7)	114 (86 - 165)	66 (42 - 91)	0.78 (0.46 - 1.19)	Eutrophe
<b>IDEC-Alcalin</b>						
<b>A</b>	71-100	7.8 (7.6 - 7.9)	93 (63 - 120)	16 (12 - 19)	0.36 (0.23 - 0.47)	Oligotrophe
<b>B</b>	46-70	8.0 (7.7 - 8.2)	185 (136 - 268)	26 (17 - 43)	0.53 (0.38 - 0.95)	Mésotrophe
<b>C</b>	26-45	8.0 (7.8 - 8.5)	256 (195 - 361)	52 (37 - 98)	0.89 (0.58 - 1.98)	Méso-eutrophe
<b>D</b>	0-25	8.0 (7.7 - 8.3)	364 (227 - 502)	114 (71 - 163)	1.59 (0.96 - 2.51)	Eutrophe
<b>IDEC-Minéral</b>						
<b>A</b>	76-100	8.3 (8.2 - 8.4)	422 (308 - 458)	24 (18 - 28)	0.79 (0.61 - 1.59)	Oligo-mésotrophe
<b>B</b>	46-75	8.3 (8.3 - 8.4)	455 (403 - 619)	28 (20 - 40)	1.33 (0.80 - 2.47)	Mésotrophe
<b>C</b>	26-45	8.2 (8.0 - 8.4)	526 (431 - 775)	58 (40 - 90)	1.36 (0.93 - 2.26)	Méso-eutrophe
<b>D</b>	0-25	8.2 (7.8 - 8.2)	1012 (690 - 1455)	73 (47 - 108)	1.85 (1.05 - 3.81)	Eutrophe

\*Notez que les seuils des classes varient selon l'indice. Les médianes physico-chimiques (et les Q<sub>1</sub> et Q<sub>3</sub>) ont été calculées à partir du suivi simultané des diatomées et de la physico-chimie de l'eau à 400 stations au Québec et en Ontario. Il faut toutefois être conscient que les mesures ponctuelles de qualité de l'eau, particulièrement dans le cas du phosphore total, sont très variables et peuvent donc différer des intervalles présentés dans ce tableau. D'autres facteurs peuvent également faire varier l'IDEC, tels que les concentrations en matières organiques, les métaux et les pesticides. L'état trophique a été déterminé selon les seuils en phosphore et en azote total proposés par Dodd (2007).



### 3.4. Benthos

L'Indice de santé benthos (ISB) s'est amélioré en 2017 pour l'ensemble des stations (figure 16). Toutefois, aucune différence significative sur l'ISB et son niveau d'augmentation par rapport à sa position dans la rivière ne semble présente ( $p > 0,1$ ). L'amélioration de cet indice a été principalement causée par une diminution de l'abondance des taxons tolérants (ex : Chironomidae) et une augmentation de l'abondance des taxons intolérants (ex. Trichoptères) entre 2016 et 2017 (voir tableau 12 et annexe 7).

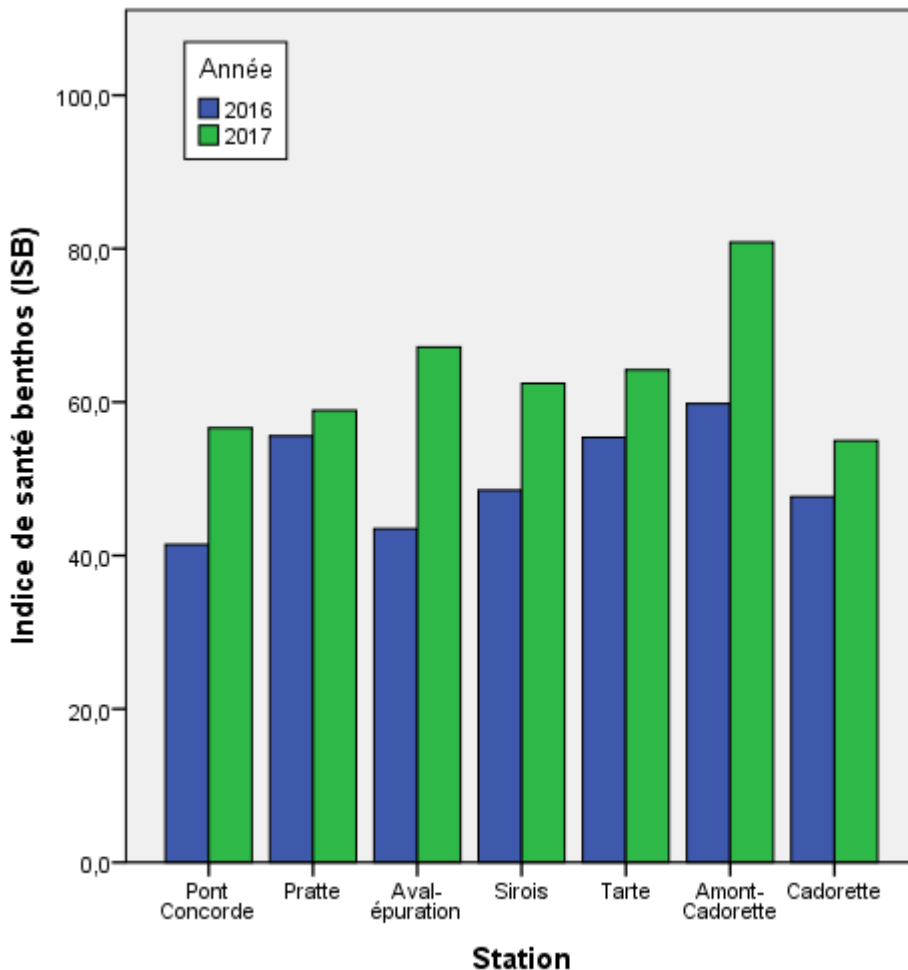


Figure 16. Indice de santé benthos (ISB) selon les stations en 2016 et 2017

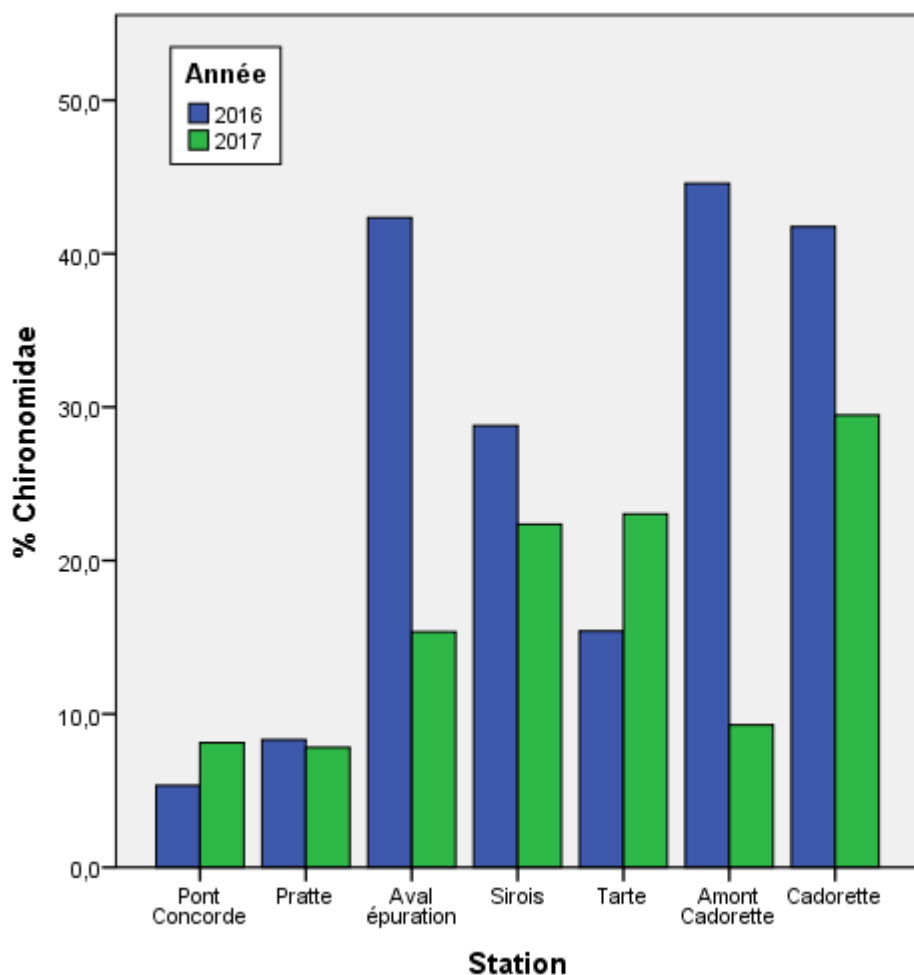


**Tableau 12.** Indice de santé Benthos et valeurs de différents indices pour les stations inventoriées en 2016 et 2017.

Station (année)	Nbre de familles	Nbre d'EPT <sup>1</sup>	% d'EPT <sup>1</sup> sans Hydropsychidae	% de larves de Chironomidae	% des deux familles dominantes	FBI	ISB
Pont Concorde (2016)	13	3	0,59	5,33	77,32	7,68	<b>41,44</b>
Pont Concorde (2017)	15	4	7,38	8,12	43,91	6,41	<b>56,62</b>
Pratte (2016)	22	5	0,88	8,32	57,11	7,59	<b>55,59</b>
Pratte (2017)	17	6	11,11	7,82	50,62	6,84	<b>58,92</b>
Aval-épuration (2016)	14	5	2,25	42,34	61,71	7,3	<b>43,5</b>
Aval-épuration (2017)	20	6	26,51	15,35	40	6,38	<b>67,16</b>
Sirois (2016)	18	6	4,55	28,79	68,56	7,5	<b>48,51</b>
Sirois (2017)	17	7	27,85	22,37	45,21	7,02	<b>62,44</b>
Tarte (2016)	22	7	3,44	15,4	67,12	7,44	<b>55,4</b>
Tarte (2017)	18	8	17,51	23,04	37,33	6,91	<b>64,21</b>
Amont-Cadorette (2016)	18	8	29,58	44,58	58,75	6,12	<b>59,81</b>
Amont-Cadorette (2016)	15	8	75,95	9,28	54,01	3,56	<b>80,85</b>
Cadorette (2016)	18	4	8,82	41,76	58	7,34	<b>47,67</b>
Cadorette (2017)	17	5	23,68	29,47	55,26	7,11	<b>54,98</b>

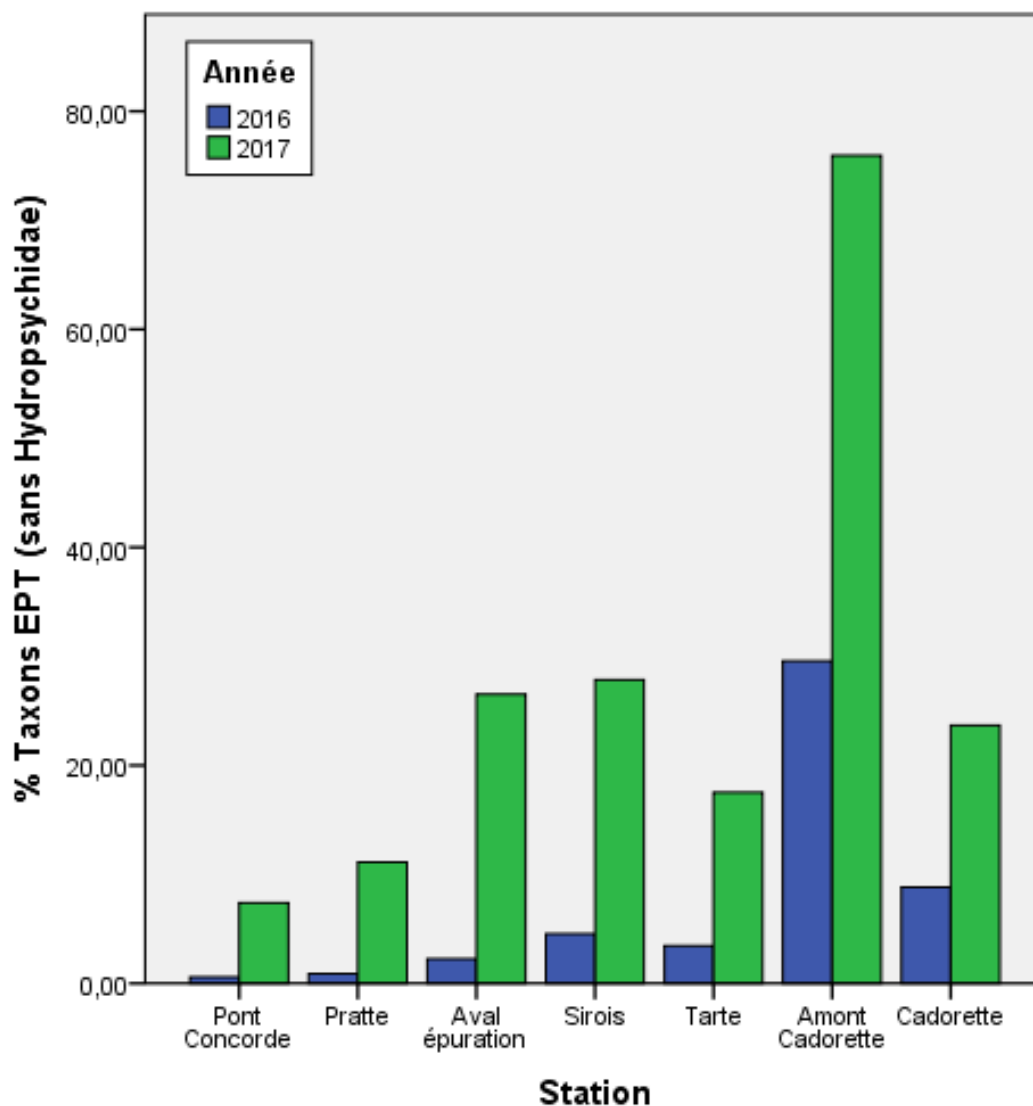
<sup>1</sup> EPT = éphéméroptères, plécoptères, trichoptères

On remarque par contre des changements dans certains critères qui indiquent une amélioration de la situation entre 2016 et 2017 pour les stations en aval de la station d'épuration. Par exemple, le pourcentage de larves de Chironomidés est plus élevé en aval de la station d'épuration peu importe l'année, mais cette différence est beaucoup plus marquée pour les échantillons de 2016 ( $t = 4,838$ ,  $ddf = 4,509$ ,  $p = 0,006$ ) que pour ceux de 2017 ( $t = 3,434$ ,  $ddf = 4,015$ ,  $p = 0,026$ ) (figure 17). Les stations en amont ont ainsi vu une stabilité relative de cet indice, alors que, à l'exception de la station Tarte où une dégradation a été observée, cet indice s'est amélioré en 2017 pour les stations en aval. Les larves de Chironomidés sont des indicateurs importants de la présence de matière organique dans la rivière et leur augmentation importante, de même que leur diminution en 2017 sont logiques à la suite d'un déversement d'eaux usées. Notons toutefois que cet indice semble ne pas être complètement rétabli et que même en 2017 sa valeur demeure plus élevée en aval, sauf pour la station Amont Cadorette.



**Figure 17.** Pourcentage de larves de Chironomidés selon les stations en 2016 et 2017

On remarque également une différence dans le pourcentage de taxons d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères (excluant les Hydropsychidae) entre 2016 et 2017 et selon la position dans la rivière (figure 18). En effet, bien que ce critère se soit globalement amélioré entre 2016 et 2017, l'amélioration est plus marquée pour les stations en aval en 2017. D'ailleurs, bien qu'en 2017 le critère soit un peu plus élevé pour les stations en aval ( $t = 2,336$ ,  $ddf = 4,237$ ,  $p = 0,076$ ), c'est surtout le % d'augmentation entre 2016 et 2017 qui est significatif ( $t = 2,639$ ,  $ddf = 4,586$ ,  $p = 0,05$ ).



**Figure 18.** Pourcentage d'éphéméroptères, de plécoptères et de trichoptères (excluant les Hydropsychidae) selon les stations en 2016 et 2017.

## 4. Conclusion

Nos indicateurs (IIB, ISB, IDEC) montrent la présence d'habitats de faible qualité pour l'ensemble des stations échantillonnées dans la rivière Yamaska et ce, autant en 2016 qu'en 2017. La diversité des mulettes et des poissons est globalement plus faible et l'abondance des mulettes plus élevée à la station Choquette en amont qu'aux stations en aval, peu importe l'année. Les résultats des indicateurs IDEC, ISB, IIB (sauf Aval-épuration pour l'IIB) et la diversité des espèces de mulettes en général démontrent une tendance à une amélioration globale de la situation entre 2016 et 2017.

Outre la mortalité de poisson immédiate rapportée lors de l'évènement, il est difficile de cerner l'effet sur la faune aquatique du déversement des eaux usées à cause de la dégradation initiale importante du milieu, de la variabilité trop grande de plusieurs critères et du faible nombre d'échantillons dans certains cas. Certains indicateurs sont cependant particulièrement révélateurs de l'effet du déversement des eaux usées, notamment le nombre de larves de Chironomidés nettement plus élevé en 2016 en aval et l'augmentation plus grande de la proportion des taxons sensibles en 2017 en aval. Ces organismes ayant un cycle de vie annuel, ils sont idéaux pour détecter des effets sur le laps de temps court du suivi. Les taux de déformations de type DELT pour les poissons présentait aussi une tendance plus élevée à l'automne 2016 en aval et les taux en amont ont tendance à être plus faible qu'en aval, quoique ces différences ne soient pas significatives. On remarque également certaines variations d'abondance chez certains poissons et mulettes, bien qu'il soit difficile de lier directement cette situation au déversement. Le déversement pourrait avoir eu un effet, mais probablement localisé dans le temps et on voit déjà en 2017 une amélioration de la situation. Les indicateurs démontrent que bien qu'un effet du déversement semble être présent sur les communautés benthiques, cet effet semble localisé dans le temps et ne semble pas avoir affecté de façon majeure les communautés de poissons et d'invertébrés en général comparativement à l'état initial déjà très dégradé du milieu. Les recommandations suivantes présentent ainsi des mesures réparatrices pour la récupération des communautés piscicoles et de l'écosystème aquatique.

## 5. Recommandations

### 1) Limiter les effets négatifs des déversements

Les effets négatifs de ce déversement étant documentés, la première action à prendre est de mettre en place les mesures et procédures permettant de limiter les impacts potentiels de futurs déversements par l'application de procédures systématiques. En effet, le débit de la rivière Yamaska étant limité, sa capacité de dilution l'est tout autant (Berryman, 2008). Il faut ainsi d'abord réduire les quantités déversées mais également éviter le plus possible les périodes d'étiage. Lorsqu'aucune autre solution n'est possible, il faudrait favoriser les déversements en période de débit important de la rivière, plus particulièrement à l'automne puisque la fraie des poissons est terminée (Desroches et Picard, 2013) et que les juvéniles de plus grande taille sont moins fragiles. Finalement, lors d'événement de surverses prévues, il faudrait communiquer avec les utilisateurs du réseau (industries, population en général) pour leur demander de restreindre le plus possible l'évacuation d'effluents chargés pour la période ciblée.

### 2) Éviter lesensemencements et laisser le recrutement et l'immigration naturelle assurer le remplacement graduel des populations

Un nombre limité d'espèces sont disponibles dans les piscicultures pour lesensemencements. On trouve en général surtout des salmonidés et des dorés jaunes, de même que dans certaines piscicultures des achigans, des perchaudes et des meuniers (MAPAQ, 2016). L'option d'unensemencement à salmonidés est certainement à proscrire, car ces espèces ne sont pas adaptées à l'habitat de la rivière Yamaska. De plus, de façon globale, lesensemencements de dorés ne sont pas recommandés. En effet, Thibault (2012) mentionne que l'ensemencement de dorés jaunes n'aurait pas d'impact significatif sur les populations, voire serait nuisible en augmentant la mortalité des classes de taille adjacentes. Pour la rivière Yamaska, nos relevés ont en plus permis la capture d'au moins deux juvéniles à l'automne montrant le recrutement encore actif. Dans le cas des achigans à petits bouches et des meuniers noirs, espèces typiques de la rivière Yamaska et abondantes, nos échantillons montrent une abondance du recrutement. En effet, ces espèces avaient déjà frayé avant l'épisode de déversement (Desroches et Picard, 2013). L'impact du déversement pourrait ainsi s'être fait sentir de façon très ponctuelle et localisée surtout au niveau des gros adultes qui fréquentent le centre du

chenal et pas les jeunes souvent sur la rive, comme l'illustre l'absence d'effet significatif sur les abondances. En effet, la section de la rivière touchée est directement connectée au fleuve et les possibilités d'immigration des poissons sont nombreuses. De plus, la population s'est probablement remise de façon naturelle simplement par le recrutement de juvéniles et donc un ensemencement aurait été inutile, probablement nuisible pour la génétique des populations (Couture, 2012) et coûteux...

### **3) Poursuivre les efforts pour améliorer la qualité de l'eau et l'habitat. Favoriser le contenant (l'écosystème) plutôt que le contenu (le poisson).**

L'événement de déversement des eaux usées a eu un impact sur les communautés benthiques, mais il se dégage également de nos résultats que la problématique de la qualité d'eau dans la rivière Yamaska va bien au-delà de ce simple événement ponctuel. En effet, nos résultats indiquent la présence d'une qualité d'eau affectant les communautés dans l'ensemble des stations. La problématique de la qualité d'eau dans la rivière Yamaska devrait être examinée de façon globale et non en regard de ce simple événement de déversement.

#### **3.1 Réduire la quantité d'eau usée (traitée ou non)**

Ainsi, il serait important de poursuivre les efforts d'amélioration du traitement des eaux usées, mais également d'évaluer les mesures de gestion des eaux de ruissellement qui pourraient être implantées à Saint-Hyacinthe (ex. débranchement de gouttières) pour diminuer les événements de surverses. Le Regroupement des organismes de bassin versant du Québec (ROBVQ) a produit un outil d'autodiagnostic municipal en gestion durable des eaux pluviales afin que les organisations municipales puissent évaluer la manière dont elles assurent la gestion des eaux pluviales sur leur territoire et obtenir des pistes de recommandations pour l'améliorer. Vous pouvez télécharger l'outil gratuitement au lien suivant : <http://robvq.qc.ca/public/documents/bibliotheque/uploaded/Bod3gthz.pdf>

De plus, il serait profitable de travailler en amont sur l'économie d'eau potable au niveau industriel et résidentiel pour diminuer les quantités d'eaux usées produites à la source.

### **3.2 Améliorer la qualité de l'eau usée**

Une évaluation des procédés de traitement des eaux usées pourrait permettre d'identifier les améliorations possibles afin d'augmenter la qualité de l'eau usée traitée au-delà des normes règlementaires. Par exemple, il existe présentement des villes pilotes (Rivière-du-Loup, Saint-Eustache, Terrebonne et Victoriaville) qui ont accepté de mettre en application le programme d'excellence des stations de récupération des ressources de l'eau (PEX StaRRE). Ce programme «  *vise à assurer l'amélioration de la qualité des rejets par l'optimisation des procédés en maximisant la récupération des ressources de l'eau des stations de traitements municipaux. La protection des milieux récepteurs et de l'environnement représente un enjeu majeur de ce programme et la récupération des ressources demeure un objectif essentiel pour une station optimisée. Le PEX StaRRE est basé sur un processus d'amélioration continue qui passe en revue les aspects liés tant aux équipements qu'aux opérations et à l'administration.* » (LALUMIÈRE A. 2016, p.58)

### **3.3 Améliorer la qualité des bandes riveraines.**

Un couvert végétal naturel des rives des cours d'eau est un élément influent pour la qualité des cours d'eau et ce, non seulement au niveau de la qualité de l'eau elle-même, mais aussi en termes d'habitat pour le poisson. La présence non seulement de végétation herbacée et arbustive, mais aussi d'arbres, sur les rives des petits tributaires est un élément important pour abaisser la température de l'eau, mais aussi pour fournir abris et nourriture aux poissons. Il est donc recommandé d'implanter des mesures de restauration des bandes riveraines dégradées, incluant la plantation d'arbres, et de veiller à l'application des règles concernant les bandes riveraines aux abords de la rivière Yamaska et le long de ses tributaires.

### **3.4 Évaluer la possibilité de créer ou d'améliorer l'habitat.**

Vue la faible qualité d'eau présente directement dans le chenal de la Yamaska, il n'est pas suggéré de réaliser des aménagements directement dans le lit de la rivière, mais plutôt d'aller travailler dans les tributaires sur le territoire de la Ville de Saint-Hyacinthe. Un projet de vérification de la présence d'obstacle au passage du poisson pour la remontée dans les tributaires (plus particulièrement, la vérification des ponceaux) permettrait de localiser les sites problématiques. Par la suite, une planification en collaboration avec le Ministère du Transport du Québec (MTQ) et la Ville de Saint-Hyacinthe pourrait être réalisée pour la correction des ponceaux problématiques.



#### **4) Diminuer la pollution en lien avec les activités agricoles**

L'activité agricole est un moteur économique de grande importance à Saint-Hyacinthe et représente la majeure partie de son territoire. La pratique de l'agriculture peut comporter des impacts sur la qualité de l'eau. Depuis plusieurs années, les efforts investis pour l'amélioration des pratiques agricoles (entreposage et gestion des fumiers) sont importants et des résultats positifs sont observables dans le bassin versant de la Yamaska. Toutefois, des efforts supplémentaires sont nécessaires pour diminuer davantage les impacts de l'agriculture sur la qualité de l'eau. Des projets d'accompagnement agricole permettant d'effectuer le suivi et de mesurer l'étendue de l'application des bonnes pratiques agricoles (bandes riveraines, semis direct, gestion des fumiers, culture de couverture, etc.) par sous-bassin sont nécessaires à l'établissement d'un plan d'action en milieu agricole. Pour ce faire, le travail d'un coordonnateur de projet dédié à un territoire restreint est nécessaire et peut se réaliser par l'implication de la Ville de Saint-Hyacinthe.

#### **5) Maintenir et restaurer les milieux humides sur le territoire**

Les milieux humides ont de nombreuses fonctions écologiques et contribuent de plusieurs façons au maintien de la qualité de l'eau et de la biodiversité. Selon la Convention Ramsar, un traité intergouvernemental pour la conservation et l'utilisation rationnelle des milieux humides, une dizaine de services écologiques peuvent découler de ceux-ci, dont la recharge des eaux souterraines, la stabilisation des rives et l'épuration de l'eau. Du côté de la faune et de la flore, les milieux humides constituent un réservoir de diversité biologique important et sont des habitats essentiels au cycle de vie de plusieurs espèces fauniques au Québec. Il est donc important de maintenir et de restaurer les milieux humides si l'on souhaite améliorer la qualité de l'eau et l'habitat du poisson.

#### **6) Poursuivre un suivi biologique à plus long terme**

Les résultats des indicateurs ici présentés démontrent la pertinence de poursuivre à plus long terme un suivi biologique de l'état de l'écosystème aquatique de la rivière Yamaska à Saint-Hyacinthe. Ces suivis permettraient de documenter autant les effets positifs des mesures mises en place pour améliorer la qualité d'eau que les effets négatifs des différentes sources de contamination. Certains indices se sont révélés particulièrement intéressants.

Premièrement, il serait intéressant d'effectuer des analyses régulières des échantillons de benthos pour obtenir un portrait plus complet de la situation de la rivière Yamaska. Un suivi annuel du benthos pour les trois prochaines années est recommandé avec une réévaluation par la suite.

Deuxièmement, la mise en place de stations de références pour les mulettes pourrait permettre un suivi à plus long terme, étant donné les mœurs sédentaires, leur mode d'alimentation par filtration, et leur longévité importante. Leur abondance et leur diversité risquent en effet d'être un témoin important des perturbations historiques dans la rivière. À ce sujet, ces stations pourraient permettre d'investiguer de façon plus précise les abondances et déterminer les endroits où des densités anormalement basses de mulettes sont présentes. Plus particulièrement, il serait intéressant de définir l'endroit à partir duquel nous observons la disparition des mulettes pour mieux comprendre qu'elle est la cause de cette disparition. Il est donc recommandé d'établir un protocole plus complet pour la mulette et de le répéter aux cinq ans.

Troisièmement, l'IDEC permet de suivre l'état d'eutrophisation des cours d'eau. Dans l'idée de faire un suivi de l'amélioration de la situation ou du résultat d'un programme de restauration, on suggère d'effectuer un suivi une troisième année pour établir une variabilité interannuelle à ces stations. Ensuite, lorsque des efforts ou changements majeurs visant l'amélioration de l'état d'eutrophisation auront eu lieu, il est proposé de reprendre trois années de suivi pour évaluer le résultat de ces efforts ou aux 5cinq ans pour effectuer un suivi de l'état d'eutrophisation.

Finalement, pour ce qui est des indicateurs qui concerne les poissons, il n'est pas recommandé de poursuivre à une fréquence rapprochée, vu les coûts élevés associés à ces inventaires, la grande variabilité présente dans les résultats et les nombreux biais possibles. Comme le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte aux Changements Climatiques (MDDELCC) fait déjà un suivi environ aux dix ans, il est plutôt recommandé de s'assurer que le MDDELCC maintienne ce suivi.

## 6. Références

BOUCHARD, R.W. jr. 2004. Guide to Aquatic invertebrates of Upper Midwest, Identification manual for students, citizen monitors, and aquatic resource professionals. University of Minnesota. USA.

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.

CAMPEAU, S. 2010. Suivi biologique des cours d'eau du bassin versant de la rivière Yamaska à l'aide de l'indice IDEC. Université de Trois-Rivières. Rapport déposé au Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska (COGEBY). 19 p.

CAMPEAU, S. et DUBUC, R. 2015. Suivi biologique des cours d'eau de Cowansville à l'aide de l'indice IDEC. Rapport déposé à l'Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska). Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 13 p.

CAMPEAU, S. ET DUBUC, R. 2014. Suivi biologique des cours d'eau de la ville de Saint-Hyacinthe à l'aide de l'indice IDEC. Rapport déposé à l'Organisme de bassin versant de la rivière Yamaska (OBV Yamaska) et à la ville de Saint-Hyacinthe. Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 14 p.

CAMPEAU, S., LAVOIE, I. ET DUBUC, R. 2017. Suivi biologique de la rivière Yamaska à Saint-Hyacinthe à l'aide de l'indice IDEC 2016-2017. Rapport déposé à l'Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska). Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 13 p.

CEHQ. [2018]. Fiche signalétique de la station 030345. Rivière Yamaska, 1,8 km en aval du barrage de St-Hyacinthe. Données historiques du site internet. Site internet consulté en mars 2018. Adresse du site internet : [https://www.cehq.gouv.gc.ca/hydrometrie/historique\\_donnees/fiche\\_station.asp?NoStation=030345](https://www.cehq.gouv.gc.ca/hydrometrie/historique_donnees/fiche_station.asp?NoStation=030345)

COSEPAC. [2018]. Recherche d'espèces sauvages. Base de données des espèces sauvages évaluées par le COSEPAC. Site internet consulté le 1 mars 2018. Adresse du site internet : [http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/searchform\\_f.cfm](http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/searchform_f.cfm)

COUTURE, B. 2002. Les ensemencements de poissons en eaux douces : positifs pour les pêcheurs mais négatifs envers la diversité biologique, l'éthique et le développement durable. Essais présenté à la faculté des sciences en vue de l'obtention du grade de maître en environnement. Université de Sherbrooke. Sherbrooke, Qc.

DESROCHES, J.-F. ET I. PICARD. 2013. Poissons d'eau douce du Québec et des Maritimes. Éditions Michel Quintin, Waterloo. 471 p.

DODD, W.K. 2007. Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams. *Trends Ecol Evol*, 22: 669–76.

ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. Réseau Canadien de Biosurveillance Aquatique. Manuel de terrain. Cours d'eau accessibles à gué. Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau douce de l'Atlantique, Division du monitoring et de la surveillance de la qualité de l'eau, Environnement Canada. 54 p. + annexes. Document disponible sur le site internet suivant : [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2012/ec/En84-87-2012-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ec/En84-87-2012-fra.pdf)

ENVIRONNEMENT CANADA. 2014. Réseau Canadien de Biosurveillance Aquatique. Méthode de laboratoire. Traitement, taxonomie, et contrôle de la qualité des échantillons de macro-invertébrés benthiques. Environnement Canada. 35 p. Document disponible sur le site internet suivant : [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2015/ec/En84-86-2014-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/ec/En84-86-2014-fra.pdf)

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES CANADA. [2016]. Réseau Canadien de Biosurveillance Aquatique (RCBA). Site internet consulté le 21 septembre 2016. Adresse du site internet : <http://ec.gc.ca/rcba-cabin/Default.asp?lang=Fr&n=72AD8D96-1>

GAMMON, J.R., 1980. The use of community parameters derived from electrofishing catches of rivers as indicators of environmental quality. P. 335-363 in seminar on water quality management tradeoffs, U.S. Environmental Protection Agency, EPA-905/9-80-009, Washington, D.C.

GOVERNEMENT DU CANADA. [2018]. Registre public des espèces en péril au Canada. Index des espèces de A à Z. questionnable. Site internet consulté le 1 mars 2018. Adresse du site internet : [https://www.sararegistry.gc.ca/sar/index/default\\_f.cfm](https://www.sararegistry.gc.ca/sar/index/default_f.cfm)

KARR, J. R. 1991. Biological Integrity : A long neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications* 1:66-84.

HAAG, W.R. 2012. North american freshwater mussels. Natural history, ecology and conservation. Cambridge University Press. New York, États-Unis. 505 p.

LACOURSIÈRE, S., LAVOIE, I., RODRIGUEZ, M.A. ET CAMPEAU, S. (2011). Modeling the response time of diatom assemblages to simulated water quality improvement and degradation in running waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 68: 487-497.

LALIBERTÉ, D. 2015. La qualité d'eau des rivières Richelieu et Yamaska - La contamination par les toxiques. Fiche réalisée dans le cadre suivi de l'état du Saint-Laurent, Plan St-Laurent. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. 6 p.

LALUMIÈRE, A. 2016. Le PEX StaRRE, *Vecteur Environnement*, Volume 49, Numéro 2, Mars 2016, p.58-59.

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.

LA VIOLETTE, N., 1999. Le bassin de la rivière Yamaska : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu, ministère de l'Environnement (éd.), Le bassin de la rivière Yamaska : état de l'écosystème aquatique, Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq no EN990224, rapport no EA-14. 140 p.+ 24 annexes

LAVOIE, I., HAMILTON, P.B., CAMPEAU, S., GRENIER, M. et DILLON, P.J. 2008a. Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada. *Presses de l'Université du Québec*, 241 p. et 68 planches taxonomiques (ISBN 978-2-7605-1557-4).

LAVOIE, I., CAMPEAU, S., DARCHAMBEAU, F., CABANA, G. ET DILLON, P.J. 2008b. Are diatoms good integrators of temporal variability in stream water quality? *Freshwater Biology*, 53: 827-841.

LAVOIE, I., CAMPEAU, S., DRAKULIC, N., WINTER, J. ET FORTIN, C. 2014. Using diatoms to monitor stream biological integrity in Eastern Canada: an overview of 10 years of index development and ongoing challenges. *Science of the Total Environment*, 475: 187–200.

MACKIE, G., MORRIS, T.J., ET MING, D. 2008. Protocole pour la détection et détournement des espèces de moules d'eau douce en péril en Ontario et des Grand Lacs. Rapport manuscrit canadien des Sciences halieutiques et aquatiques. 2790 : vi +50 p.

MERRITT, R.W., K.W. CUMMINS ET M.B. BERG. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. 4e édition. Kendall Hunt publishing company. 1158 p.

METCALFE-SMITH, J.L., G.L. MACKIE, J. DI MAIO ET S. STATON. 2000. Changes over time in the diversity and distribution of freshwater mussels (Unionidae) in the Grand River, southwestern Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, vol. 26, no. 4, p. 445-459.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION. 2016 (MAPAQ) Répertoire en ligne des établissements piscicoles. Adresse :

<http://www.mapaq.gouv.gc.ca/fr/Peche/aquaculture/repertoires/etablisements/Pages/etablisements.aspx>

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES. 2015. Tragédie ferrovière du Lac-Mégantic-Impact sur les communautés piscicoles de la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers. 21 pages et 3 annexes. ISBN 978-2-550-73935-7 (PDF).

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2013. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2013. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-69169-3 (PDF), 2e édition : 88 p. (incluant 6 ann.).

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2012. Indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et son application en milieu agricole – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-66035-4 (PDF), 72 p. (dont 7 annexes).

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (MFFP). 2018. Liste des espèces de la faune désignées menacées ou vulnérables et liste des espèces de la faune susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Site internet du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parc. Site internet consulté le 1 mars 2018. Adresse du site internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>

MOISAN, J., 2010. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p. (incluant 1 ann.).

MONGEAU, J.-R. 1979. Les poissons du bassin de drainage de la rivière Yamaska, 1963 à 1975. Ministère du Tourisme de la Chasse et de la pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal. 191 p.

OHIO EPA. 1987. 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.

OHIO EPA. 1989. Biological criteria for the protection of aquatic life: Volume III. Standardized biological field sampling and laboratory methods for assessing fish and macroinvertebrate communities. Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of Water Quality Planning and Assessment, Columbus, Ohio.

PECKARSKY, B. L., P.R. FRAISSINET, M. A. PENTON ET D. J. CONKLIN. 1990. Macroinvertebrates of Northeastern North America. Cornell University Press. 422 p.

RICHARD, Y., 1996. *Le bassin versant de la rivière Saint-François : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq no EN960254, rapport no 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., 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.

SMITH, D.R. 2006. Survey design for detecting rare freshwater mussels. *Journal of North American Benthological Society* 25(3):701-711.

SMITH, D.G. 2001. *Pennak's Freshwater Invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea*. John Wiley and Sons, inc. 4e édition. 438 p.

STRAYER, D.L. ET SMITH, D.R. 2003. A guide to sampling freshwater mussel populations. *American Fisheries Society Monograph No. 8*. 103 pp.

THIBAUT, I. 2013. Revue de littérature et avis scientifique sur l'efficacité des ensemencements de doré. Ministère des ressources naturelles et de la Faune, Secteur faune Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Service de la faune aquatique. 12 p.

UHLAND, C., I. MIKAELIAN, ET D. MARTINEAU. 2000. *Maladies des poissons d'eau douce du Québec, guide de diagnostic*. 466 p.



## **ANNEXE 1.**

# **PHOTOGRAPHIES DE RÉFÉRENCE DES PRINCIPALES STATIONS**



**Figure 19.** Vue de la station Pont Concorde le 16 septembre 2017



**Figure 20.** Vue de la station Pratte le 16 septembre 2017

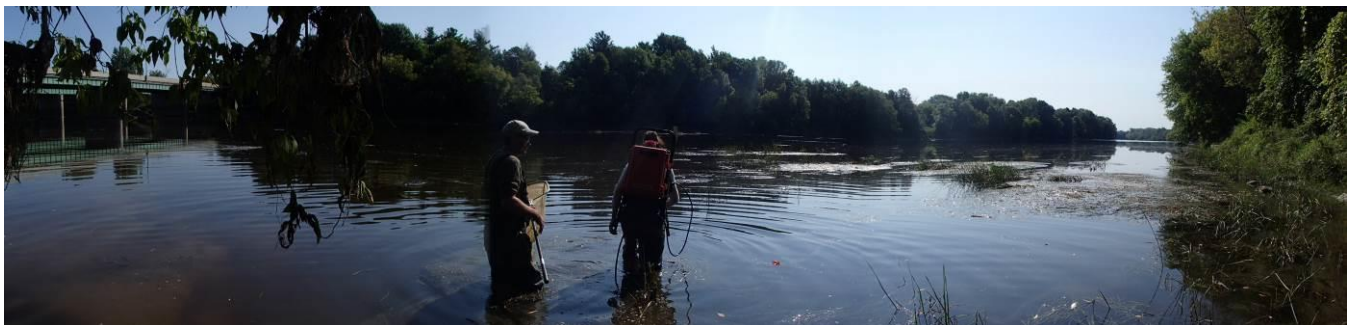




**Figure 21.** Vue panoramique de la station Choquette le 8 septembre 2016



**Figure 22.** Photographie de la station amont de l'usine d'épuration



**Figure 23.** Vue panoramique de la station aval-usine d'épuration le 4 septembre 2016



**Figure 24.** Vue panoramique de la station Sirois le 4 septembre 2016





**Figure 25.** Vue panoramique de la station Tarte le 5 septembre 2016



**Figure 26.** Vue de la station Amont-Cadorette le 16 septembre 2017



**Figure 27.** Vue panoramique de la station Cadorette le 5 septembre 2016

## **ANNEXE 2.**

### **Caractéristiques hydrologiques lors des inventaires**

**Tableau 13.** Données hydrologiques journalières lors des journées d’inventaires à la station 030345 du CEHQ (CEHQ, 2018)

Date d’inventaire	Taxon inventorié	Niveau d’eau (m)	Débit (m <sup>3</sup> /sec)
6 juillet 2016	Mulettes	25,26	5,22
14-15 juillet 2016	Poissons	25,41-25,51	10,53-14,72
4-5 septembre 2016	Poissons	25,40-25,35	10,30-8,17
8 septembre 2016	Mulettes	25,31	7,774
17 septembre 2016	Benthos	25,3	7,152
2-4 septembre 2017	Poissons	25,35-25,53	9,36-20,03
11-12-13 septembre 2017	Mulettes	25,76-25,54	35,17-20,92
16 septembre 2017	Benthos	25,43	3,61

**Tableau 14.** Moyenne mensuelles des données hydrologiques à la station 030345 du CEHQ (CEHQ, 2018)

Mois	Niveau d’eau (m)	Débit (m <sup>3</sup> /sec)
Juillet 2016	25,41	10,84
Juillet historique	25,61	28,13
Septembre 2016	25,36	10,21
Septembre 2017	25,50	19,65
Septembre historique	25,57	28,01



## **ANNEXE 3.**

### **Liste des anomalies externes chez les poissons**

**Tableau 15.** Liste des anomalies externes examinées chez les poissons

Anomalies	Lettre	Description	Précision à noter
<b>Déformation</b>	D	Déformation des nageoires, de la colonne vertébrale, de la tête. La maladie des yeux exorbités et les blessures traumatiques ne devraient pas être incluses.	Type et description (scoliose, malformation nageoire, maxillaire, brachycéphalie, etc.)
<b>Érosion nageoire</b>	E	Nécrose des tissus de la nageoire, pouvant être causée ou non par une bactérie. Les érosions causées par des traumatismes lors de la capture ne sont pas incluses dans cette catégorie, mais plutôt dans « blessure traumatique »	Type de nageoire (dorsale, caudale, etc.) et degré d'érosion relatif (faible, moyen, élevé)
<b>Lésion</b>	L	Sont incluses ici les lésions apparaissant comme des ulcères ouverts ou des tissus exposés. Les hématomes, les dermatites et les hyperplasies sont aussi inclus. Les lésions traumatiques ou causées par un parasitisme ne sont pas notées à moins d'infection subséquente.	Description et site de la lésion
<b>Tumeur</b>	T	Tumeur cancéreuse ayant l'apparence d'une masse. Une masse cancéreuse se distingue des masses parasitaires car plus ferme et se brise difficilement entre les doigts.	Noter s'il s'agit d'un papillome ou autre type (sarcome, lipome, etc.)
<b>Anomalies DELT multiples</b>	M	Si plus d'une anomalie DELT est présente, on identifie par la lettre M.	
<b>Points noirs</b>	PPN	Métacercaires de trématodes enkystés sur le corps du poisson ayant l'apparence d'un point noir.	Nombre approximatif. Degré d'infestation (élevé = points couvrant le corps en grande partie, distance entre les points inférieur au diamètre des yeux)
<b>Points blancs</b>	PPB	Plusieurs parasites peuvent causer des kystes ou points blancs sur le corps (ichthyophthiriase, microsporidies ou myxosporidies). Comme un examen histologique peut être nécessaire pour les différencier, ils sont tous regroupés sous cette catégorie. Les parasites blancs situés dans l'œil sont notés dans la catégorie « parasites des yeux ».	Nombre approximatif  Degré d'infestation (élevé = points couvrant le corps en grande partie)
<b>Parasites des yeux</b>	PY	Les parasites situés dans les yeux sont notés dans cette catégorie même s'il s'agit d'un point blanc (ex. myxosporidies), à cause de l'influence possible sur la vision.	Description et présence œil droit et/ou gauche
<b>Sangsue</b>	PS	La présence de sangsues est notée.	Nombre et position sur le corps. Degré d'infestation (élevé = > 6 sangsues ou marques d'attaches)

Anomalies	Lettre	Description	Précision à noter
<b>Copépode parasite</b>	PC	Présence de copépodes parasites (anchor worms) se fixant sur la peau, qui provoque une ulcération caractéristique.	Nombre et position sur le corps. Degré d'infestation (élevé = > 6 copépodes ou marques d'attache)
<b>Poux des poissons</b>	PP	Présence de poux des poissons ( <i>Argulus</i> sp) ou marques d'attaches.	Nombre et position sur le corps. Degré d'infestation (élevé = > 6 poux ou marques d'attache)
Anomalies	Lettre	Description	Précision à noter
<b>Autre parasite</b>	PA	Tous les autres parasites sont notés.	Description et position sur le corps
<b>Pétéchies</b>	H	La présence de points rouges isolés et de pétéchies est notée ici. La cause peut être environnementale, infectieuse ou traumatique (causé par exemple par la pêche électrique elle-même).	
<b>Champignon</b>	CHAMP	Mousse blanchâtre ressemblant à de la ouate causée par un champignon ( <i>Saprolegnia</i> sp).	Position de l'infection sur le corps
<b>Enroulement des écailles</b>	ECAIL	Désorganisation du patron normal des écailles à la suite d'un traumatisme du derme, le plus souvent chez les chevaliers.	
<b>Exophtalmie</b>	YE	Protusion des deux yeux, causée par la maladie des bulles de gaz. Aussi appelée « Popeye disease »	
<b>Blessure traumatique</b>	B	Blessure résultant d'un traumatisme à une partie du corps dû au matériel de pêche, un prédateur ou un autre accident.	Noter l'endroit (flanc, quelle nageoire, maxillaire, branchies, rayons branchiostèges, opercule, préopercule, etc..) et décrire la blessure (ex. déchirure, lésion, lacération ou traumatisme de pêche)
<b>Œil manquant</b>	OMAN	Les yeux manquants sont notés séparément des autres blessures traumatiques.	Décrire de quel côté
<b>Cataracte</b>	OC	Opacité du cristallin de l'œil, souvent causé par un parasite, la douve.	Décrire de quel côté et le degré d'opacité (complet (G) ou partiel (P))
<b>Mauvaise condition</b>	COBD	Poisson excessivement maigre, en mauvaise condition. Corps émacié.	
<b>Décoloration du corps</b>	DECO	Décoloration du corps.	
<b>Autre</b>	AUTRE	Tout autre type d'anomalie externe facilement visible.	Noter et décrire tout autre type d'anomalie

## LISTE DES ANOMALIES EXTERNES CHEZ LES POISSONS

Les catégories d'anomalies externes utilisées suivent les catégories proposées par le MDDELCC (2016), les méthodes standardisées aux États-Unis (OHIO EPA, 1989) et celles dans divers inventaires au Québec (Richard, 1996; La Violette, 1999; La Violette et coll., 2003). Pour des photos et des descriptions plus détaillées voir Uhland *et coll.* (2000) et MDDELCC (2016). Notez que dans le calcul d'indice d'intégrité biologique, seules les anomalies de type DELT sont considérées, ce qui correspond aux 5 premières catégories du tableau. Tous les parasites sont regroupés sous la lettre P.

### Références :

La Violette, N. 1999. Le bassin de la rivière Yamaska : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu. Section 6. Rapport no EA-14, Ministère de l'Environnement, Direction des écosystèmes aquatiques. 70 p.

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: pp: 237 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2016. Guide de classification des anomalies externes de poissons d'eau douce du Québec. 179 pages.

Ohio EPA. 1989. Biological criteria for the protection of aquatic life: Volume III. Standardized biological field sampling and laboratory methods for assessing fish and macroinvertebrate communities. Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of Water Quality Planning and Assessment, Columbus, Ohio.

Richard, Y. 1996. Le bassin versant de la rivière Saint-François : Les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Direction des écosystèmes aquatiques. 70 p. + 10 annexes

Uhland, C., I. Mikaelian, et D. Martineau. 2000. Maladies des poissons d'eau douce du Québec, guide de diagnostic. 466 p.

## **ANNEXE 4.**

### **Détails du calcul des biomasses et des différents indices**

## Calcul de la biomasse

Comme les biomasses par individu n'ont pas pu être déterminées individuellement étant donné les petites tailles des poissons et les limites de l'appareil utilisé sur le terrain en 2016, elles ont été estimées à partir de la médiane de poids par classe de taille des sous-échantillons pesés précisément sur le terrain ou en laboratoire. En effet, les poissons avaient été pesés individuellement aux stations amont et aval de la station d'épuration à l'été 2016 de même qu'à un sous-échantillon de la station Tarte durant l'été et l'automne 2016. Les différences entre les saisons étant principalement dues aux tailles, les données ont été considérées ensemble pour nos estimations. Une estimation a ensuite été effectuée à partir des poissons réellement pesés et des médianes de chaque classe de taille pour chaque type morphologique de poissons.

Les espèces ont en effet été regroupées pour trois types morphologiques :

- 1) Les petits poissons effilés comme les foulles-roches zébrés, les raseux-de-terre et les cyprinidés.
- 2) Les poissons plus tubulaires comme les achigans et les meuniers.
- 3) Les poissons ronds, peu allongés et aplatis comme les crapets.

**Tableau 16.** Estimations de poids utilisées dans le calcul des biomasses en 2016

Classe de taille	Petits percidés et cyprinidés	Achigans et catostomidés	Crapets
< 40 mm	0,1 g	0,2 g	1,5 g
40-49 mm	0,5 g	1,5 g	2,5 g
50-59 mm	1,5 g	2,5 g	4,0 g
60-69 mm	2,5 g	4,0 g	6,0 g
70-79 mm	4,0 g	6,0 g	NA (tous mesurés directement)
80-89 mm	6,0 g	8,0 g	NA (tous mesurés directement)
90-99 mm	NA (un seul pesé)	11,0 g	NA (aucun capturé)

Tous les individus d'une longueur de 100 mm (ou les crapets de plus de 70 mm) ont été pesés à moins d'un oubli et ce poids a été utilisé dans le calcul de biomasse dans tous les cas. En présence d'un oubli, le poids d'un individu de taille semblable était utilisé comme estimation. Les estimations du tableau ci-haut ont été utilisées pour tous les individus non pesés dans l'estimation de la biomasse des stations

où des pesées individuelles n'étaient pas disponibles. En effet, pour le calcul des différents indices, il fallait obtenir la biomasse totale par station et la biomasse par espèce par station. Puisque, pour la majorité des espèces en 2016, l'ensemble des individus n'a pu être pesé directement, les estimations ont été utilisées dans les calculs en 2016. Ce modèle a été validé en comparant la biomasse totale estimée selon le modèle ci-haut à la biomasse totale obtenue par la pesée directe des individus. Le tableau suivant montre la comparaison des poids obtenus par l'estimation selon le modèle ci-haut par rapport au poids réel obtenu par la pesée directe des individus en 2016 (ensemble ou séparément). La différence entre les deux méthodes étant inférieure à 10%, l'erreur possiblement induite est considérée négligeable.

En 2017, les poids réels individuels ont été pris sur le terrain à l'aide de la balance de plus grande précision, et ce poids a été utilisé dans les calculs. En présence d'un oubli, les estimations de poids selon le tableau 7 ont été utilisées.

**Tableau 17.** Comparaison des poids estimés pour certains échantillons avec les poids réels en 2016

Station-relevé	Poids total réel (g)	Poids total estimé (g)	Différence
Choquette-automne	410 g	417,6 g	+ 7,6 g (+ 1,9 %)
Amont-été <sup>1,2</sup>	94,8 g <sup>1</sup>	100,4 <sup>2</sup> g	+ 5,6 g (+ 5,1%)
Aval-été <sup>1,2</sup>	167,3 g <sup>1</sup>	150,1 g <sup>2</sup>	- 17,2 g (- 10,3 %)
Aval-automne	910 g	902,7 g	- 7,3 g (- 0,8 %)
Sirois-été	90 g	82,2 g	- 7,8 g (- 8,7 %)
Sirois-automne	385 g	419 g	+ 34 g (+ 8,8 %)
Tarte-été <sup>1,2</sup>	737,2g <sup>1</sup>	732,2 g <sup>2</sup>	- 6,0 g (- 0,8 %)
Tarte-automne	2168,5 g	2180,7 g	+ 12,2 g (+ 0,6 %)
Cadorette-automne	313,1 g	334,3 g	- 21,2 g (- 6,8 %)
TOTAL <sup>1,2</sup>	5275,9 g <sup>1</sup>	5318,2 g <sup>2</sup>	+ 42,3 g (+ 0,8 %)

<sup>1</sup> Seulement les poissons réellement pesés ont été utilisés pour valider ce modèle (le poids réel exclut donc tous les individus non pesés ou d'un poids trop petit pour permettre la pesée à l'aide de la balance). Ce poids ne correspond donc pas à la biomasse totale utilisée ailleurs dans le calcul des indices qui ajoute à ce poids l'estimation de poids pour les individus non pesés ou de taille inférieure à 40 mm.

<sup>2</sup> Le poids estimé exclut ici les estimations pour tous les individus non pesés réellement (soit par oubli ou dysfonctionnement de la balance) et donc ce poids ne correspond pas à la biomasse totale utilisée ailleurs dans le calcul des indices.



## Calcul de l'indice du Well-Being (IWB)

La méthodologie utilisée ici et la formule mathématique sont directement tirées de Richard (1996) qui a lui-même tiré cet indice des travaux d'autres auteurs (Gammon, 1980 *in* Richard, 1996, Ohio EPA, 1987).

$$\text{Indice de Well-Being (IWB)} = 0,5 \ln N + 0,5 \ln B + H'_n + H'_b$$

Où N = nombre de prises par unité d'effort (PUE) totales

B = biomasse (en g) par unité d'effort (BUE) totale

$$H'_n = 2,303 [\log_{10} n_i - (1/n \sum n_i \log_{10} n_i)]$$

$$H'_b = 2,303 [\log_{10} b_i - (1/n \sum b_i \log_{10} b_i)]$$

n = nombre total d'individus capturés par unité d'effort à chaque station

$n_i$  = nombre d'individus capturés par unité d'effort appartenant à l'espèce i

b = biomasse totale prélevée par unité d'effort à chaque station

$b_i$  = biomasse prélevée par unité d'effort pour l'espèce i

Yvon Richard (1996) explique ensuite « L'indice de Well-Being peut aussi être modifié (IWBm) en retranchant des variables N et B la contribution du PUE et en BUE des espèces tolérantes à la pollution, sans toutefois les retrancher dans le calcul des indices de Shannon ( $H'_n$  et  $H'_b$ ). En milieux pollués, cette modification augmente la sensibilité de l'indice puisque la valeur alors enregistrée est d'autant plus basse qu'il y a une forte dominance des espèces tolérantes. La différence de valeur entre les deux indices (IWB-IWBm) serait une indication directe du degré d'altération des communautés piscicoles (OHIO EPA, 1987). » Le tableau 19 et 22 présente les résultats des différents indices pour 2016 et 2017 respectivement.

**Tableau 18.** Nombre de captures (et biomasse totale (g)) par espèces capturées dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2016

Nom commun	Nom latin	Tolérance à la pollution <sup>1</sup>	Niveau trophique <sup>1</sup>	Nom de la station								
				Choquette	Amont- épuraton	Aval- épuraton		Sirois		Tarte		Cadorette
				Sept.	Juillet	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Sept.
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	Intermédiaire	Omnivore	0	0	0	2 (165)	0	0	0	2 (261,2)	1 (6)
Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	Tolérant	Omnivore	0	0	1 (2,5)	0	0	0	0	0	0
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	0	0	0	2 (2,6)	0	0	0	41 (4,9)
Méné pâle ou paille	<i>Notropis sp. (volucellus ou stramineus)</i>	Intolérant/ Intermédiaire	Insectivore	0	0	0	0	2 (1)	0	0	0	2 (1)
Méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>	Tolérant	Omnivore	0	0	0	0	5 (9,5)	0	0	1 (2,5)	2 (0,6)
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	Tolérant	Omnivore	1 (280)	6 (13)	8 (20,5)	20 (216)	5 (17)	2 (19)	5 (310)	61 (828)	22 (178)
Chevalier blanc	<i>Maxostoma anisurum</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	0	0	0	0	0	0	3 (20)	0
Chevalier rouge	<i>Maxostoma macrolepidotum</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	0	0	0	0	0	0	1 (6)	0
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	Tolérant	Insectivore	5 (3,7)	0	0	1 (0,5)	0	0	0	1 (0,5)	8 (4,1)
Chat-fou des rapides	<i>Noturus flavus</i>	Intolérant	Insectivore	0	0	0	0	0	0	0	2 (84,2)	0
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	Intermédiaire	Insectivore/ piscivore	1 (4)	1 (12,9)	0	7 (165,5)	0	1 (4)	4 (30,6)	11 (439,3)	1 (4)
Crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	Intermédiaire	Insectivore	41 (106,7)	0	0	38 (62)	0	19 (31,5)	1 (1,5)	0	20 (53,5)
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	Intermédiaire	Piscivore	1 (12,5)	16 (33,8)	29 (95,2)	16 (139,5)	15 (31)	10 (81)	33 (353)	20 (145)	1 (6)
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	Intermédiaire	Insectivore/ piscivore	0	0	0	0	0	0	0	1 (6)	0
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	Intermédiaire	Piscivore	0	0	0	0	0	1 (24,7)	0	1 (24,7)	0
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	16 (34,8)	9 (12,5)	14 (80)	7 (9,5)	18 (73,5)	40 (86,5)	74 (303,4)	12 (50)
Raseux-de-terre spp. (noir et gris)	<i>Etheostoma nigrum/ olmstedii</i>	Tolérant	Insectivore	15 (10,7)	109 (21,3)	109 (29,8)	33 (74,2)	60 (11,6)	146 (185,3)	13 (11,6)	38 (59,9)	20 (26,1)

**Tableau 19.** Valeur de différents indices ayant servi au calcul de l'IIB dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2016

Valeur des différents indices	Nom de la station								
	Choquette	Amont- épuration	Aval- épuration		Sirois		Tarte		Cadorette
	Sept.	Juillet	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Sept.
Nombre total de poissons	64	148	156	131	96	197	96	216	130
Biomasse totale (g)	410	110	178	910	90	385	799	2169	313
Unité d'effort de pêche (min)	30	32	43	40	35	40	35	60	45
Prise par unité d'effort (PUE ou N)	2,133	4,625	3,628	3,275	2,743	4,925	2,743	3,6	2,889
Contribution des espèces tolérantes au PUE	0,7	3,594	2,744	1,35	2	3,7	0,514	1,683	1,156
Biomasse par unité d'effort (BUE ou B) (g/min)	13,667	3,438	4,139	22,75	2,571	9,625	22,829	36,15	6,956
Contribution des espèces tolérantes au BUE (g/min)	9,813	1,072	1,228	7,2675	1,089	5,108	9,189	14,848	4,64
H'n	1,0196	0,8701	0,9127	1,7469	1,2441	0,9179	1,3367	1,6726	1,8731
H'b	0,8517	1,4835	1,2692	1,8791	1,6552	1,3733	1,19	1,7446	1,3515
IWB	3,558	3,737	3,536	5,782	3,876	4,220	4,595	5,851	4,725
IWBm	2,726	2,800	2,654	5,323	2,948	3,147	4,234	5,272	3,920
IWB-IWBm	0,832	0,937	0,882	0,458	0,928	1,074	0,361	0,580	0,805
Nombre d'espèces de catostomidés	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Nombre d'espèces intolérantes	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Abondance relative d'omnivores (%)	1,6	4,05	5,8	16,8	10,4	1,0	5,2	29,6	19,2
Abondance relative de cyprinidés insectivores (%)	0	0	0	0	4,2	0	0	0	33,1
Abondance relative de piscivores (%)	3,1	11,5	18,6	17,6	15,6	6,1	38,5	15,2	1,5
Proportion avec anomalies de type DELT <sup>2</sup> (%)	44,4	40,7	64,9	73,4	38,9	45	29,1	77,3	56,3

<sup>1</sup> L'information par défaut est celle présentée dans Richard (2014). <sup>2</sup> Taux de DELT basé sur les poissons vivants ou frais morts examinés sur le terrain seulement. Quelques poissons morts récoltés sont toujours en analyse et donc les taux du rapport final pourraient être différents.

**Tableau 20.** Cotes des différentes variables (et valeurs) utilisées pour former l'indice d'intégrité biologique (IIB) en 2016.

Numéro du critère	Variable <sup>1</sup>	Nom de la station								
		Choquette	Amont- épuration	Aval- épuration		Sirois		Tarte		Cadorette
		Sept.	Juillet	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Juillet	Sept.	Sept.
1	IWB-IWBm	Moyenne (6)	Moyenne (6)	Moyenne (6)	Excellente (10)	Moyenne (6)	Faible (2)	Excellente (10)	Excellente (10)	Moyenne (6)
2	Nombre d'espèces de catostomidés	Moyenne (3)	Moyenne (3)	Moyenne (3)	Moyenne (3)	Moyenne (3)	Moyenne (3)	Moyenne (3)	Excellente (5)	Moyenne (3)
3	Nombre d'espèces intolérantes	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Moyenne (3)	Faible (1)	Faible (1)	Moyenne (3)	Moyenne (3)
4	Abondance relative d'omnivores (%)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Moyenne (3)	Moyenne (3)
5	Abondance relative de cyprinidés insectivores (%)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Moyenne (3)
6	Abondance relative de piscivores (%)	Moyenne (3)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Moyenne (3)	Excellente (5)	Excellente (5)	Moyenne (3)
7	Proportion avec anomalies de type DELT <sup>2</sup> (%)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)
Total		20	22	22	26	24	14	26	28	22
IIB (total X 1,5)		30	33	33	39	36	21	39	42	33
Valeur		Faible	Faible	Faible	Moyen	Faible	Très faible	Moyen	Moyen	Faible

<sup>1</sup> Les variables et leur définition sont présentées dans Richard (2014). <sup>2</sup> Taux de DELT basé sur les poissons vivants ou frais morts examinés sur le terrain seulement. Quelques poissons morts récoltés sont toujours en analyse et donc les taux du rapport final pourraient être différents.

**Tableau 21.** Nombre de captures (et biomasse totale (g)) par espèces capturées dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2017

Nom commun	Nom latin	Tolérance à la pollution <sup>1</sup>	Niveau trophique <sup>1</sup>	Nom de la station				
				CHOQUETTE	AVAL-ÉPURATION	SIROIS	TARTE	CADORETTE
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	Intermédiaire	Insectivore/ piscivore	5 (207,64)	2 (0,48)	0	6 (145,13)	1 (1,5)
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	Tolérant	Omnivore	0	2 (51,15)	0	9 (602,24)	3 (16,73)
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	1 (1,75)	0	2 (3,54)	0
Raseux-de-terre spp.	<i>Etheostoma nigrum/ olmstedii</i>	Tolérant	Insectivore	5 (3,91)	149 (119,71)	49 (49,94)	31 (39,75)	10 (11,96)
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	Tolérant	Insectivore	1 (0,66)	0	0	0	0
Crayon d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	0	0	0	2 (0,6)
Crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	Intermédiaire	Insectivore	6 (60,86)	1 (20,2)	1 (26,36)	1 (18,73)	2 (22,44)
Chevalier blanc	<i>Maxostoma anisurum</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	0	0	2 (7,82)	0
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	Intermédiaire	Piscivore	0	8 (38,36)	8 (41,5)	5 (45,32)	1 (47,91)
Méné pâle ou paille	<i>Notropis sp. (volucellus/ stramineus)</i>	Intolérant/ Intermédiaire	Insectivore	0	11 (20,83)	0	12 (15,82)	7 (12,86)
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	Intermédiaire	Insectivore/ piscivore	1 (3,63)	6 (34,93)	0	38 (227,8)	7 (35,13)
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	Intermédiaire	Insectivore	0	2 (14,11)	8 (31,93)	17 (101,05)	0
Méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>	Tolérant	Omnivore	1 (2,56)	1 (2)	0	7 (16,22)	0
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	Intermédiaire	Généraliste	0	0	0	4 (13,75)	0
Nombre total de poissons				19	183	66	134	34
Biomasse totale (g)				280	303	150	1237	149

**Tableau 22.** Valeur de différents indices ayant servi au calcul de l'IIB dans les stations échantillonnées dans la rivière Yamaska en 2017

Valeur de différents indices	Nom de la station				
	CHOQUETTE	AVAL-ÉPURATION	SIROIS	TARTE	CADORETTE
Unité d'effort de pêche (min)	23	25	30	40	31
Prise par unité d'effort (PUE ou N)	0,826	7,32	2,2	3,35	1,097
Contribution des espèces tolérantes au PUE	0,304	6,08	1,633	658,21	0,419
Biomasse par unité d'effort (BUE ou B) (g/min)	12,142	12,141	4,991	30,992	4,811
Contribution des espèces tolérantes au BUE (g/min)	0,31	6,914	1,665	1,175	0,925
H'n	1,532	0,819	0,796	1,626	1,87
H'b	0,726	1,757	1,357	2,039	1,753
IWB	3,411	4,82	3,352	7,831	4,454
IWBm	3,168	3,511	2,471	7,236	4,106
IWB-IWBm	0,243	1,309	0,881	0,594	0,348
Nombre d'espèces de catostomidés	0	1	0	2	1
Nombre d'espèces intolérantes	0	1	0	1	1
Abondance relative d'omnivores (%)	5,26	1,64	0	11,94	8,82
Abondance relative de cyprinidés insectivores (%)	0	6,01	0	8,96	20,6
Abondance relative de piscivores (%)	26,32	5,46	12,12	8,21	5,9
Proportion avec anomalies de type DELT <sup>2</sup> (%)	31,58	19,13	36,36	48,49	23,53

<sup>1</sup> L'information par défaut est celle présentée dans Richard (2014). <sup>2</sup> Taux de DELT basé sur les poissons vivants ou frais morts examinés sur le terrain seulement. Quelques poissons morts récoltés sont toujours en analyse et donc les taux du rapport final pourraient être différents.

**Tableau 23.** Cotes des différentes variables (et valeurs) utilisées pour former l'indice d'intégrité biologique (IIB) en 2017

Numéro du critère	Variable <sup>1</sup>	Nom de la station				
		CHOQUETTE	AVAL-ÉPURATION	SIROIS	TARTE	CADORETTE
1	IWB-IWBm	Excellente (10)	Faible (1)	Moyenne (6)	Excellente (10)	Excellente (10)
2	Nombre d'espèces de catostomidés	Faible (1)	Moyenne (3)	Faible (1)	Excellente (5)	Moyenne (3)
3	Nombre d'espèces intolérantes	Faible (1)	Moyenne (3)	Faible (1)	Moyenne (3)	Moyenne (3)
4	Abondance relative d'omnivores (%)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)
5	Abondance relative de cyprinidés insectivores (%)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)
6	Abondance relative de piscivores (%)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)	Excellente (5)
7	Proportion avec anomalies de type DELT <sup>2</sup> (%)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)	Faible (1)
Total		24	18	20	30	28
IIB (total X 1,5)		36	27	30	45	42
		Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen

<sup>1</sup> Les variables et leur définition sont présentées dans Richard (2014). <sup>2</sup> Taux de DELT basé sur les poissons vivants ou frais morts examinés sur le terrain seulement. Quelques poissons morts récoltés sont toujours en analyse et donc les taux du rapport final pourraient être différents.



## **ANNEXE 5.**

### **Valeurs historiques de Richard (2014)**

**Tableau 24.** Nombre de poissons capturés par espèce (biomasse (g)) et valeurs des indices aux stations Tarte et Cadorette de 1995 à 2011

Nom français	Nom latin	Station échantillonnée				
		Tarte		Cadorette		
		26 août 1995 <sup>1</sup>	22 août 2003 <sup>1</sup>	23 août 1995 <sup>1</sup>	3 septembre 2003 <sup>1</sup>	11 août 2011 <sup>1</sup>
Gaspereau	<i>Alosa pseudoharangus</i>	0	0	0	0	2 (25,5)
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	27 (387)	1 (4,8)	10 (28164,1)	6 (20894,0)	1 (47,2)
Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	1 (3,8)	0	0	0	0
Quitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	0	0	0	0	1 (1,9)
Méné à nageoires rouges	<i>Luxilus cornutus</i>	0	0	0	0	4 (4,3)
Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	0	0	0	4 (19,9)	0
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	0	0	1 (0,2)	1 (2,8)	1 (1,9)
Méné d'argent	<i>Hybognathus regius</i>	0	0	2 (6,7)	12 (53,4)	22 (39,4)
Méné émeraude	<i>Notropis atherinoides</i>	0	0	1 (1,1)	56 (113,4)	0
Méné à queue tachée	<i>Notropis hudsonius</i>	0	0	19 (65,0)	41 (99,4)	30 (87,4)
Méné pâle ou paille	<i>Notropis volucellus /stramineus</i>	0	6 (9,7)	1 (0,4)	9 (16,8)	6 (8,9)
Méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>	16 (13,1)	4 (12,0)	4 (3,3)	0	3 (1,7)
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	26 (284,8)	21 (455,4)	6 (48,3)	3 (18,9)	0
Chevalier blanc	<i>Maxostoma anisurum</i>	3 (18,1)	0	1 (9,2)	0	16 (67,8)
Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	1 (4,3)	0	0	0	0
Chevalier rouge	<i>Maxostoma macrolepidotum</i>	30 (134,8)	0	3 (11,2)	0	21 (42,9)
Couette	<i>Carpiodes cyprinus</i>	0	0	1 (10)	0	0
Grand Brochet	<i>Esox lucius</i>	0	0	0	1 (812,2)	1 (790)
Maskinongé	<i>Esox masquinongy</i>	0	0	0	0	1 (27,7)
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	0	2 (5,8)	0	0	0
Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	0	0	0	0	1 (2)
Chat-fou des rapides	<i>Noturus flavus</i>	0	0	0	0	0
Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	3 (15,8)	0	0	0	0
Lotte	<i>Lota lota</i>	1 (93,2)	0	0	0	0
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	137 (354,0)	2 (23,1)	4 (9,9)	0	10 (49,4)
Crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	39 (79,8)	2 (17,9)	26 (49,6)	17 (157,7)	9 (33,0)

Nom français	Nom latin	Station échantillonnée				
		Tarte		Cadorette		
		26 août 1995 <sup>1</sup>	22 août 2003 <sup>1</sup>	23 août 1995 <sup>1</sup>	3 septembre 2003 <sup>1</sup>	11 août 2011 <sup>1</sup>
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	18 (1059,8)	25 (153,6)	3 (30,6)	5 (165,0)	5 (41,9)
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	9 (41,3)	5 (20,6)	66 (332,1)	20 (263,3)	21 (249,3)
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	0	2 (38,3)	2 (45,0)	4 (57,1)	0
Doré noir	<i>Sander canadensis</i>	0	0	1 (399,8)	0	0
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	75 (429,8)	237 (678,9)	0	1 (3,3)	2 (4,9)
Raseux-de-terre spp. (noir et gris)	<i>Etheostoma nigrum/ olmstedii</i>	12 (23,0)	10 (24,7)	1 (0,5)	0	2 (5,8)
<i>Nombre total de captures</i>		398	317	152	180	159
<i>Biomasse totale (g)</i>		2942,6	1444,8	30187	22677,2	1532,9
<i>Diversité totale (n. espèce)</i>		15	12	18	15	21
<i>Effort de pêche (minutes)</i>		26,9	21,9	18	15	21,1
<i>Indice d'intégrité biotique</i>		42	45	30	42	51
<i>Proportion de poissons avec des anomalies de type DELT (%)</i>		9,4	0,4	2,6	1,7	0
<i>IWB-IWBm</i>		0,25	0,28	1,79	1,32	0,04

<sup>1</sup> Données tirées de Richard (2014)

## **ANNEXE 6.**

### **Photos des espèces de poissons capturées lors des inventaires**



**Figure 28.** Centrarchidés et percidés capturés lors de l'inventaire de pêche électrique dans la rivière Yamaska.

A (en haut à gauche) : Crapet soleil. B (en haut à droite) : Achigan à petite bouche C (2<sup>e</sup> rangée à gauche) : Crapet de roche. D (2<sup>e</sup> rangée à droite) Perchaude. E (3<sup>e</sup> rangée à gauche) : Doré jaune. F (3<sup>e</sup> rangée à droite) : Fouille-roche zébré. G (en bas) : Raseux-de-terre. (Photos : Isabelle Picard).





**Figure 29.** Cyprinidés capturés lors de l’inventaire de pêche électrique dans la rivière Yamaska.

A (en haut à gauche) : Méné bleu. B (en haut à droite) : Méné pale ou paille (*Notropis* sp.). C (2e rangée à gauche) : Méné à museau arrondi. D (2e rangée à droite) : Ouitouche. E (en bas à gauche) : Carpe. F (en bas à droite) : Mulet à cornes. (Photos : Isabelle Picard).



**Figure 30.** Catostomidés, anthérinopsidés et fondulidés capturés lors de l’inventaire de pêche électrique dans la rivière Yamaska.

A (en haut à gauche) : Chevalier rouge. B (en haut à droite) : Meunier noir. C (2e rangée à gauche) : Chevalier blanc. D (2e rangée à droite) : Crayon d’argent. E (en bas à gauche) : Fondule barré. F (en bas à droite) : Raseux-de-terre non identifié. (Photos : Isabelle Picard).



## **ANNEXE 7.**

### **Détails des échantillons de benthos récoltés dans la rivières Yamaska en 2016 et 2017**

**Tableau 25.** Composition des espèces benthiques dans les échantillons récoltés dans la rivière Yamaska selon les stations en 2016 et 2017 et valeurs des principaux critères et de l'indice de santé benthos

STATIONS	Cadorette		Amont-Cadorette		Tarte		Sirois		Aval-station d'épuration		Pratte		Pont Concorde	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
ANNELLIDA														
Hirudinea <sup>1</sup> , -	1				1						2		2	
Oligochaeta <sup>1</sup> , -	11.5	2			18		8	6	10	10	5	2	6	
CRUSTACEA														
Amphipoda, Gammaridae	35	6	11		148	58	21	8	43	17	27	39	61	17
Cladocera, -		3			9						169			
Isopoda, -		11			3			2		2				
ARACHNIDA														
Acari <sup>2</sup> , -	2										1			
Trombidiformes, -		1												
ENTHOGNATA														
Collembola, -													1	
INSECTA														
Coleoptera, *** Hydrophiloidea			1											
Coleoptera, Elmidae	7		13	6	10		6	8	14	53		14		
Coleoptera, Gyrinidae	1										1			
Diptera, Ceratopogonidae		1					1			5				
Diptera, Chironimidae	90	56	107	22	103	50	76	49	94	33	38	19	27	22
Diptera, Groupe 5.2 (emphididae)	1		3	3	1									2
Diptera, NI					1						1			
Diptera, Simuliidae			6	9		6								31
Ephemeroptera, Caenidae	10	20	2	1	8	5	7	50		33	1	6	1	
Ephemeroptera, Ephemerellidae			2	53		1								
Ephemeroptera, groupe 1.1							1	1	1					
Ephemeroptera, groupe 1.2			34	75		15	1	2		1		8		14
Ephemeroptera, Heptageniidae		5	2	1				1		2				
Ephemeroptera, NI		5	19	47	2	4	1					1		
Ephemeroptera, Tricorythidae	8	14	3	1	7	5						6	2	

STATIONS	Cadorette		Amont-Cadorette		Tarte		Sirois		Aval-station d'épuration		Pratte		Pont Concorde	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
Hemiptera, Corixidae		2												
Megaloptera, Sialidae							3			1				
Odonata, Zygoptera (lestidae)	3		1		5	1	11		9	2	6			
Trichoptera, Glossosomatidae				1										
Trichoptera, groupe 2.1				1			1		1		1			
Trichoptera, groupe 2.2					1	2			2	4				
Trichoptera, Helicopsychidae		1	6		2	6				1				2
Trichoptera, Hydropsychidae	3				9	7		2	1		1	1	2	11
Trichoptera, Hydroptilidae	1								1		1			
Trichoptera, Leptoceridae			3		3		1	6		16	1	6		4
Trichoptera, NI								1						
MAXILLOPODA														
Copepoda <sup>2</sup> , -	3				7				4		44	2	5	
Ostracoda, -	32	49	4	12	271	31	105	35	25	17	92	80	331	7
MOLLUSCA														
Gastropoda, Prosobranchia <sup>2</sup>			13	4	35	6	3			2	1	1		27
Gastropoda, Ancylidae	2										27	1		1
Gastropoda, Lymnaeidae						3		1						
Gastropoda, Physidae		3				6		9		8	2	10	28	45
Gastropoda, Planorbidae		1				7	4	32		3	2	4		12
Veneroidea, Pisidiidae	2	10	10	1	19	4	7	6	7	4	10	43	28	74
PLATYHELMINTHES	3				6		7		10	1	24		13	2
<b>TOTAL D'ORGANISMES PAR STATIONS</b>	215,5	190	240	237	669	217	264	219	222	215	457	243	507	271
<b>Nombre de taxons</b>	18	17	18	15	22	18	18	17	14	20	22	17	13	15
<b>Nombre taxons EPT</b>	4	5	8	8	7	8	6	7	5	6	5	6	3	4
<b>% EPT sans Hydrochiridae</b>	8,82	23,68	29,58	75,95	3,44	17,51	4,55	27,85	2,25	26,51	0,88	11,11	0,59	7,38
<b>% chironomidae</b>	41,76	29,47	44,58	9,28	15,4	23,04	28,79	22,37	42,34	15,35	8,32	7,82	5,33	8,12
<b>% familles dominantes</b>	58	55,26	58,75	54,01	67,12	37,33	68,56	45,21	61,71	40	57,11	50,62	77,32	43,91
<b>FBI</b>	7,34	7,11	6,12	3,56	7,44	6,91	7,5	7,02	7,3	6,38	7,59	6,84	7,68	6,41
<b>ISB</b>	47,67	54,98	59,81	80,85	55,4	64,21	48,51	62,44	43,5	67,16	55,59	58,92	41,44	56,62

<sup>1</sup> Pas un vrai ordre selon ITIS (2017). <sup>2</sup> Sous-classe.