



Amélioration de la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre

FICHE SYNTHÈSE

Octobre 2019

RÉALISATION DU DOCUMENT

Ce document fait état des travaux du Comité d'experts sur l'amélioration de la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre qui a été mis en place le 8 décembre 2016 par la Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre (TCRLSP). Ce comité a reçu le mandat d'élaborer un plan d'action quinquennal, concerté visant à redonner au lac Saint-Pierre une qualité de l'eau pouvant supporter un écosystème en santé ainsi que les usages anthropiques liés à la ressource en eau.

Ce dernier est composé de membres experts représentant des secteurs spécifiques.

Secteur	Organisation	Membre
Agriculture	Union des producteurs agricoles (UPA)	Simon Marmen
Gestion de l'eau	Comité ZIP du lac Saint-Pierre	Louise Corriveau Gérard Massé
	Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet (COPERNIC)	Karine Dauphin
Gouvernement fédéral	Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)	Christiane Hudon
Gouvernement provincial	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)	Hélène Bernard Mikael Guillou
	Ministère des Affaires municipales et Habitation (MAMH)	Pascal Beaulieu
	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)	Philippe Brodeur
	Ministère des Transports du Québec (MTQ), Secrétariat de la stratégie maritime	Carl Martineau
	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)	Caroline Anderson Marc Simoneau
Industrie	General Dynamics	Jean-François Roberge
Municipal	MRC de Maskinongé	Marc-Antoine Moreau
Recherche	Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique (GRIL)	Stéphane Campeau
	Pôle d'expertise multidisciplinaire en gestion durable du littoral du lac Saint-Pierre	Maxime Tremblay

L'équipe de coordination de la TCRLSP participe à l'ensemble des travaux du comité. De plus, d'autres experts sont invités sur une base occasionnelle, pour offrir des compléments d'information sur des sujets précis soulevés par le comité. Nous tenons à les remercier pour leur participation.

Nom	Organisation	Conférence
Marc Simoneau	MELCC	<i>Qualité de l'eau du lac Saint-Pierre et de ses tributaires</i>
Serge Hébert	MELCC	<i>Informations sur les masses d'eau et modèles prédictifs de la qualité de l'eau</i>
Stéphane Campeau	GRIL	<i>Suivi des cours d'eau à l'aide de l'IDEC dans le bassin du lac Saint-Pierre</i>
Karine Dauphin	COPERNIC	<i>Enjeux de la qualité de l'eau chez COPERNIC</i>
Philippe Brodeur	MFFP	<i>Faune et qualité de l'eau au lac Saint-Pierre</i>
Hélène Bernard	MAPAQ	<i>Actions en milieu agricole pour améliorer la qualité de l'eau</i>
Christiane Hudon	ECCC	<i>Effets de la qualité de l'eau sur les écosystèmes au lac Saint-Pierre</i>

Nom	Organisation	Conférence
Julie Grenier	Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François	<i>Bassin versant de la rivière Saint-François – Qualité de l'eau et principaux enjeux</i>
Mikaël Guillou	MAPAQ	<i>Effets des pratiques agricoles sur l'hydrologie et la qualité de l'eau</i>
Alex Martin	Organisme de bassin versant de la Yamaska	<i>Qualité de l'eau du bassin versant de la Yamaska</i>
Jean-Pierre Gagnon	Organisme des bassins versants de la Zone Bayonne	<i>Qualité de l'eau des tributaires de la Zone Bayonne</i>
Francis Clément	Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche	<i>Zone du Loup-Yamachiche : Qualité de l'eau et problématiques principales</i>
Marcel Comiré Vincent Coutu	Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu	<i>Bassin versant de la rivière Richelieu</i>
Marie-Claude Bergeron	MELCC	<i>Ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées au Québec</i>
Linda Picard	MELCC	<i>Le Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées</i>
Sylvain Martin	ECCC	<i>Modélisation des masses d'eau du fleuve Saint-Laurent au lac Saint-Pierre</i>
Charles Mercure	Frigon inc.	<i>La phytoprotection</i>
Jean-François Bourque	MELCC	<i>La gestion des pesticides au Québec</i>
Jean-François Girard	Dufresne Hébert Comeau Avocats	<i>Les statuts de protection applicables au lac Saint-Pierre</i>
Isabelle Giroux	MELCC	<i>État de situation sur la présence de pesticides au lac Saint-Pierre et dans ses tributaires</i>
Marie-Hélène April	MAPAQ	<i>La Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture</i>
Daniel Blais	MELCC	<i>Évaluation du risque de perte de phosphore dans les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre - Aspects méthodologiques</i>
Stéphane Campeau	GRIL	<i>Cartographie des risques d'érosion en milieu agricole dans les bassins versants du lac Saint-Pierre</i>

Ce document, qui a été rédigé et réalisé par le Comité ZIP du lac Saint-Pierre dans le cadre des travaux de la TCRLSP, est en attente de l'approbation officielle du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

La TCRLSP a été mise en place et est coordonnée par le Comité ZIP du lac Saint-Pierre. Ce projet a été réalisé avec la participation financière de :



Dans ce document, l'emploi du masculin pour désigner des personnes n'a d'autres fins que celle d'alléger le texte.

L'ensemble des références citées dans la fiche (nombres inscrits en exposant) se retrouve à la section *Références*

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	1
PORTRAIT	3
PORTRAIT GÉNÉRAL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DU LAC SAINT-PIERRE ET DE SES TRIBUTAIRES DIRECTS.....	3
<i>Bassins versants</i>	3
<i>Occupation du sol.....</i>	6
<i>Indicateurs de la qualité de l'eau</i>	10
<i>Évolution des principaux paramètres de qualité de l'eau : concentrations et charges.....</i>	18
<i>Modélisation des concentrations de phosphore.....</i>	22
<i>Autres paramètres de la qualité de l'eau</i>	24
SECTEUR MUNICIPAL 29	
<i>Urbanisation et imperméabilisation des surfaces.....</i>	29
<i>Eaux usées : réseaux municipaux et résidences isolées.....</i>	30
<i>Prélèvement d'eau potable</i>	35
SECTEUR INDUSTRIEL ET AUTRE	36
<i>Principales industries.....</i>	36
<i>Rejets industriels.....</i>	39
<i>Terrains de golf.....</i>	41
SECTEUR AGRICOLE 41	
<i>Types de cultures et d'élevages</i>	41
<i>Types de pratiques culturales.....</i>	43
<i>Cours d'eau en milieu agricole.....</i>	48
<i>Phénomènes d'érosion</i>	49
DIAGNOSTIC.....	51
PROBLÉMATIQUES LIÉES À LA QUALITÉ DE L'EAU	51
<i>Impacts sur les habitats et la vie aquatique.....</i>	51
<i>Impacts sur les usages récréatifs et esthétiques</i>	60
<i>Impacts sur l'approvisionnement en eau potable.....</i>	63
<i>Changements climatiques et qualité de l'eau.....</i>	65
PLAN D'ACTION	68
ORIENTATION A: LIMITER LA POLLUTION DE L'EAU DU SECTEUR MUNICIPAL DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE	68
ORIENTATION B: LIMITER LA POLLUTION DE L'EAU DU SECTEUR INDUSTRIEL ET AUTRES DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE	68
ORIENTATION C: LIMITER LA POLLUTION DE L'EAU DU SECTEUR AGRICOLE DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE	69
PLAN D'ACTION QUINQUENNAL 2019-2024.....	70
PROGRAMME DE SUIVI DE LA MISE EN ŒUVRE	76

ANNEXES	78
ANNEXE 1. LÉGISLATIONS IMPORTANTES LIÉES À LA QUALITÉ DE L'EAU DU LAC SAINT-PIERRE OU AUX ENJEUX QUI L'INFLUENCENT	78
ANNEXE 2. INDICE DE QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE ET PHYSICOCHIMIQUE DES STATIONS SITUÉES DANS LA ZONE LITTORALE DU LAC SAINT-PIERRE, POUR LA PÉRIODE 2014 À 2016.....	85
ANNEXE 3. INDICE DE QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE ET PHYSICOCHIMIQUE DE L'EAU DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE, POUR LA PÉRIODE 2014-2016	86
ANNEXE 4. SUIVI EFFECTUÉ DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE SUIVI BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU LE LONG DES RIVES DU SAINT-LAURENT	87
ANNEXE 5. INDICE DIATOMÉES DE L'EST DU CANADA DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE, ÉCHANTILLONNAGES ENTRE 2002 ET 2016	88
ANNEXE 6. INDICE DE SANTÉ DU BENTHOS DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE, ÉCHANTILLONNAGES ENTRE 2003 ET 2015	89
ANNEXE 7. RÉPARTITION DES MACROINVERTÉBRÉS DOMINANTS AU LAC SAINT-PIERRE, ENTRE 2004 ET 2011	90
ANNEXE 8. BILAN DES CHARGES DE PHOSPHORE, D'AZOTE ET DE MATIÈRES EN SUSPENSION DANS LES PRINCIPAUX TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE, POUR LA PÉRIODE 2009-2012	91
ANNEXE 9. MUNICIPALITÉS DES BASSINS VERSANTS DES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE QUI RÈGLEMENTENT L'USAGE DES PESTICIDES, EN DATE DE JUIN 2019	92
ANNEXE 10. FRÉQUENCE DE DÉTECTION (%) ET NOMBRE DE PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LE LAC SAINT-PIERRE EN 2008, 2014 ET 2015, PAR STATION D'ÉCHANTILLONNAGE.....	93
ANNEXE 11. CONCENTRATIONS MAXIMALES MESURÉES (µG/L) DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LE LAC SAINT-PIERRE EN 2008, 2014 ET 2015, PAR STATION D'ÉCHANTILLONNAGE	94
ANNEXE 12. MUNICIPALITÉS SANS RÉSEAU D'ÉGOUT ET LEUR POPULATION EN 2016	95
RÉFÉRENCES	96

LISTE DES ACRONYMES

AAC	Agriculture et agroalimentaire Canada
BQMA	Banque de données sur la qualité du milieu aquatique
CF	Coliformes fécaux
CHLA	Chlorophylle-a totale
CMI	Commission mixte internationale
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
COPERNIC	Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet
CVAC	Critère de vie aquatique chronique
DBO ₅	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours
EA	Exploitations agricoles
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
GRIL	Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique
IDEC	Indice Diatomées de l'Est du Canada
IIB	Indice d'intégrité biotique
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
IQBP	Indice de la qualité bactériologique et physicochimique
IQBR	Indices de qualité des bandes riveraines
IRDA	Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement
ISB	Indice de santé du benthos
LCCMHH	<i>Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques</i>
LHE	Ligne des haute eaux
LQE	<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i>
MAMH	Ministère des Affaires municipales et Habitation
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MES	Matières en suspension
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MRC	Municipalités régionales de comté
MTQ	Ministères des Transports du Québec
NH ₃	Azote ammoniacal
NPE	Nonylphénols éthoxylés
OBV	Organisme de bassin versant
PAEF	Plan agroenvironnemental de fertilisation
PBDE	Polybromodiphényléthers
PIC	Programme interactions communautaires
PPRLPI	<i>Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables</i>

PPSP	Produits pharmaceutiques et de soins personnels
PRRI	Programme de réduction des rejets industriels
PTOT	Phosphore total
PU	Périmètre urbain
REA	<i>Règlement sur les exploitations agricoles</i>
RETEURI	<i>Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées</i>
ROMAEU	<i>Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées</i>
RPEP	<i>Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection</i>
RRPOA	<i>Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole</i>
SAD	Schéma d'aménagement et de développement
SAGO	Système d'aide à la gestion des opérations
TCRLSP	Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre
UA	Unités animales
UPA	Union des producteurs agricoles
UQTR	Université du Québec à Trois-Rivières
ZIPLSP	Zone d'intervention prioritaire du lac Saint-Pierre

SOMMAIRE

Ce document présente les travaux réalisés à la suite des rencontres effectuées par le Comité de travail sur l'amélioration de la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre, mis en place par la Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre. En décembre 2016, le comité a reçu le mandat d'élaborer un plan d'action quinquennal concerté qui suit la vision suivante : « redonner au lac Saint-Pierre une qualité d'eau pouvant supporter un écosystème en santé et les usages anthropiques liés à la ressource en eau ». Pour y parvenir, les informations concernant le portrait, le diagnostic et les problématiques liées à la qualité de l'eau du lac Saint-Pierre ont été recueillies à la suite des discussions avec les membres du comité et du traitement de l'information obtenue dans la littérature scientifique et auprès d'organismes, de ministères et de chercheurs.

Compte tenu des informations suivantes, recueillies à ce jour :

- le lac Saint-Pierre représente l'un des piliers du patrimoine naturel du Québec reconnu au niveau international comme Zone humide d'importance internationale par la Convention de Ramsar et comme Réserve mondiale de la biosphère par l'UNESCO;
- en raison de leur vaste territoire et de leur population importante, le lac Saint-Pierre et ses tributaires directs font état d'une complexité de par les instances municipales et gouvernementales impliquées et la diversité des usages (municipal, industriel et agricole) qui ont tous des impacts sur la qualité de l'eau;
- au lac Saint-Pierre, le maintien des habitats, de la biodiversité et des activités récréatives, l'approvisionnement en eau potable ainsi que la santé humaine sont dépendants de la qualité de l'eau qui, présentement, empêche et limite la pratique de certaines activités récréatives;
- certaines connaissances à propos de la qualité de l'eau présentent des lacunes et devront être comblées afin de cibler les secteurs géographiques ainsi que les sources de pollution ponctuelle et diffuse qui, une fois corrigées, auront davantage d'effets bénéfiques sur la qualité de l'eau, la santé humaine et les espèces aquatiques;
- plusieurs efforts ont été consentis, par le passé, afin de réduire les sources de pollution ponctuelle importantes affectant la qualité de l'eau fluviale et des tributaires directs, mais le défi actuel consiste à réduire certaines sources de pollution ponctuelle et, de manière générale, les sources de pollution diffuse.

La Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre conclut :

- qu'il faut réduire les sources de pollution diffuse et certaines sources de pollution ponctuelle;
- que l'état de santé du lac Saint-Pierre requiert des actions rapides et que des secteurs sont à prioriser afin d'optimiser les efforts visant l'amélioration de la qualité de l'eau;
- qu'il faut poursuivre l'acquisition de connaissances pour poursuivre la mise en place d'actions à effet bénéfiques pour la qualité de l'eau, la santé humaine et la biodiversité.

Et elle recommande de privilégier les orientations suivantes pour guider le plan d'action :

- limiter la pollution de l'eau du secteur municipal dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre;
- limiter la pollution de l'eau du secteur industriel et autres (commercial, terrains de golf) dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre;
- limiter la pollution de l'eau du secteur agricole dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre.

Plus spécifiquement, la TCR recommande :

- d'améliorer la gestion des eaux usées municipales et industrielles;
- de réduire l'usage de pesticides, engrais et fertilisants, tous secteurs confondus;
- d'acquérir des connaissances sur les effluents industriels;
- d'acquérir des connaissances sur les pertes de sol dans les milieux agricoles des Basses-terres du lac Saint-Pierre;
- de favoriser la conversion des cultures dans les zones à fort risque d'érosion;
- d'améliorer la couverture des sols de l'automne au printemps;
- d'améliorer la gestion des bandes riveraines.

Ce document présente les informations recueillies à la suite des travaux du Comité de travail sur l'amélioration de la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre. Il en dresse un portrait, un diagnostic, la vision ainsi qu'un le plan d'action pour une meilleure qualité de l'eau.

La Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre, qui se fait porte-parole de 53 organismes du milieu interpellés par l'état de santé du lac Saint-Pierre, et la collectivité désirent donc collaborer activement avec le gouvernement et la communauté afin de mettre en œuvre des actions concrètes pour améliorer la qualité de l'eau du lac Saint-Pierre.

Le plan d'action actuel reflète l'ensemble des réflexions et recommandations émises à ce jour par le comité de travail et la table principale de la TCRLSP. Considérant que le comité de travail est toujours actif, le plan d'action actuel sera bonifié suite aux travaux subséquents



PORTRAIT

PORTRAIT GÉNÉRAL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DU LAC SAINT-PIERRE ET DE SES TRIBUTAIRES DIRECTS

Le lac Saint-Pierre est le plus grand et le moins profond des lacs fluviaux du Saint-Laurent¹. D'une superficie de 469 km², il s'étend de la ligne électrique de Sorel-Tracy à Nicolet sur la rive sud et de Berthierville à Pointe-du-Lac sur la rive nord. En plus du fleuve Saint-Laurent, le lac Saint-Pierre reçoit les eaux des plus gros bassins versants du Québec, tous susceptibles d'affecter la qualité de l'eau du lac.



Bassins versants

Approvisionné principalement en amont par le lac Ontario et la rivière des Outaouais, le lac Saint-Pierre reçoit aussi les eaux de plusieurs bassins versants situés sur la rive nord et la rive sud de ce dernier. La zone d'étude de l'enjeu prioritaire sur l'amélioration de la qualité de l'eau compte onze bassins versants constitués des principales rivières qui se déversent directement dans le lac, en plus d'un ensemble de bassins versants orphelins. L'ensemble de ces bassins versants est nommé ci-après « tributaires directs ».

Les bassins versants orphelins alimentent le lac Saint-Pierre, mais leur territoire (< 100 km²) est drainé par de plus petits cours d'eau que les autres tributaires directs². Il est à noter également que la portion québécoise du bassin versant de la baie Missisquoi a été exclue de la zone d'étude, ses eaux circulant par les États-Unis avant de revenir dans le bassin versant de la rivière Richelieu. Il en est de même pour la portion américaine du bassin versant de la rivière Saint-François.

Bien que le bassin versant du lac Saint-Pierre occupe une superficie totale de plus de 990 000 km², seulement 14 % de cette superficie est située au Québec³. La portion québécoise des tributaires directs compte pour environ 2,5 % de la superficie totale du bassin versant du lac Saint-Pierre, dont 2 % de cette superficie est représentée par les bassins versants de la rive sud du lac (Figure 1 et Tableau 1). Au total, la zone étudiée par le comité sur l'amélioration de la qualité de l'eau touche à 6 régions administratives, 31 municipalités régionales de comté (MRC) ainsi que 311 municipalités.

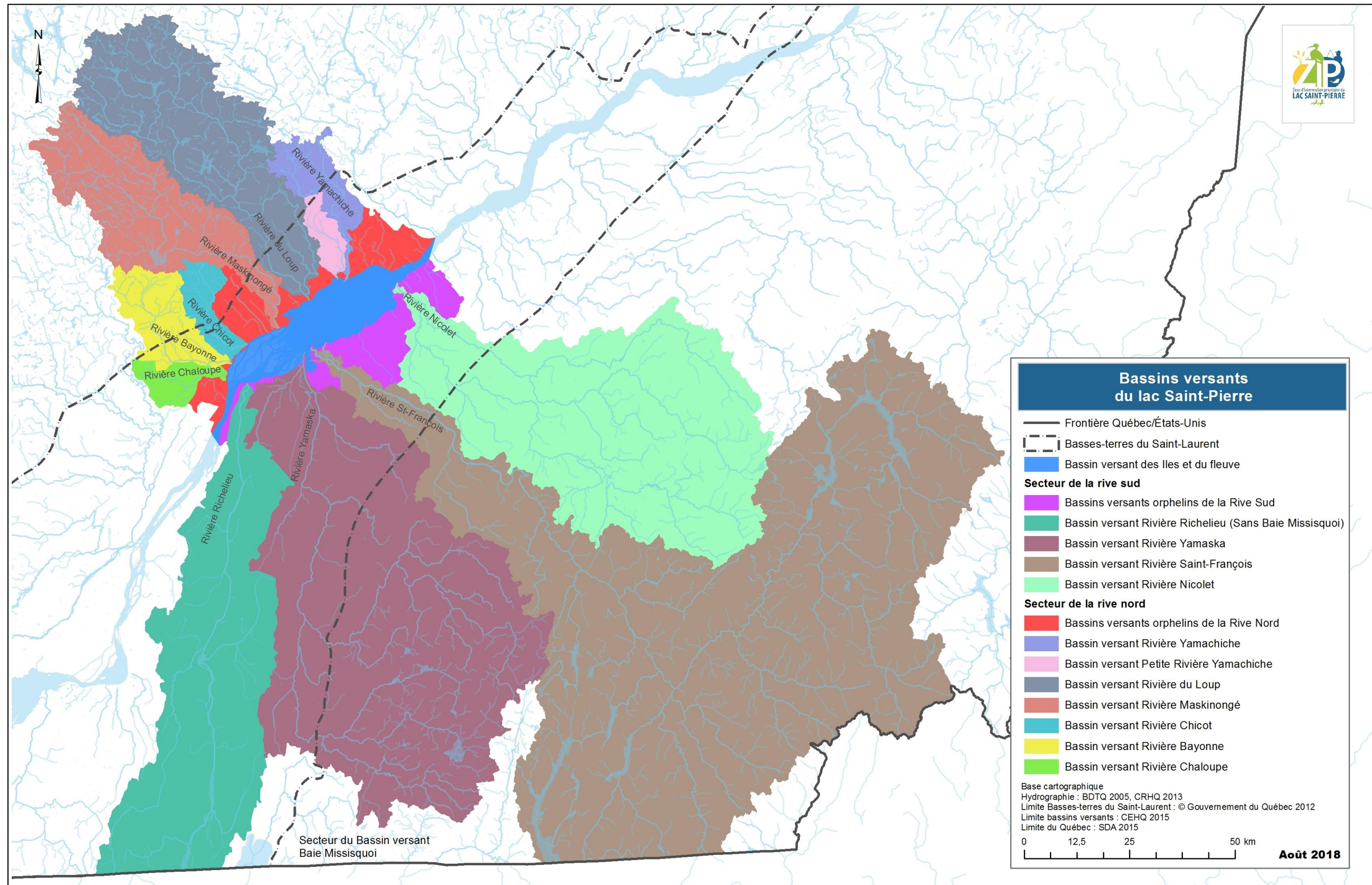


Figure 1. Bassins versants des tributaires directs du lac Saint-Pierre

Tableau 1. Superficie des portions québécoises des tributaires directs du lac Saint-Pierre

Bassin versant	Superficie (km ²)	Proportion de la zone étudiée (%)
Rive nord	4 217	17,5
La Chaloupe, Rivière	145	0,6
Bayonne, Rivière	364	1,5
Chicot, Rivière	176	0,7
Maskinongé, Rivière	1 106	4,6
Du Loup, Rivière	1 601	6,7
Yamachiche, Petite rivière	109	0,5
Yamachiche, Rivière	264	1,1
Bassins versants orphelins (34)	452	1,9
Rive sud	19 838	82,5
Richelieu, rivière	2 553	10,6
Yamaska, Rivière	4 796	19,9
Saint-François, Rivière	8 694	36,1
Nicolet, Rivière	3 410	14,2
Bassins versants orphelins (21)	387	1,6
Total	24 056	100,0

a : Le total a été calculé à partir des sous-totaux (en gras) des tributaires directs de la rive nord et de la rive sud du lac Saint-Pierre.

Source des données : Données extraites et modifiées de la couche d'information géographique des bassins hydrographiques multiéchelles du Québec (2015⁴).

Les eaux en provenance des différents tributaires du lac Saint-Pierre (tributaires directs et ceux situés en amont du lac) s'écoulent de façon unidirectionnelle en suivant le rivage du lac et il en résulte des masses d'eau contiguës (Figure 2) dont le mélange latéral s'effectue très lentement, en raison du grand rapport entre la largeur et la profondeur du lac⁵.

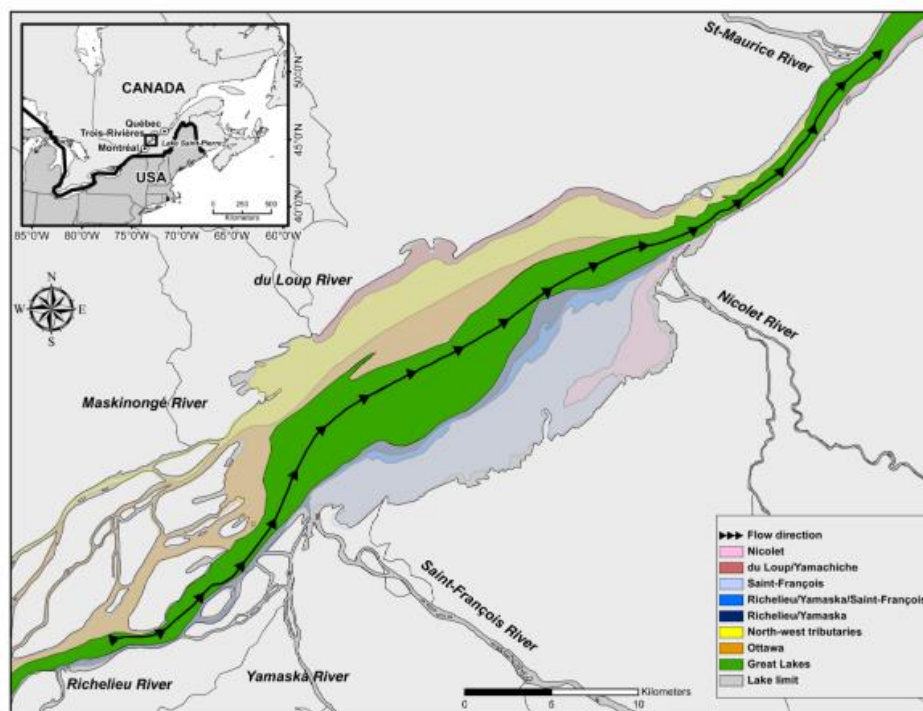


Figure 2. Distribution des masses d'eau (août 2006) dans le lac Saint-Pierre selon leurs caractéristiques spectrales (image modifiée¹)

Les trois principales masses d'eau du lac Saint-Pierre se distinguent par leurs caractéristiques physicochimiques⁵. Notamment, leur couleur présente un gradient passant d'eaux claires au centre du lac à des eaux brunes près des rives. Cela affecte les caractéristiques de la lumière sous l'eau⁶ et la distribution spatiale des végétaux et des habitats de la faune aquatique⁷. Une autre caractéristique distinctive est le temps de résidence des eaux. Alors que ce temps est de 20 heures pour le chenal de navigation, il peut être aussi long que 72 heures dans les masses d'eau latérales⁸. Cette différence de temps est d'autant plus significative lors de l'étiage d'été, en raison des débits plus faibles et des plantes aquatiques plus abondantes dans les zones peu profondes. À ce moment, le temps de résidence des eaux près des rives du lac peut être de plusieurs jours, voire plusieurs semaines⁹.

Dans les bassins versants, les cours d'eau sont parfois soumis au phénomène du marnage. Ce processus désigne les variations de niveau d'eau dans un lac qui n'est pas soumis aux marées¹⁰. Les variations, lorsqu'elles dépassent l'amplitude naturelle du lac, sont associées au marnage excessif et se produisent lorsque le niveau d'un plan d'eau est artificiellement géré par un barrage.

Les lacs ne sont toutefois pas les seuls plans d'eau à subir des variations de niveau d'eau; les rivières connaissent également des fluctuations reliées à la gestion des barrages. Dispersés sur le territoire des tributaires directs du lac Saint-Pierre, les barrages d'origine anthropiques ont une incidence sur les niveaux d'eau et les débits sur l'ensemble d'un bassin versant¹¹.

PLAN 2014 : RÉGULARISATION DU LAC ONTARIO ET DU FLEUVE SAINT-LAURENT¹²

En 2012, plusieurs séances d'informations publiques ont été tenues par la Commission mixte internationale (CMI) afin de recevoir des commentaires relatifs au plan de régularisation Plan 1958-D. Après un long processus de consultation, de délibération et de perfectionnement du plan de régularisation et autres composantes, la CMI a soumis une proposition formelle : le Plan 2014.

Ce nouveau plan comprend des modifications aux règles du Plan 1958-D qui visaient à mieux équilibrer les niveaux d'eau du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent pendant les périodes de faibles apports en eau. Il y a également eu un ajout de niveaux seuils supérieurs et inférieurs qui, lorsqu'atteints, déclenchent la mise en œuvre de mesures spéciales. Ces mesures permettront de protéger les prises d'eau, la navigation commerciale et la navigation de plaisance ainsi que les intérêts des riverains. En somme, le Plan 2014 vise le rétablissement d'un régime hydrologique plus naturel et l'ajustement des niveaux d'eau en fonction de l'évolution des apports naturels.

Le Plan 2014 ne changera pas les effets économiques des secteurs municipaux et industriels. En cas de bas niveaux d'eau, la fréquence et l'amplitude des effets sur l'approvisionnement municipal en eau sur le fleuve Saint-Laurent ne seront pas affectées, même lors des longues sécheresses. En cas de niveaux d'eau élevés, la majorité des usines de traitement de l'eau potable ou des eaux usées ne seront pas considérées comme étant vulnérables.

Occupation du sol

L'occupation du territoire drainé par les tributaires directs a un impact majeur sur la qualité de l'eau du lac Saint-Pierre. C'est le cas notamment de la forte proportion de milieux forestiers et agricoles (Figure 3). Du côté de l'occupation du sol de type anthropique*, on retrouve le secteur municipal et les eaux usées de

* Comprends les zones urbaines, y compris routes, chemins, infrastructures et autres vocations similaires, les sites de matières premières (carrières, gravières, mines), les bassins (filtration, décontamination, déchets liquides, etc.), les lieux d'enfouissement, les zones industrielles et commerciales ainsi que les lignes de transports d'énergie et les installations de gaz et de pétrole.

253 municipalités situées dans la zone d'étude ($\approx 1,15$ million d'habitants^{13, 14}). À ces eaux, il faut ajouter celles de 61 municipalités situées dans le fleuve, en amont du lac ($\approx 3,3$ millions d'habitants¹⁵).

L'utilisation du sol diffère entre les tributaires directs (Tableau 2). Alors que 41 % du territoire au sud du lac est occupé par les terres agricoles, ces dernières occupent 25 % de la superficie totale de la rive nord. Toutefois, la taille des bassins étant très variable, la superficie de ces derniers doit également être prise en considération pour évaluer l'importance des terres agricoles par rapport à la superficie totale de chaque bassin versant. Bien que les bassins versants de la Petite rivière Yamachiche et de la rivière la Chaloupe n'occupent qu'une superficie totale d'environ 250 km², les terres agricoles y occupent respectivement 81 % et 71 % de leur territoire. Sur la rive sud, les bassins versants orphelins et le bassin versant de la rivière Richelieu ont une superficie agricole occupant toute deux 70 % de leur territoire. Au total, ces bassins versants couvrent 2 940 km², soit 15 % de la superficie totale des bassins versants de la rive sud étudiés.

Du côté forestier, 60 % du territoire étudié au nord et 44 % au sud du lac Saint-Pierre sont occupés par les forêts (Tableau 2). Dans l'ensemble, les milieux forestiers couvrent 46 % du territoire des tributaires directs. Ces 11 366 km² de terres forestières sont occupés par des forêts de feuillus (44 %), mixtes (39 %), de conifères (12 %) ainsi que des arbustives (5 %). Les bassins versants étudiés incluent également 327 km² de coupes et de régénération, dont la majorité est constituée des coupes forestières en forêts perturbées (71 %). Sur la rive nord, les coupes forestières occupent 83 % de la superficie des forêts perturbées et sur la rive sud, ce pourcentage augmente à 85 %.¹⁶

Les activités forestières, bien que présentes sur le territoire, ne seront pas discutées dans les sections ultérieures. Il faut toutefois mentionner que les opérations forestières peuvent avoir des impacts considérables sur la qualité de l'eau. La réduction du couvert forestier cause habituellement une diminution de la perméabilité des sols et de l'infiltration de l'eau. Par conséquent, l'eau a tendance à ruisseler davantage à la surface du sol, favorisant l'érosion des sols ainsi que l'apport de sédiments et de matière organique vers les cours d'eau. Par ailleurs, les chemins et le drainage forestier, si ce dernier est mal réalisé, constituent une source de perturbation pour le réseau hydrique. Ils favorisent la migration des sédiments vers les cours d'eau, ce qui a pour effet d'augmenter la turbidité de l'eau et la détérioration des habitats aquatiques.¹⁷

En ce qui a trait aux milieux humides, l'ensemble des tributaires directs en possède plus de 0,1 km². Outre leur présence dans la zone inondable du lac Saint-Pierre, ces milieux sont plus abondants à l'extérieur des Basses-terres du Saint-Laurent, là où les terres forestières sont plus présentes (Figure 3). L'importance des milieux humides est prouvée depuis plusieurs années, notamment car ils protègent les rives de l'érosion, de par leur efficacité à favoriser la régulation des phénomènes naturels. Leur forte capacité de rétention d'eau permet de réduire les risques d'inondation, et ils agissent comme un filtre naturel contribuant à l'amélioration de la qualité de l'écosystème des plans d'eau¹⁸. Malgré les avantages qu'ils procurent, les milieux humides subissent plusieurs pressions anthropiques. Afin de mieux préserver ces milieux, la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCCMHH) est entrée en vigueur en juin 2017 (Annexe 1). Cette loi a comme objectif l'atteinte d'aucune perte nette de milieux humides, applicable grâce à l'utilisation de la séquence « éviter, minimiser, compenser ». La LCCMHH vise à tenir compte de manière plus importante des fonctions écologiques de ces milieux et à mieux planifier le développement du territoire à l'échelle des bassins versants¹⁹, notamment par l'obligation faite aux MRC d'adopter un plan régional des milieux humides et hydriques d'ici le 16 juin 2022.

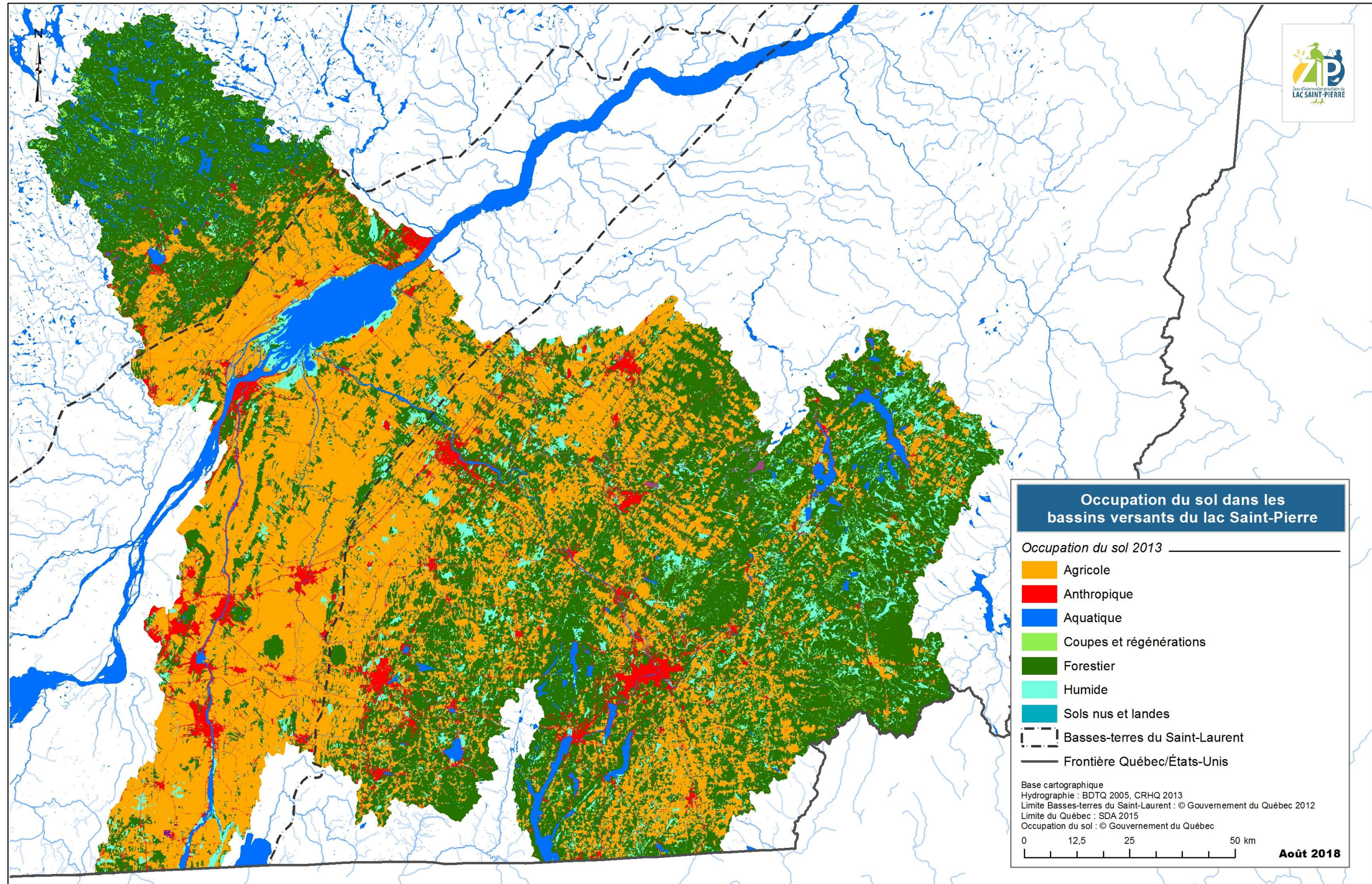


Figure 3. Occupation du sol dans les bassins versants des tributaires directs du lac Saint-Pierre en 2013¹⁶

Tableau 2. Utilisation du sol en 2013 dans le lac Saint-Pierre, ses îles et ses tributaires directs

Bassin versant ou territoire	Type d'occupation du sol en km ² (pourcentage (%) de l'occupation du sol du bassin versant)									Total
	Agricole	Anthropique	Aquatique	Coupes et régénérations	Forestier	Humide	Non classifié	Sols nus et landes	Indéterminé	
Rive nord	1 039 (24,6)	151 (3,6)	202 (4,8)	62 (1,5)	2 603 (61,7)	157 (3,8)	<1 (0,0)	5 (0,1)	1 (0,0)	4 217
La Chaloupe, Rivière	103 (71,1)	12 (8,3)	74 (0,5)	1 (0,4)	26 (18,0)	2 (1,6)	—	—	<1 ^a (0,1)	145
Bayonne, Rivière	203 (55,7)	20 (5,4)	2 (0,7)	1 (0,2)	136 (37,3)	3 (0,8)	—	<1 ^a (0,1)	<1 ^a (0,0)	364
Chicot, Rivière	66 (37,6)	5 (2,8)	2 (0,9)	1 (0,8)	96 (54,4)	5 (3,1)	—	1 (0,4)	—	176
Maskinongé, Rivière	125 (11,3)	23 (2,1)	73 (6,6)	19 (1,7)	821 (74,2)	43 (3,9)	—	3 (0,3)	<1 ^a (0,0)	1 106
Du Loup, Rivière	191 (11,9)	21 (1,3)	114 (7,1)	35 (2,2)	1 181 (73,7)	58 (3,6)	—	1 (0,1)	<1 ^a (0,0)	1 601
Petite Yamachiche, Rivière	89 (81,7)	4 (3,5)	<1 (0,0)	<1 (0,1)	16 (14,6)	<1 ^a (0,1)	—	—	—	109
Yamachiche, Rivière	55 (20,8)	11 (4,3)	8 (2,9)	2 (0,6)	182 (68,9)	6 (2,5)	—	—	<1 ^a (0,0)	264
Bassins versants orphelins	207 (45,8)	55 (12,1)	2 (0,5)	3 (0,7)	145 (32,0)	40 (8,8)	—	—	<1 ^a (0,0)	452
Rive sud	8 194 (41,3)	1 010 (5,1)	508 (2,6)	268 (1,3)	8 755 (44,1)	1 093 (5,5)	<1 (0,0)	3 (0,0)	8 (0,0)	19 839
Richelieu, Rivière	1 774 (69,5)	247 (9,7)	67 (2,6)	3 (0,1)	377 (14,8)	81 (3,2)	—	1 (0,0)	3 (0,1)	2 553
Yamaska, Rivière	2 667 (55,6)	249 (5,2)	61 (1,3)	21 (0,4)	1 621 (33,8)	175 (3,6)	—	<1 ^a (0,0)	1 (0,0)	4 796
Saint-François, Rivière	1 946 (22,4)	373 (4,3)	347 (4,0)	179 (2,1)	5 183 (59,6)	662 (7,6)	<1 (0,0)	2 (0,0)	2 (0,0)	8 694
Nicolet, Rivière	1 537 (45,1)	119 (3,5)	32 (0,9)	63 (1,9)	1 507 (44,2)	149 (4,4)	—	<1 ^a (0,0)	1 (0,0)	3 410
Bassins versants orphelins	271 (69,9)	23 (5,9)	1 (0,3)	1 (0,2)	66 (17,2)	25 (6,6)	—	—	<1 ^a (0,0)	387
Îles et lac Saint-Pierre	37 (7,1)	3 (0,6)	437 (84,2)	<1 (0,0)	9 (1,8)	33 (6,3)	—	<1 (0,0)	<1 (0,0)	519
Total^c	9 270 (37,7)	1 164 (4,7)	1 147 (4,7)	329 (1,3)	11 366 (46,2)	1 284 (5,2)	0 (0,0)	8 (0,0)	9 (0,0)	24 575

a : Les superficies couvrant moins de 1 km² n'ont pas été prises en considération dans les calculs des superficies totales.

b : Le total a été calculé à partir des sous-totaux (en gras) de la rive nord, de la rive sud, des îles et du lac Saint-Pierre.

Source des données : Données extraites et modifiées de la couche d'informations géographique matricielle obtenue via l'entente ACRIgéo (2014¹⁶).

Au fil des ans, plusieurs kilomètres de bandes riveraines dans les tributaires directs ont été étudiés. Dans les bassins versants des rivières La Chaloupe et Chicot, seules des données liées au tronçon principal ont été obtenues en 2011. Les indices de qualité des bandes riveraines (IQBR) calculés montrent une bonne qualité de ces dernières^{20, 21}. Dans le bassin versant de la rivière Bayonne et les sous-bassins de la rivière Maskinongé, les cours d'eau étudiés en 2007 sont caractérisés par des bandes riveraines insuffisantes ou inexistantes à plusieurs endroits^{22, 23}. En ce qui a trait aux bassins versants des rivières du Loup, Yamachiche et Petite rivière Yamachiche, certains cours d'eau échantillonnés entre 2012 et 2014 ont une majorité de bandes riveraines en mauvais état et d'autres ont un IQBR général de bonne qualité²⁴. Dans le bassin versant de la rivière Richelieu, des analyses ont été effectuées entre 2004 et 2013 et d'après les données partielles obtenues, la majorité des cours d'eau ont un IQBR en mauvais état²⁵. Du côté du bassin versant de la rivière Saint-François, les cinq rivières échantillonnées en 2000 montrent un certain pourcentage de rives sans végétation²⁶. Pour le bassin versant de la rivière Yamaska, une analyse de photographies aériennes de 1992 et 1993 a permis de déterminer qu'à cette époque, les bandes riveraines étaient de faible ou très faible qualité²⁷. Finalement, une seule rivière a été étudiée dans le bassin de la rivière Nicolet en 2011 et elle avait une forte proportion de bandes riveraines en très mauvais état²⁸. Ce portrait général de quelques tributaires permet de voir une grande variabilité dans la qualité des bandes riveraines. Toutefois, il est important de souligner qu'à ce jour, plusieurs cours d'eau des tributaires directs n'ont pas fait l'objet d'une caractérisation.

Malgré tout, un cadre législatif entourant les rives et leurs bandes riveraines doit être respecté par les différents acteurs du territoire. Selon la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (PPRLPI), toutes les constructions, tous les ouvrages et tous les travaux sont interdits en rive (Annexe 1). Certaines exceptions sont toutefois permises, entre autres concernant la culture du sol à des fins d'exploitation agricole. Cependant, une bande riveraine de 3 m, incluant au moins 1 m sur le haut du talus, doit minimalement être respectée en permanence pour toute culture du sol située dans la rive. La politique précise les types d'interventions permises en rive et fixe un cadre normatif minimal qui doit être appliqué par les municipalités. Les dispositions contenues dans la PPRLPI doivent être présentes dans les schémas d'aménagement et de développement (SAD) des MRC et introduites dans les règlements municipaux, en vertu de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (Annexe 1)^{29, 30}. L'application actuelle de la PPRLPI est parfois difficile, la cartographie de la ligne des hautes eaux (LHE) n'étant notamment pas à jour dans le SAD de certaines MRC. Ce sont toutefois les municipalités, et non les MRC, qui ont compétence en ce qui concerne le respect des bandes riveraines. Puisque la réglementation actuelle se base sur la LHE, les limites de la bande riveraine peuvent être difficiles à établir et à faire respecter pour les municipalités.

Indicateurs de la qualité de l'eau

Depuis de nombreuses années, différents indices mesurant la qualité de l'eau sont utilisés au lac Saint-Pierre et dans les tributaires directs. Les trois principaux sont l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique (IQBP), l'indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC) ainsi que l'indice de santé du benthos (ISB). Il existe également des critères bactériologiques de qualité de l'eau pour les usages récréatifs.

Deux autres outils ont aussi été utilisés par le passé, soit la contamination de la chair de poisson et l'indice d'intégrité biotique (IIB) des communautés piscicoles. Pour le premier, une étude réalisée entre 2002 et 2008 par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a permis d'évaluer les teneurs en polybromodiphényléthers (PBDE) dans la chair des poissons³¹. Des PBDE ont été détectés dans tous les échantillons analysés, et c'est au lac Saint-Pierre que les concentrations étaient les plus fortes. Selon

Environnement Canada, la valeur estimée sans effet observé est de 8,4 µg/kg pour la chair de la faune piscivore. Or, au lac Saint-Pierre, ces teneurs atteignent 29 µg/kg dans le grand brochet (*Esox lucius*), 55 µg/kg dans le doré jaune (*Sander vitreus*), 106 µg/kg dans le meunier noir (*Catostomus commersonii*) et 777 µg/kg dans les œufs du grand héron (*Ardea herodias*)³¹.

Quant à l'IIB, les campagnes d'échantillonnage du réseau de suivi ichtyologique du fleuve Saint-Laurent ont permis d'évaluer l'état de santé des communautés de poissons dans le lac Saint-Pierre³². Au cours de la dernière campagne d'échantillonnage (2009-2011), plus de 75 % des stations de l'archipel et 33 % des stations sur les rives nord et sud du lac présentaient un faible état de santé des communautés de poissons³³.

Indice de qualité bactériologique et physicochimique

Cet indice permet d'évaluer la qualité de l'eau en prenant en compte la baignade, les activités nautiques, l'approvisionnement en eau pour la consommation, la protection de la vie aquatique et la protection d'un plan d'eau contre l'eutrophisation. Les paramètres utilisés dans les stations d'échantillonnages sont l'azote ammoniacal (NH₃), la chlorophylle-a totale (CHLA), les coliformes fécaux (CF), les matières en suspension (MES), les nitrates-nitrites (NO_x) ainsi que le phosphore total (PTOT). L'ensemble de ces paramètres forme l'IQBP₆ qui est défini en cinq classes de qualité de l'eau (Tableau 3).

Tableau 3. Classes de l'indice de qualité bactériologique et physicochimique³⁴

Classe	Valeurs de l'IQBP	Qualité de l'eau	Influence sur les usages
A	80-100	Bonne	Permet généralement tous les usages, y compris la baignade
B	60-79	Satisfaisante	Permet généralement la plupart des usages
C	40-59	Douteuse	Risque de compromettre certains usages
D	20-39	Mauvaise	Risque de compromettre la plupart des usages
E	0-19	Très mauvaise	Risque de compromettre tous les usages

À noter que l'IQBP est utile pour évaluer la qualité générale de l'eau des rivières et petits cours d'eau, mais ne permet pas d'obtenir de renseignements sur la perte/dégradation d'habitats essentiels au maintien de la vie aquatique ou la présence de substances toxiques. Pour combler ces lacunes, il est possible d'utiliser des outils complémentaires, tels que l'IDEC, l'ISB ainsi que l'IIB des communautés piscicoles³⁴.

Au lac Saint-Pierre, on compte vingt stations d'échantillonnage, soit quatorze à l'embouchure des rivières et six dans le fleuve Saint-Laurent. Au total, 59 stations échantillonnées pendant la période de 2014 à 2016 sont présentes dans l'ensemble du territoire à l'étude.

Qualité bactériologique de l'eau pour les usages récréatifs

Lorsque la baignade ou la pêche sont envisagées dans un cours d'eau, il est important d'effectuer une étude de la contamination microbienne. Pour se faire, la quantité de coliformes fécaux est analysée et comparée à une échelle de qualité de l'eau divisée en cinq classes correspondant aux nombres de coliformes fécaux par 100 ml d'eau (Tableau 4). Un nombre élevé des bactéries est synonyme d'une restriction des usages permis, et ce, afin d'éviter les problèmes de santé humaine³⁵.

Quand il y a plus de 200 UFC/100 ml (unités formant des colonies), les usages de type « direct » (baignade, ski nautique) sont compromis. Lorsque le nombre dépasse les 1 000 UFC/100 ml, les usages de type « direct » sont compromis, en plus de ceux de type « indirect » (canotage, pêche)¹⁵.

Tableau 4. Classification de la qualité de l'eau utilisée pour les usages récréatifs³⁵

Qualité de l'eau	Coliformes fécaux/100 ml	Explication
Excellente	0-20	Tous les usages récréatifs permis
Bonne	21-100	Tous les usages récréatifs permis
Médiocre	101-200	Tous les usages récréatifs permis
Mauvaise	Plus de 200	Baignade et autres contacts directs avec l'eau compromis
Très mauvaise	Plus de 1 000	Tous les usages récréatifs compromis

La qualité bactériologique de l'eau est suivie dans le cadre des données récoltées pour la détermination de l'IQBP6 au sein des activités du Réseau Rivières du MELCC. Ce réseau compte 20 stations en amont, dans la lac Saint-Pierre et en aval de ce dernier.

Depuis 2003, le programme de suivi bactériologique de l'eau le long des rives du Saint-Laurent a aussi permis de documenter plus spécifiquement la variabilité interannuelle de ce paramètre. Ce programme a été interrompu en 2010 et a repris en 2017. Quatre stations font l'objet d'un échantillonnage hebdomadaire entre juin et septembre. Deux sont situées dans l'archipel à la hauteur de Sorel, une à Francheville et une à Port Saint-François.³⁶

Indice Diatomées de l'Est du Canada

Cet indice permet d'évaluer l'intégrité biologique des cours d'eau à partir des assemblages de diatomées³⁷. La structure de leur communauté est très sensible aux concentrations en azote, en phosphore et à la présence de matière organique. Ces caractéristiques font en sorte que les diatomées sont les bio-indicateurs des conditions de qualité de l'eau, d'eutrophisation et d'enrichissement en matières organiques prévalant à court terme dans un cours d'eau.³⁸

L'indice, qui varie de 0 à 100, reflète la distance écologique qui sépare les communautés de diatomées dans les cours d'eau à l'état naturel de celles observées dans les cours d'eau pollués. Une valeur élevée est synonyme d'une bonne intégrité écologique et une faible valeur indique une communauté perturbée. L'IDEC est divisé en quatre classes de qualité de l'eau reflétant l'état trophique d'un cours d'eau (Tableau 5).

Tableau 5. État trophique et qualité de l'eau associés à chaque classe de l'IDEC-Neutre et de l'IDEC-Alcalin³⁸

Classe	Neutre	Alcalin
A	Oligotrophe (71-100)	Oligotrophe (71-100)
B	Oligo-mésotrophe (46-70)	Mésotrophe (46-70)
C	Méso-eutrophe (21-45)	Méso-eutrophe (26-45)
D	Eutrophe (0-20)	Eutrophe (0-25)

Les cours d'eau présentant une classe A montrent de faibles concentrations en phosphore, en azote ou en matières organiques. Cette classe est donc synonyme de rivières oligotrophes non polluées. À l'autre bout du spectre, la classe D est synonyme de cours d'eau eutrophes, où seules les espèces très tolérantes à la pollution y vivent³⁸. L'IDEC est divisé en trois sous-indices*, dont les limites de classes divergent légèrement pour tenir compte des particularités physicochimiques des eaux des régions de l'Est du Canada. Les classes correspondent à des seuils écologiques propres aux régions et le passage d'une classe à l'autre représente un changement important de la structure de la communauté³⁴.

* L'IDEC-Minéral n'est pas utilisé au Québec, mais en Ontario.

Dans l'ensemble du territoire à l'étude, 442 stations d'échantillonnages ont fait l'objet d'un suivi de l'IDEC entre les années 2002 et 2016. Parmi ce nombre, 279 ont été échantillonnées entre 2012 et 2016. Sur l'ensemble des stations, 17 sont situées près de l'embouchure des rivières des certains tributaires directs.

Indice de santé du benthos

Les macro invertébrés benthiques (benthos) sont des organismes sédentaires, constituent une ressource alimentaire importante pour beaucoup d'espèces animales et peuvent devenir des vecteurs de bioaccumulation pour certains contaminants^{39, 40}. Leur diversité se traduit par une gamme de sensibilité à la pollution, les taxons possédant leurs propres adaptations et présentant divers degrés de tolérance face aux perturbations³⁹. Compte tenu de ces caractéristiques, les communautés de benthos sont notamment utilisés pour suivre l'évolution et évaluer l'état de santé des écosystèmes aquatiques ainsi qu'évaluer et vérifier l'impact d'une source de pollution connue sur l'intégrité de l'écosystème. Ils sont aussi employés afin d'évaluer les effets des efforts de restauration des habitats et de la qualité de l'eau.⁴¹

L'ISB développé pour les cours d'eau évalue l'intégrité biotique des cours d'eau à substrat grossier (ISB_g) ou meuble (ISB_m). Cet indice multi métrique considère plusieurs variables ayant trait à la composition de la communauté de benthos, sa richesse taxonomique, sa diversité et sa tolérance à la pollution^{42, 43}. L'ensemble des variables constitue la valeur finale de l'indice présentée sur une échelle de 0 à 100 (Tableau 6).

Tableau 6. Classes de l'indice de santé du benthos des cours d'eau à substrat grossier ou meuble^{42, 43}

Classe	ISB pour les substrats grossiers (ISB _g)	ISB pour les substrats meubles (ISB _m)
Très bonne	89,2-100	—
Bonne	72,7-89,1	81,6-100
Précaire	48,4-72,6	54,4-81,5
Mauvaise	24,2-49,3	27,1-54,3
Très mauvaise	0-24,1	0-27,1

Note : L'ajout d'une cinquième classe d'ISB_m n'a pas été jugé pertinent, selon le ministère.

Entre 2006 et 2014, 63 stations ont été échantillonnées dans l'ensemble des tributaires directs, dont sept près de l'embouchure des principaux bassins versants et de certains bassins versants orphelins.

Portrait général de la qualité de l'eau

Le suivi des différents indices biologiques et de la qualité de l'eau a été réalisé au courant des dernières années au lac Saint-Pierre et dans ses tributaires directs. Un portrait général des résultats permet de constater que, dans la majorité des cas, l'eau qui se déverse dans le lac Saint-Pierre est de moindre qualité (Figure 4 et Tableau 7). Dans la figure ci-contre, les lignes noires indiquent les classes de résultats de deux ou trois indices différents dont les stations d'échantillonnage se chevauchent.

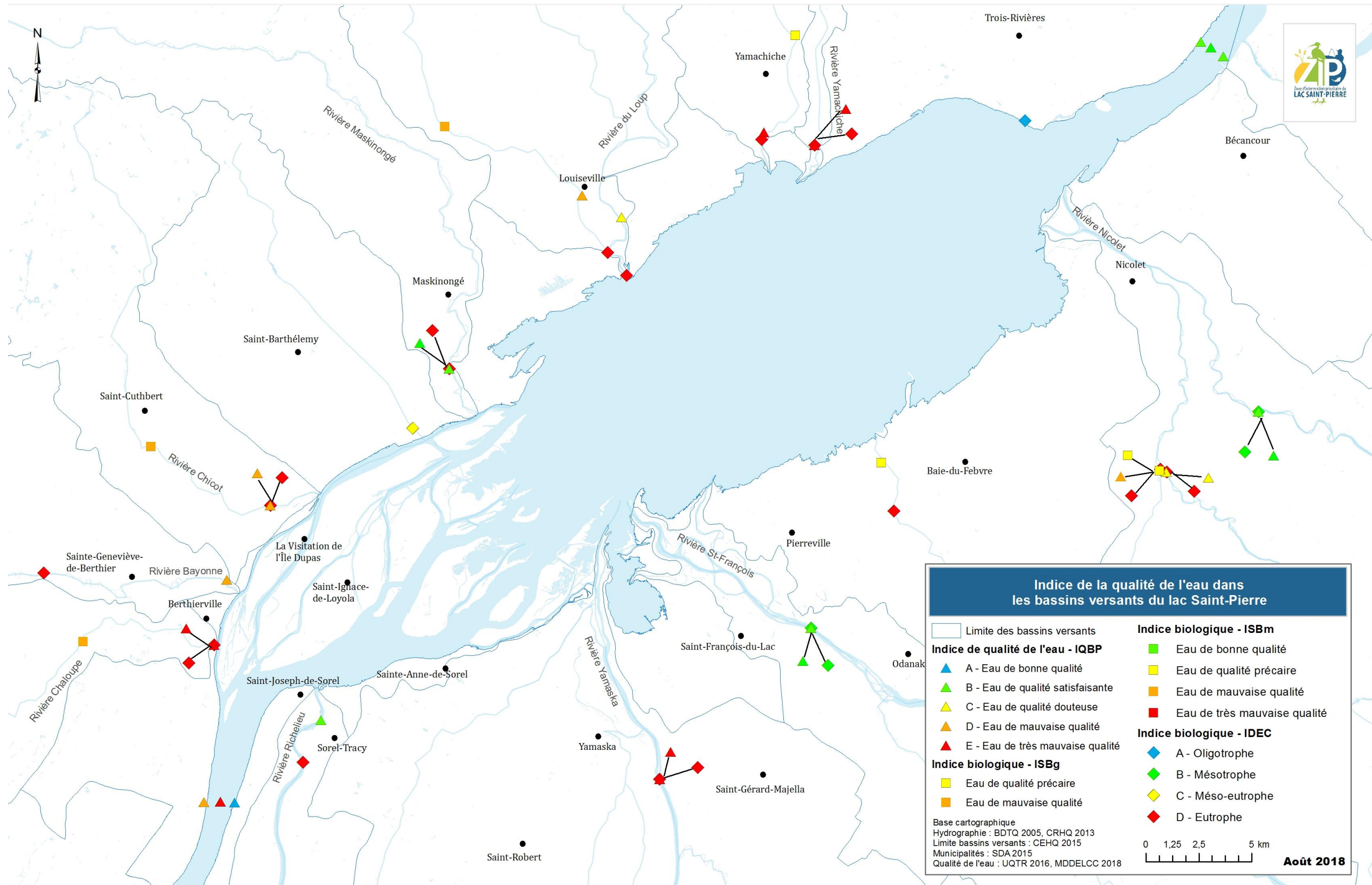


Figure 4. Portrait général de la qualité de l'eau dans le lac Saint-Pierre et en périphérie^{44, 45}

Tableau 7. Indices de qualité de l'eau et indices biologiques de certains tributaires directs du lac Saint-Pierre

Cours d'eau	Valeur IQBP (Période de suivi) <i>Paramètre déclassant</i>		Valeur IDEC (Période de suivi) Type de sous-indice		Valeur ISB (Période de suivi) Type de substrat	
Rive nord						
La Chaloupe, Rivière	10 (2014-2016) <i>NO_x</i>	E	24 (2008-2016) Alcalin	D	53,1 (2014) ISB _m	M.
Bayonne, Rivière	33 (2014-2016) <i>PTOT</i>	D	3 (2008-2016) Alcalin	D	44,0 (2009) ISB _g	M.
Chicot, Rivière	36 (2014-2016) <i>PTOT</i>	D	16 (2008-2016) Alcalin	D	38,9 (2011) ISB _g	M.
Maskinongé, Rivière	71 (2014-2016) <i>MES</i>	B	3 (2006) Neutre	D	ND ^a	—
Du Loup, Petite rivière	20 (2014-2016) <i>MES</i>	D	4 (2005) Alcalin	D	47,8 (2007) ISB _m	M.
Du Loup, Rivière	53 (2014-2016) <i>MES</i>	C	0 (2005) Neutre	D	ND ^a	—
Yamachiche, Petite rivière	0 (2014-2016) <i>MES</i>	E	7 (2008-2016) Alcalin	D	66 (2008-2014) ISB _m	P.
Yamachiche, Rivière	19 (2014-2016) <i>MES</i>	E	0 (2012) Neutre	D	ND ^a	—
Cachée, Rivière ^{b,c}	ND	—	32 (2012-2016) Alcalin	C	ND ^a	—
Aux Sables, Rivière ^{b,c}	ND	—	75 (2012) Alcalin	A	ND ^a	—
Rive sud						
Richelieu, Rivière	62 (2014-2016) <i>MES</i>	B	15 (2002-2003) Alcalin	D	ND ^a	—
Yamaska, Rivière	0 (2014-2016) <i>CHLA</i>	E	0 (2009-2016) Alcalin	D	ND ^a	—
Saint-François, Rivière	69 (2014-2016) <i>MES</i>	B	48 (2002-2003) Alcalin	B	ND ^a	—
Saint-Zéphirin, Rivière	25 (2014-2016) <i>PTOT</i>	D	5 (2008-2016) Alcalin	D	56,8 (2010-2014) ISB _g	P.
Nicolet Sud-Ouest, Rivière	49 (2014-2016) <i>CHLA</i>	C	23 (2002-20033) Alcalin	D	ND ^a	—
Nicolet, Rivière	63 (2014-2016) <i>NO_x</i>	B	48 (2002-2003) Alcalin	B	ND ^a	—
Colbert, Rivière ^{b,c}	ND	—	4 (2012-2016) Alcalin	D	62,9 (2012) ISB _m	P.

Note : Les valeurs présentées correspondent aux valeurs les plus récentes obtenues aux stations d'échantillonnages situées les plus près de l'embouchure des rivières principales des tributaires directs du lac Saint-Pierre. Une valeur plus récente a été privilégiée à une valeur moins récente, lorsque cette dernière se retrouvait plus près de l'embouchure.

a : Non disponible. Ces bassins versants n'ont pas de suivi de l'ISB ou ont des indices calculés pour des cours d'eau secondaires et non pour la rivière principale. Puisqu'il n'y a pas de données près de l'embouchure des tributaires, aucune donnée n'a été comptabilisée pour ces derniers.

b : Cours d'eau situés dans un bassin versant orphelin.

c : Ces bassins versants ne font pas l'objet d'un suivi de l'IQBP₆.

Source des données : Données extraites et adaptées de la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) (2018⁴⁴), couche d'informations géographiques vectorielles transmises par l'Université du Québec à Trois-Rivières (2016⁴⁵) et plan directeur de l'eau de l'organisme de bassin versant (OBV) de la rivière Bayonne (2011²²).

Le portrait général des indices de qualité de l'eau montre que les valeurs de l'IQBP₆, dans la plupart des cas, sont supérieures dans les tributaires de la rive sud, suggérant une meilleure qualité de l'eau que sur la rive nord. Ce suivi a aussi permis de déterminer les paramètres problématiques, c'est-à-dire ceux ayant une cote inférieure à B, pour chaque tributaire étudié. Les stations d'échantillonnage situées dans les trois masses d'eau du lac Saint-Pierre montrent une forte amélioration de l'IQBP₆ entre les eaux de l'amont et celles de l'aval (Figure 4 et Annexe 2). Cela suggère une certaine accumulation des polluants dans le lac, surtout dans les zones littorales de faibles courants³. En plus des stations situées près du lac, 39 autres plus en amont dans les tributaires directs montrent une grande variation des valeurs d'IQBP₆. Des valeurs plus faibles sont plus fréquentes près de l'embouchure des tributaires (Annexe 3).

Le phosphore et l'azote

Les données d'échantillonnage de l'IQBP₆ obtenues permettent d'observer la fréquence des valeurs des paramètres phosphore, nitrates-nitrites et azote ammoniacal qui ont été supérieures à leur valeur seuil pour le critère de qualité de l'eau. Ces critères visent différents objectifs (Tableau 8).

Tableau 8. Critères de qualité de l'eau, leur paramètre décisif et leur valeur seuil

Critère		Paramètres (valeur seuil)
Critère pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique	CARE	Phosphore total (0,03 mg P/L)
CARE – contact direct	CAREP	Coliformes fécaux (200 UFC/100 ml)
CARE – contact indirect	CARES	Coliformes fécaux (1000 UFC/100 ml)
Critère pour la prévention de la contamination	CPC (EO)	Azote ammoniacal (0,2 mg N/L)
Critère pour la protection de la vie aquatique (effet chronique)	CVAC	Azote ammoniacal ^a , Nitrates –nitrites (2,9 mg N/L)

a : L'azote ammoniacal varie selon la température et le pH.

Pour le critère phosphore (0,03 mg/L), les rivières La Chaloupe, Bayonne, Chicot, Yamachiche, Yamaska, Saint-Zéphirin, la Petite rivière du Loup et la Petite rivière Yamachiche ont toutes un taux de dépassement de 100 %. Ces deux dernières, en plus de la rivière Yamachiche, ont d'ailleurs une médiane estivale* de concentration sept fois supérieure au critère. Également, la Petite rivière Yamachiche et la rivière Yamachiche ont toutes deux montré des valeurs allant jusqu'à 76 fois le critère.

Quant aux nitrates-nitrites, le critère de 2,9 mg/L a été dépassé à plusieurs reprises. La rivière La Chaloupe a obtenu une fréquence de dépassement de 94 %, avec une valeur médiane de plus de deux fois le critère. La Petite rivière Yamachiche, de son côté, a dépassé le critère à plusieurs reprises (67 %) et a atteint une concentration sept fois plus élevée que la valeur seuil.

Parmi les 20 tributaires échantillonnés pour l'azote ammoniacal, seule la Petite rivière Yamachiche a présenté des dépassements du critère de qualité de l'eau pour ce paramètre (44 % du temps), dont une fois où la concentration s'est élevée à plus de cinq fois la valeur du critère calculé.

Le suivi de l'IQBP₆ a aussi permis d'obtenir des résultats sur la qualité bactériologique de l'eau pour les usages récréatifs à l'embouchure des principaux tributaires directs et au niveau des masses d'eau entrant et sortant du lac Saint-Pierre (Tableau 9). Les médianes estivales du nombre de coliformes fécaux par 100 ml d'eau et les fréquences de dépassement pour les contacts directs et indirects permettent de présenter les embouchures des cours d'eau où les usages récréatifs sont restreints. De façon générale, les tributaires de la

* La médiane estivale a été calculée à partir des échantillons de mai à octobre, pour les années 2014 à 2016.

rive nord ont une qualité bactériologique inférieure à celle des tributaires de la rive sud. Il est également possible de constater que, malgré des médianes estivales de bonne ou de très bonne qualité, seuls deux cours d'eau n'ont jamais dépassé le critère de qualité bactériologique pour les usages indirects (1000 UFC/100 ml) et tous ont dépassé au moins une fois le critère pour les usages directs.

Tableau 9. Qualité de l'eau pour les usages récréatifs et dépassement des critères de coliformes fécaux, pour la période 2014-2016

Cours d'eau	Médiane (UFC/100 ml) ^a	Classe de qualité bactériologique de l'eau	Fréquence de dépassement (%)	
			Contact direct	Contact indirect
Rive nord				
La Chaloupe, Rivière	160	Médiocre	39 %	11 %
Bayonne, Rivière	165	Médiocre	39 %	17 %
Chicot, Rivière	315	Mauvaise	67 %	11 %
Maskinongé, Rivière	135	Médiocre	39 %	6 %
Du Loup, Petite rivière	1 050	Très mauvaise	100 %	50 %
Du Loup, Rivière	390	Mauvaise	71 %	35 %
Yamachiche, Petite rivière	1 850	Très mauvaise	94 %	63 %
Yamachiche, Rivière	600	Mauvaise	89 %	33 %
Rive sud				
Richelieu, Rivière	13	Très bonne	6 %	0 %
Yamaska, Rivière	29	Bonne	6 %	6 %
Saint-François, Rivière	25	Bonne	17 %	6 %
Saint-Zéphirin, Rivière	175	Médiocre	39 %	17 %
Nicolet Sud-Ouest, Rivière	32	Bonne	22 %	11 %
Nicolet, Rivière	42	Bonne	17 %	11 %
Fleuve (amont)				
Sorel-Tracy (nord)	2 100	Très mauvaise	100 %	72 %
Sorel-Tracy (centre)	5 100	Très mauvaise	100 %	100 %
Sorel-Tracy (sud)	80	Bonne	22 %	0 %
Fleuve (aval)				
Trois-Rivières (nord)	595	Mauvaise	100 %	33 %
Trois-Rivières (centre)	555	Mauvaise	100 %	33 %
Trois-Rivières (sud)	270	Mauvaise	56 %	17 %

a : La médiane estivale a été calculée à partir des valeurs de mai à octobre, pour les années 2014 à 2016.

Source des données : Données extraites et adaptées, Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) (2018⁴⁴).

Pour les eaux du fleuve Saint-Laurent, tous les usages récréatifs sont compromis dans les masses d'eau du nord et du centre du fleuve en amont du lac Saint-Pierre, et seuls les usages directs sont compromis pour les masses d'eau en aval du lac. Ces résultats suggèrent une amélioration de la qualité bactériologique des eaux du fleuve en aval du lac Saint-Pierre, à la hauteur de Trois-Rivières.

Selon le suivi effectué dans le cadre du programme de suivi bactériologique de l'eau le long des rives du Saint-Laurent (Annexe 4), il apparaît que la qualité de l'eau est mauvaise pour toutes les années de suivi à la station de l'île Lapierre qui se situe directement dans le panache bactérien de la ville de Montréal. Les trois autres sites présentent une qualité de l'eau variant entre bonne et mauvaise.³⁶

État de santé des diatomées

À l'inverse de l'IQBP₆ dont les résultats sont variés, ceux de l'IDEC près de l'embouchure des tributaires directs montrent un indice généralement mauvais. Outre la rivière aux Sables située près de Trois-Rivières (IDEC, classe A) ainsi que les rivières Saint-François et Nicolet (IDEC, classe B), tous les autres cours d'eau en périphérie du lac (Figure 4) ont une valeur IDEC de classe C ou D. En ce qui concerne les valeurs IDEC observées aux stations d'échantillonnage plus en amont dans les tributaires directs, elles sont, de manière générale, meilleures qu'aux embouchures. Également, les stations d'échantillonnage des diatomées situées dans les Basses-terres du Saint-Laurent présentent les moins bons résultats de l'IDEC, et ce, tant pour les tributaires de la rive nord que ceux de la rive sud (Annexe 5).

État de santé du benthos

Bien qu'il y ait peu de données de l'ISB près de l'embouchure des tributaires directs, il est possible de voir que les valeurs se situent entre précaire et mauvais. Cette situation se maintient plus en amont dans les bassins versants, alors qu'aucune des stations ne présente un indice de bonne ou très bonne qualité, et une seule possède un indice de très mauvaise qualité. Cette dernière est située dans la Petite rivière Bellevue, dans le bassin versant de la rivière Yamaska (Annexe 6).

Un autre suivi du benthos a également été réalisé entre 2004 et 2011 au lac Saint-Pierre. Dans le cadre du programme *Suivi de l'état du Saint-Laurent*, 88 sites ont fait l'objet d'un suivi des communautés au lac et les analyses ont permis de montrer que les communautés les plus diversifiées sont dans l'archipel du lac Saint-Pierre. À l'inverse, la présence d'oligochètes et d'amphipodes, des espèces tolérantes à la pollution, est plus importante aux embouchures des rivières Nicolet, Yamachiche, Yamaska ainsi qu'à l'embouchure de la Petite rivière Yamachiche (Annexe 7). Ces rivières sont caractérisées par une diminution de la richesse en familles de macro invertébrés et un pourcentage élevé d'oligochètes³⁹.

Évolution des principaux paramètres de qualité de l'eau : concentrations et charges

L'analyse des moyennes annuelles de concentrations et de charges des paramètres de qualité de l'eau renseigne sur l'évolution des apports qui proviennent de différentes sources. Les concentrations sont plus représentatives des apports de sources ponctuelles et informent sur la qualité de la rivière échantillonnée, les pertes potentielles d'usages ainsi que les effets aigus et chroniques des descripteurs sur les organismes aquatiques. De leur côté, les charges reflètent les apports de sources diffuses et renseignent sur les volumes de certains descripteurs décisifs pour les conditions prévalant dans l'écosystème à long terme⁴⁶.

Évolution temporelle des concentrations entre 2002 et 2011

Les tendances temporelles entre 2002 et 2011 des paramètres de qualité de l'eau aux stations à l'embouchure de plusieurs tributaires directs ainsi qu'aux stations des masses d'eau du lac ont été analysées à partir des concentrations médianes mensuelles sans correction de débit* (Tableau 10). Au cours de cette période, les tendances observées dans la plupart des tributaires directs échantillonnés étaient principalement nulles ou à la baisse et seul l'azote ammoniacal n'a présenté aucune tendance significative (Tableau 10). Quant aux stations du fleuve en amont et en aval du lac Saint-Pierre, elles ne montrent aucune tendance quant aux nitrates-nitrites, à l'azote ammoniacal et aux MES, mais ont presque toutes des

* Les tendances calculées sont le résultat net des influences naturelles (précipitations et débits) et d'origine anthropique. Cela permet d'apprécier l'évolution temporelle des conditions auxquelles les habitats aquatiques sont exposés.

concentrations en chlorophylle-a active à la hausse (Tableau 10). Les seules améliorations significatives de la qualité de l'eau dans le fleuve ont été observées pour le phosphore, uniquement à la station de la masse d'eau du nord en amont et à la station de la masse d'eau du sud en aval.

Tableau 10. Tendance temporelle entre 2002 et 2011 des concentrations médianes mensuelles des paramètres de l'IQBP₆ aux stations de suivi à l'embouchure de certains tributaires directs du lac Saint-Pierre

Station	Paramètres physicochimiques de la qualité de l'eau					
	PTOT	NO _x	NH ₃	MES	CHLA	CF
Rive nord						
La Chaloupe, Rivière	↓32 %	↑729 %	—	—	—	↑74 %
Bayonne, Rivière	↓48 %	—	—	—	↓74 %	—
Maskinongé, Rivière	—	—	—	—	—	—
Du Loup, Rivière	↓68 %	—	—	↓57 %	—	—
Yamachiche, Rivière	—	↓13 %	—	—	—	—
Rive sud						
Richelieu, Rivière	—	—	—	—	—	↓60 %
Yamaska, Rivière	↓32 %	—	—	—	—	—
Saint-François, Rivière	—	—	—	—	—	—
Nicolet Sud-Ouest, Rivière	—	—	—	—	—	—
Nicolet, Rivière	—	—	—	—	—	—
Fleuve (amont)						
Sorel-Tracy (nord)	↓24 %	—	—	—	↑37 %	—
Sorel-Tracy (centre)	—	—	—	—	—	—
Sorel-Tracy (sud)	—	—	—	—	↑79 %	↑118 %
Fleuve (aval)						
Trois-Rivières (nord)	—	—	—	—	↑72 %	↑143 %
Trois-Rivières (centre)	—	—	—	—	↑65 %	—
Trois-Rivières (sud)	↓26 %	—	—	—	↑101 %	—

Note : ↑ : tendance significative à la hausse; ↓ : tendance significative à la baisse; — : aucune tendance significative au seuil de probabilité statistique de 5 %.

Note : Une tendance significative à la baisse de la concentration d'un paramètre est synonyme de l'amélioration de ce dernier.

Source des données : Données extraites et adaptées de la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) (2017⁴⁷).

Bilan des charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension à l'embouchure des principaux tributaires directs entre 2009 et 2012

En 2017, les charges annuelles moyennes 2009-2012 de phosphore total, d'azote total et de MES à l'embouchure des rivières du Québec ont été estimées⁴⁸. Les données relatives aux principaux tributaires directs ont fait l'objet de bilans individuels, et la moyenne annuelle des charges excédentaires pour chacun des paramètres a également été analysée.

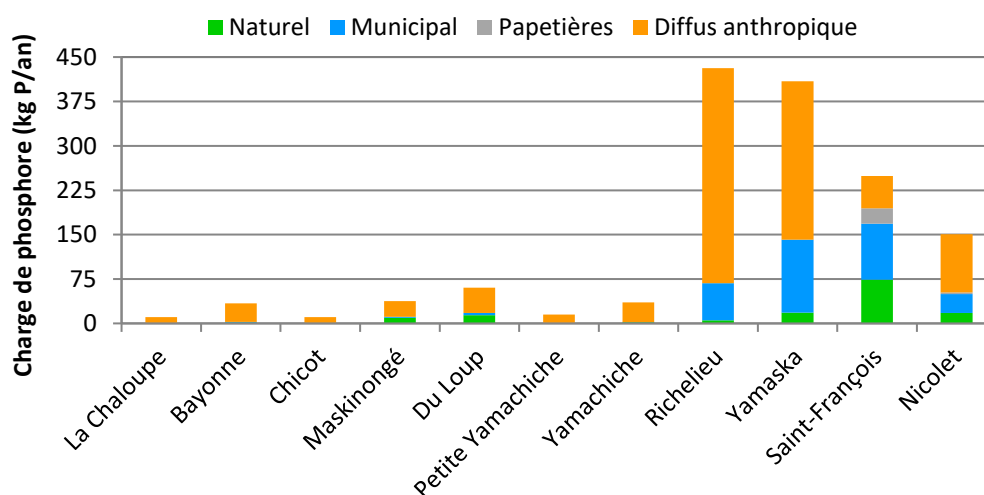
Durant cette période, il est estimé qu'environ 1 444 t de P, 27 000 t de N et 988 085 t de MES sont transportées annuellement vers le lac Saint-Pierre par ses principaux tributaires directs⁴⁸. Pour l'ensemble des apports que le lac Saint-Pierre reçoit de ces tributaires directs, ceux de la rive sud contribuent pour 86 %, 91 % et 88 % des charges de P, de N et de MES respectivement. Les contributions relatives des tributaires de la rive nord sont respectivement de 14 %, 9 % et 12 % des charges de P, de N et de MES (Annexe 8). Par cette

même analyse, il est possible de constater que la rivière Richelieu est le cours d'eau qui possède la plus grande contribution relative, de phosphore, d'azote et de MES (entre 30 % et 40 % des charges totales de P, de N et de MES atteignant le lac Saint-Pierre). Après la rivière Richelieu, ce sont celles de Yamaska, Saint-François et Nicolet qui transportent le plus de charges.

Les charges exportées dans les bassins versants ont également été analysées pour chaque tributaire. Celles-ci correspondent aux charges (kg) exportées par unité de surface (ha) dans un bassin versant pour chacun des cours d'eau et sans considération de l'occupation du sol. Pour le phosphore, la rivière Richelieu, la Petite rivière Yamachiche et la rivière Yamachiche ont les charges exportées en phosphore les plus élevées. Du côté de l'azote total, la rivière La Chaloupe et la Petite rivière Yamachiche ont les charges exportées les plus grandes, après la rivière Richelieu. Finalement, après la rivière Richelieu, la Petite rivière Yamachiche et les rivières Yamachiche et Bayonne présentent les plus grandes charges exportées de MES¹⁵.

La contribution relative des différentes sources de phosphore, soit les milieux naturels, les réseaux d'égout municipaux (eaux usées traitées), les rejets des papetières hors réseau d'égout municipal et les apports diffus anthropiques, a également été estimée pour 2009-2012. La charge annuelle totale en phosphore rejoignant le lac Saint-Pierre provient à 66 % des apports de sources diffuses anthropiques (Figure 5) et les apports de sources agricoles contribuent fortement à ces charges à l'échelle des bassins versants. D'autres sources diffuses, telles que les rejets des résidences isolées et les débordements des ouvrages de surverse des réseaux d'égout et des égouts pluviaux, peuvent toutefois se révéler problématiques à une échelle plus fine. À leur tour, les sources ponctuelles municipales, les apports de sources naturelles et les apports des papetières hors réseau d'égout municipal comptent respectivement pour 22 %, 10 % et 2 % de l'ensemble des apports en phosphore rejetés dans le lac Saint-Pierre⁴⁸.

Les tributaires directs de la rive sud ont les plus importants apports en phosphore de sources diffuses anthropiques (Figure 5). Pour ces cours d'eau, les sources ponctuelles municipales sont les plus élevées et représentent entre 15 % et 38 % des charges annuelles de ces tributaires. La rivière Saint-François se démarque comme le seul bassin versant où les sources diffuses anthropiques ne sont pas dominantes (22 %), notamment en raison des charges de phosphore en provenance des papetières¹⁵.



Source des données : Données adaptées de Simoneau (2017¹⁵)

Figure 5. Charges annuelles moyennes des différentes sources de phosphore à l'embouchure des principaux tributaires directs du lac Saint-Pierre au cours de la période 2009-2012

Le bilan de la moyenne annuelle 2009-2012 des charges excédentaires de phosphore total, d'azote total et de MES a été réalisé pour les principaux tributaires directs⁴⁸. Pour effectuer ce bilan, une charge moyenne annuelle tolérable de ces paramètres a été calculée à partir du critère de protection phosphore, des critères de qualité de l'eau pour les MES et l'azote ainsi que du débit moyen annuel. Cette approche suppose une concentration égale au critère du phosphore (0,03 mg/L), de l'azote total (1 mg/L) et des MES (13 mg/L) *, et ce, chaque jour de l'année pour le calcul de la charge tolérable par station⁴⁸. Lorsque la charge calculée à une station est égale ou inférieure à la charge tolérable, le tributaire n'enregistre aucune charge excédentaire.

Au cours de la période 2009-2012, toutes les stations échantillonnées pour les tributaires directs ont enregistré une charge moyenne de phosphore supérieure à la charge tolérable en fonction du critère retenu (Tableau 11). Les charges excédentaires de phosphore totalisent environ 728 t P/an et les rivières Yamaska et Richelieu contribuent à 65 % du total des charges excédentaires. Des excédents en azote total ont été observés dans 8 des 12 principaux tributaires directs et la charge excédentaire totale de l'azote s'élève à 6 232 t N/an, dont près de 70 % sont attribuables à la rivière Yamaska. Quant aux MES, à l'instar du phosphore total, la charge moyenne annuelle dépasse la charge tolérable dans l'ensemble des tributaires. La charge excédentaire totale de MES est de 613 927 t/an, dont 71 % sont issus des rivières Yamaska, Richelieu et Saint-François.

Tableau 11. Charge excédentaire en phosphore, en azote et en matières en suspension aux stations de qualité de l'eau du lac Saint-Pierre entre 2009 et 2012 ⁴⁸

Station	Charge excédentaire					
	Phosphore total		Azote total filtré		Matières en suspension	
	(t P/an)	(%) ^a	(t N/an)	(%) ^a	(t MES/an)	(%) ^a
Rive nord						
La Chaloupe, Rivière	8	76,3	325	79,6	4 992	82,2
Bayonne, Rivière	27	80,6	375	63,0	21 957	88,5
Chicot, Rivière	6	66,3	33	24,2	4 446	77,0
Maskinongé, Rivière	17	45,3	—	—	8 272	48,1
Du Loup, Rivière	27	49,6	—	—	6 352	34,7
Yamachiche, Petite rivière	12	86,8	235	79,4	14 122	94,7
Yamachiche	31	86,6	31	16,4	26 924	92,9
Rive sud						
Richelieu, Rivière ^b	151	25,0	—	—	149 025	43,1
Yamaska, Rivière	321	80,0	4 342	61,8	152 382	81,4
Saint-François, Rivière ^c	49	19,9	—	—	137 422	61,7
Nicolet Sud-Ouest, Rivière	42	57,0	412	28,3	30 648	69,3
Nicolet, Rivière	37	52,1	479	29,7	57 385	79,6
Total	728		6 232		613 927	

a : L'excédent en pourcentage est exprimé par rapport à la charge totale de la rivière à la station de qualité de l'eau.

b : Inclus la portion québécoise du bassin versant de la baie Missisquoi, mais exclus la partie du bassin versant drainée à la station située près de la frontière des États-Unis.

c : Inclus la partie du bassin versant drainée à la station située près de la frontière des États-Unis.

Ainsi, dans 8 des 12 principaux tributaires du lac Saint-Pierre, des charges excédentaires ont été observées à la fois pour le phosphore total, l'azote total et les MES. Ces informations permettent aux gestionnaires de l'eau de déterminer pour quelles rivières les prochains efforts d'assainissement devraient être déployés.

* En l'absence de critère de qualité de l'eau, une valeur repère de 1 mg/L est utilisée pour l'azote total. Pour les MES, une valeur repère de 13 mg/l est employée en raison de la difficulté à déterminer la concentration naturelle pour l'application de ce critère.

Modélisation des concentrations de phosphore

Les relations qui existent entre l'utilisation du territoire et la qualité de l'eau sont complexes, cette dernière étant influencée par des facteurs anthropiques, hydrologiques, géologiques et édaphiques (relatif au sol). De plus, l'utilisation du sol et la qualité de l'eau dépendent toutes deux de facteurs relatifs à l'échelle d'analyse et à l'organisation spatiale. Afin de prioriser les secteurs les plus affectés par ces relations complexes et qui nécessitent des interventions pour améliorer la qualité de l'eau, un projet de développement de modèles prédictifs de l'état physicochimique de l'eau des rivières du sud du Québec a été mis sur pied par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Parmi les 69 bassins versants ayant été soumis à une caractérisation géomatique pour la période 2009-2012, on y retrouve l'ensemble des tributaires directs du lac Saint-Pierre dotés d'une station d'échantillonnage de l'IQBP₆ (cf. Figure 4). Cette caractérisation a notamment permis de prédire les concentrations de phosphore dans ces rivières, et ce, à l'aide de 58 variables décrivant le territoire. Parmi ces variables, on retrouve notamment les différents types de dépôts de surface (alluvionnaires, glaciomarins, etc.), le drainage, les différents types de milieux naturels, les grands types de cultures et les charges moyennes en phosphore provenant des émissaires municipaux et des papetières⁴⁹.



La représentation graphique des prédictions de concentrations en phosphore dans les principaux tributaires directs pour la période 2009-2012 a été réalisée selon la classification des valeurs de qualité de l'eau pour le phosphore (classe A à E). De ce fait, les points bleus sur la carte correspondent à des valeurs égales ou inférieures au critère de prévention de l'eutrophisation des cours d'eau (0,03 mg P/L). De l'autre côté du spectre de couleur, les points rouges sont synonymes d'une classe E de qualité de l'eau pour le phosphore et représentent des secteurs plus problématiques. Les travaux de Hébert et Blais⁴⁹ ont permis de réaliser des modèles prédictifs pour les tronçons longitudinaux des tributaires directs (Figure 6).

Il est possible de noter de fortes variations dans les concentrations de phosphore, principalement entre les tronçons de cours d'eau situés à l'intérieur et à l'extérieur des Basses-terres du Saint-Laurent. La plupart des concentrations en phosphore supérieures à 0,05 mg/L (classe C à E; Figure 6) se trouvent dans les tronçons des cours d'eau dont la majorité du bassin versant est à l'intérieur des Basses-terres du Saint-Laurent. De plus, les concentrations en phosphore sont, de manière générale, plus faibles à l'embouchure des tributaires de la rive nord puisque les rivières Bayonne, Maskinongé, du Loup et Yamachiche présentent des concentrations inférieures à 0,05 mg/L. Sur la rive sud, seule la rivière Saint-François présente des concentrations en phosphore inférieures à 0,05 mg/L à son embouchure.

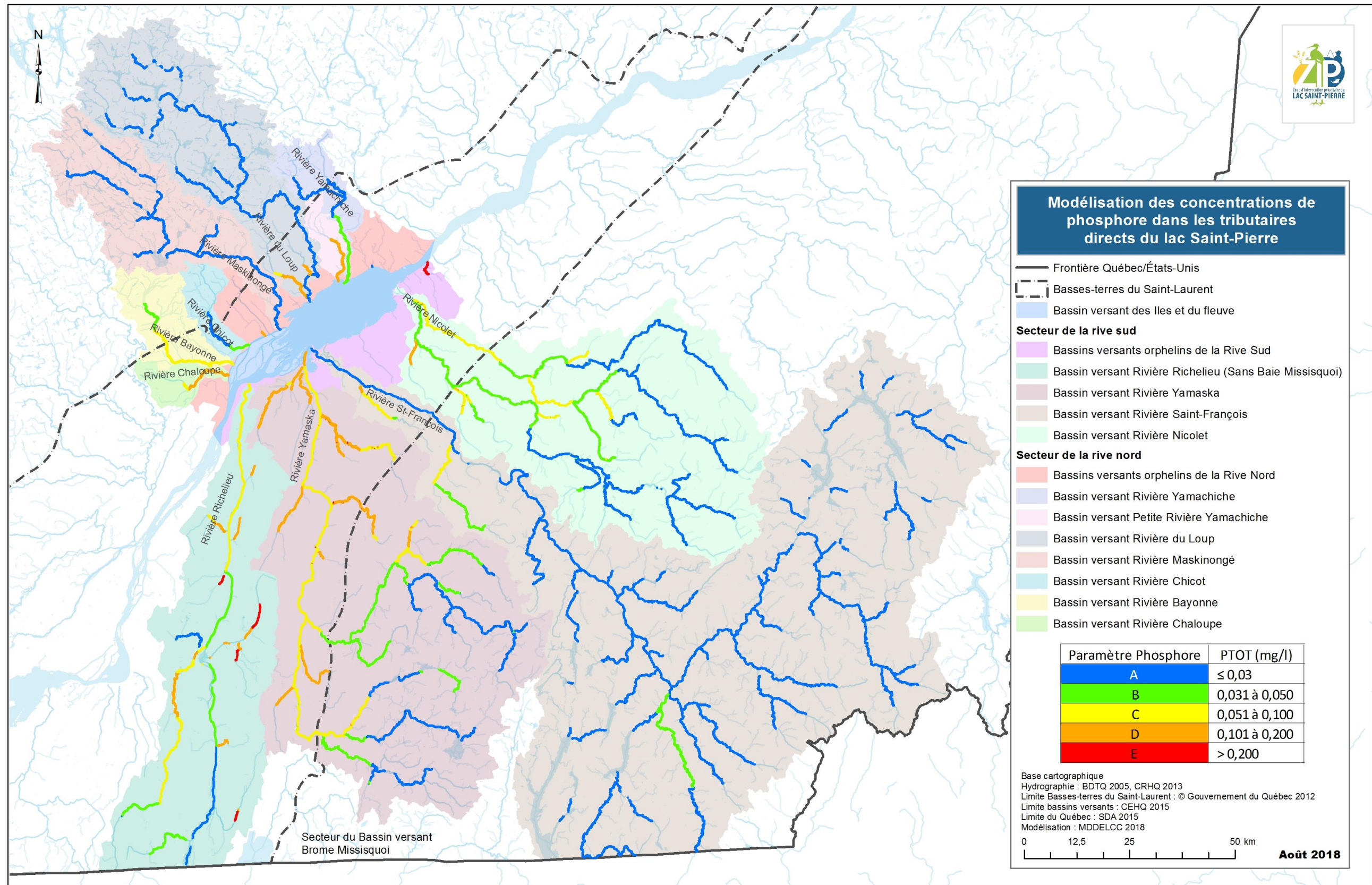


Figure 6. Modélisation des concentrations de phosphore dans les principaux tributaires directs du lac Saint-Pierre, pour la période 2009-2012

Autres paramètres de la qualité de l'eau

Pesticides

Définis comme étant des produits conçus pour détruire des organismes jugés indésirables ou nuisibles, les pesticides peuvent se retrouver dans l'environnement après utilisation. La présence de pesticides dans le lac Saint-Pierre et à l'embouchure de certains tributaires directs résulte principalement des usages agricoles, alors que le nombre de pesticides détectés et leur fréquence de détection dans chaque rivière semblent liés à la proportion des superficies en culture de maïs et de soya dans chaque bassin versant. Dans les tributaires directs échantillonnés entre 2012 et 2014 par le MDDELCC, le nombre de pesticides détectés dans chaque rivière varie entre 4 et 23 (Tableau 12). Les rivières La Chaloupe et Yamaska ont le plus grand nombre de pesticides observé et sont aussi les tributaires ayant les plus hautes proportions de surfaces cultivées, soit 71 % et 56 % de leurs territoires respectifs. Parmi les pesticides répertoriés dans les eaux des tributaires, on retrouve des herbicides, des insecticides de la famille des néonicotinoïdes et parfois des fongicides⁵⁰.

Tableau 12. Fréquence de détection (%) et nombre de pesticides détectés dans certains tributaires directs (2012-2014)

Rivière	Rive nord	La Chaloupe	Bayonne	Chicot	Maskinongé	Du Loup	Yamachiche	Rive sud	Yamaska	Saint-François	Nicolet
Année	2012	2012	2012	2013	2013	2013	2013	2014	2014	2014	2014
Herbicides											
S-métolachlore	91	73	45	27	55	64	100	91	82		
Atrazine	73	64	36	27	36	27	100	91	91		
Glyphosate	36	18	—	9	55	27	64	27	18		
Dicamba	91	18	—	—	—	—	27	—	9		
Bentazone	100	100	60	9	—	—	45	—	9		
Imazéthapyr	100	55	18	9	—	—	100	—	9		
Mésotrione	18	27	9	9	—	—	80	9	18		
Insecticides											
Thiaméthoxame	80	n. a.	n. a.	n. a.	50	50	100	55	45		
Clothianidine	100	91	73	27	100	100	100	18	73		
Fongicides											
Azoxystrobine	30	—	—	—	—	—	n. a.	—	—		
nbre de pesticides détectés	23	15	9	9	10	4	21	8	17		

Note : n. a. : non analysé; — : produit non détecté.

Source des données : Données modifiées de Giroux (2015⁵⁰).

Pour évaluer le risque pour les espèces aquatiques, un indicateur couramment utilisé est le critère de vie aquatique chronique (CVAC) qui correspond à la concentration maximale d'un produit à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés durant toute leur vie sans subir d'effets néfastes. Entre 2011 et 2014, la fréquence de dépassement du CVAC variait entre 9 % et 100 % dans les tributaires directs étudiés⁵⁰. Sur la rive nord du lac, ce sont les rivières La Chaloupe, Bayonne et Maskinongé qui présentent le plus de dépassements des CVAC avec 100 %, 54 % et 45 % des échantillons alors que sur la rive sud, c'est la rivière Yamaska qui présente le plus de dépassements avec 90% des échantillons. Les insecticides clothianidine et thiaméthoxame ont le plus souvent dépassé leur CVAC. Le CVAC comporte toutefois des limites, n'étant disponible que pour certains pesticides et prenant en compte la toxicité d'une seule substance à la fois. L'effet cumulé de plusieurs produits n'étant pas considéré, une sous-estimation des risques écotoxicologiques est possible⁵⁰.

Entre 2008, 2013, 2014, 2015 et 2016, plusieurs campagnes d'échantillonnage ont eu lieu dans 8 sites du lac Saint-Pierre, 11 sites dans les lieux de frai et d'alevinage de la perchaude (*Perca flavescens*) et 3 sites pour l'examen des sédiments (Figure 7)⁵¹. En 2008, des prélèvements dans le panache des rivières Saint-François et Yamaska (stations A et B; Figure 7) ont permis la détection de 14 herbicides, 3 insecticides et 1 fongicide. En 2014, les résultats de prélèvements effectués dans le lac montrent jusqu'à 18 herbicides et 3 insecticides par station, alors qu'en 2015, 18 herbicides et 2 insecticides ont été détectés (Annexe 10)⁵¹. Dans l'ensemble, entre 2014 et 2015, 20 herbicides et 3 produits de dégradation d'herbicides ont été détectés dans le lac. Les principaux produits présents sont les herbicides atrazine et S-métolachlore ainsi que les insecticides néonicotinoïdes thiaméthoxame et clothianidine. Le Dééthyl-atrazine (DEA), quant à lui, est le produit de dégradation d'herbicides le plus fréquemment retrouvé (Tableau 13)⁵¹.



Figure 7. Stations échantillonnées pour les pesticides dans le lac Saint-Pierre entre 2008 et 2016⁵¹

Tableau 13. Fréquence de détection (%) des principaux pesticides détectés dans le lac Saint-Pierre en 2014 et 2015, par station d'échantillonnage

Pesticides	2014					2015			
	1	2	3	4	5	1	3	4	6
Herbicides									
Atrazine	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Dééthyl-atrazine (DEA)	77,8	100	88,9	88,9	77,8	40	50	80	50
S-métolachlore	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Métribuzine	55,5	55,5	33,3	55,5	55,5	10	10	10	—
Glyphosate	33,3	22,2	33,3	33,3	11,1	50	60	30	20
Bentazone	33,3	22,2	33,3	33,3	33,3	10	10	10	20
Mésotrione	55,5	33,3	44,4	33,3	22,2	50	60	50	60
Imazéthapyr	55,5	33,3	55,5	44,4	55,5	20	20	30	30
Insecticides									
Thiaméthoxame	100	66,7	66,7	66,7	77,8	70	90	80	70
Clothianidine	77,8	33,3	66,7	55,5	55,5	50	90	70	90

Note : — : produit non détecté.

Source des données : Données modifiées de Giroux (2018 ⁵¹)

En 2014 et 2015, parmi les pesticides détectés, seuls l'atrazine, le thiaméthoxame et la clothianidine ont dépassé leur CVAC (Tableau 14, Annexe 11)⁵¹. En 2014, le thiaméthoxame avait dépassé son critère dans 22 % à 55 % des échantillons selon la station et la clothianidine a dépassé le sien dans 22 % à 44 % des cas. Pour ces deux néonicotinoïdes, les concentrations maximales mesurées représentent respectivement 29 fois et 13 fois leur CVAC. En 2014, l'atrazine a quant à lui dépassé son CVAC dans 10 % à 20 % des échantillons⁵¹.

Tableau 14. Concentrations maximales mesurées ($\mu\text{g/L}$) pour les pesticides détectés dans le lac Saint-Pierre ayant dépassé leur CVAC en 2014 et 2015, par station d'échantillonnage

Pesticides	CVAC ($\mu\text{g/L}$)	2014					2015			
		1	2	3	4	5	1	3	4	6
Herbicides										
Atrazine	1,8	1,8	0,98	1,8	1,9	0,24	0,41	0,23	0,62	0,11
Insecticides										
Thiaméthoxame	0,008 3	0,24	0,076	0,13	0,19	0,085	0,018	0,016	0,04	0,01
Clothianidine	0,008 3	0,077	0,043	0,071	0,11	0,047	0,018	0,014	0,037	0,038

Note : Les chiffres en gras sont équivalents ou supérieurs à leur valeur respective de CVAC.

Source des données : Données modifiées de Giroux (2018⁵¹).

En 2013, la présence de pesticides dans les sites de frai de la perchaude a été évaluée dans 11 sites situés dans la zone inondable 0-2 ans du lac Saint-Pierre (Figure 7). La période d'échantillonnage ayant eu lieu avant le début des activités agricoles, les pesticides détectés sont dits « résiduels » et proviennent des épandages de l'année précédente. Pendant la période de reproduction des perchaudes (mi-avril au début mai), la présence de résidus d'AMPA, un produit de dégradation du glyphosate, a été détectée à plusieurs sites de frai de la perchaude avec une concentration entre 0,21 $\mu\text{g/L}$ et 0,61 $\mu\text{g/L}$. Par la suite, durant la période d'incubation des œufs de perchaudes (début à la mi-mai), l'AMPA a été détecté dans les champs inondés et les haltes migratoires. Les concentrations variaient entre 0,21 $\mu\text{g/L}$ et 0,51 $\mu\text{g/L}$ dans les champs et entre 0,48 $\mu\text{g/L}$ et 0,89 $\mu\text{g/L}$ dans les haltes migratoires⁵¹. Aux stations étudiées pendant le stade d'alevinage (fin mai à mi-juin), les concentrations de plusieurs pesticides commencent à augmenter dans l'eau à la suite des applications printanières aux champs dans les bassins versants situés en amont. Les pesticides présents en plus grande concentration sont généralement l'AMPA, le glyphosate et le S-métolachlore⁵¹.

En 2016, les pesticides ont été échantillonnés aux stations 1, 2 et 4 (Figure 7) et deux herbicides (glyphosate et AMPA) ont été détectés dans les sédiments. Bien qu'il n'y ait pas de CVAC pour les concentrations de pesticides dans les sédiments, une comparaison avec la littérature scientifique a permis de constater que les résultats obtenus dans les sédiments du lac Saint-Pierre sont très similaires à ceux observés ailleurs. En plus de l'absence de CVAC, peu d'informations sont disponibles sur les effets de la présence du glyphosate et de l'AMPA dans les sédiments, plus spécifiquement sur les plantes aquatiques⁵².

Bien que l'utilisation des pesticides diffère entre les secteurs, tous doivent mettre en place des actions permettant de réduire ou interdire leur utilisation. Par exemple, les municipalités ont la possibilité d'adopter un règlement sur l'usage des pesticides qui n'est pas inconciliable avec le *Code de gestion des pesticides* (Annexe 1) et le *Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides*. Au total, 35 municipalités ayant adopté un tel règlement sont situées partiellement ou totalement dans les tributaires directs (Annexe 9)^{53, 14}.

Au fil des ans, diverses stratégies ministérielles ont été mises en place pour contrôler et réduire l'utilisation des pesticides. À l'heure actuelle, la *Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021* a pour

objectif de réduire de 25 % les risques pour la santé et l'environnement liés à l'utilisation des pesticides en milieu agricole, en plus d'accroître la lutte antiparasitaire intégrée d'ici 2021. Cette stratégie comporte trois plans d'action, dont le dernier (2018-2021) a été déposé et adopté à l'automne 2018. Il y a également la *Stratégie québécoise sur les pesticides* du MELCC, qui vise à diminuer l'utilisation systématique et sans justification des pesticides les plus à risque en milieu agricole. Depuis 2018, le *Code de gestion des pesticides* cible l'atrazine, le chlorpyrifos et trois types de néonicotinoïdes enrobant les semences de certaines cultures; clothianidine, imidaclopride et thiaméthoxame pour lesquels l'utilisation et l'achat nécessitent une justification et une prescription agronomique signée par un agronome.⁵¹

Les agriculteurs ont la possibilité de faire appel à un agronome expert en service-conseil afin d'être accompagnés dans l'établissement des stratégies d'intervention correspondant à leur contexte d'entreprise. Ils ont aussi accès à deux outils gratuits, soit le Réseau d'avertissement phytosanitaire et une application regroupant tous les produits de protection des cultures homologués au Canada (SAGÉ pesticides)⁵⁴. En plus des outils, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) encourage notamment les agriculteurs à choisir les pesticides en tenant compte du développement de la résistance des ennemis des cultures et à effectuer une rotation des cultures pour éviter ces résistances et les maladies. À cela s'ajoute également d'utiliser des seuils d'intervention lors de l'application d'insecticides ou de fongicides et de réduire le désherbage mécanique*. Depuis le 8 mars 2018, il est obligatoire pour les agriculteurs de tenir un registre d'utilisation des pesticides pour tout type d'application incluant la mise en terre ou l'application à la volée des néonicotinoïdes enrobant les semences de certaines cultures⁵⁵.

Métaux

Un cours d'eau reçoit naturellement un apport de métaux via l'érosion des sols et de la roche mère, et la composition de cet apport varie en fonction de la géologie locale¹⁸. Or, les activités anthropiques (exploitations minières, fonderies, rejets municipaux et industriels, sites d'enfouissement) peuvent aussi contribuer à une surcharge de métaux dans les cours d'eau. De 2004 à 2008, le MDDEP a réalisé une étude portant sur les concentrations de 20 métaux à 12 stations réparties le long du fleuve Saint-Laurent, dont trois en amont et en aval du lac Saint-Pierre. Les résultats montrent qu'aux environs du lac, les critères de qualité de l'eau des métaux pour la protection de la vie aquatique ont uniquement été dépassés par le fer à l'embouchure de la rivière Yamaska^{18, 33}. Selon une étude plus récente réalisée entre 2008 et 2011⁵⁶, les concentrations des métaux n'étaient pas préoccupantes et aucun dépassement de CVAC pour les métaux n'a été observé à l'embouchure des tributaires directs (étude excluant les bassins versants orphelins et celui de la rivière Saint-François). Cette étude indique que la présence de métaux résulterait surtout de la vulnérabilité des bassins versants aux processus d'altération de la roche mère et d'érosion des sols.

Parmi les métaux analysés au lac Saint-Pierre, il y a aussi le mercure, un contaminant historique principalement d'origine industrielle ou lié à la production d'énergie¹⁸. Puisqu'il se bioaccumule et se bioamplifie, il peut être particulièrement dommageable pour les organismes vivants^{18, 33} et limiter la consommation de certaines espèces de poissons. Son transfert des tributaires au lac Saint-Pierre est facilité par l'érosion d'importantes superficies de sols agricoles dans les rivières Yamaska et Saint-François⁵⁷. Au début des années 2000, les concentrations en mercure du Saint-Laurent ainsi que des rivières Yamaska et Saint-François étaient jugées relativement faibles pour des bassins versants agricoles⁵⁸. Des données récentes indiquent que le doré jaune et le grand brochet ont des concentrations de mercure non

* M.-H., April, MAPAQ, comm. Pers. 2018

préoccupantes³³. Pour la faune aviaire, une diminution de 13 % en dix ans de la contamination retrouvée dans les œufs des grands hérons à la Grande Île a été dénotée, avec un taux de mercure dans les normes.

En plus d'être présents dans la colonne d'eau, les métaux sont aussi retrouvés dans les sédiments. Toutefois, la majorité d'entre eux ont connu des baisses de concentrations au fil des dernières décennies. Par exemple, le mercure enregistre une diminution de concentrations de 90 % depuis 30 ans⁵⁹, alors que son niveau est passé de toxique à sous le seuil des critères pouvant causer des effets délétères sur le milieu benthique (0,17 µg/g). Les concentrations en arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb et zinc ont diminué de moitié depuis 1986 et affichent maintenant des concentrations proches des teneurs préindustrielles^{60, 61}. Seuls l'arsenic, le chrome et le cuivre dépassent le seuil d'effets rares entre l'embouchure de la rivière Saint-François et la pointe de Baie-du-Febvre, sans pour autant franchir le seuil d'effets probables ou fréquents⁶².

Contaminants émergents

Les contaminants émergents sont des produits chimiques dont la présence dans l'environnement n'est connue que depuis peu d'années et qui ne font souvent pas encore l'objet de critères de qualité de l'eau. Ils comprennent entre autres les PBDE, les produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP), les composés perfluorés et les nonylphénols éthoxylés (NPE)¹⁸.

Les PBDE sont des retardateurs de flammes incorporés aux matières plastiques, aux textiles ou aux produits électroniques dans le but de réduire les risques d'inflammation. Ils sont également persistants et bioaccumulables⁶³. Entre 2004 à 2007, des échantillonnages effectués ont montré une concentration médiane des PBDE totaux dans l'eau brute de 316 pg/L à la hauteur de Sorel-Tracy et de 48 pg/L dans la rivière Nicolet⁶⁴. Les concentrations résiduelles dans l'eau potable traitée sont néanmoins faibles, démontrant l'efficacité des stations d'épuration quant à l'élimination des PBDE^{18, 65}. Les PPSP font référence aux médicaments en vente libre ou sur ordonnance ainsi qu'aux produits de soins personnels tels que les savons et les shampoings¹⁸. Dans le fleuve, les analgésiques et anti-inflammatoires les plus fréquents (acétaminophène, ibuprofène, naproxène et acide salicylique) ont tous été détectés à la hauteur de Sorel-Tracy. Toutefois, seul l'acétaminophène a été trouvé à la hauteur de Trois-Rivières. De l'ibuprofène et du naproxène ont aussi été détectés à la hauteur de Bécancour⁶⁶. Néanmoins, les concentrations de PPSP et d'hormones dans les eaux traitées sont indétectables ou à l'état de trace, les stations municipales de traitement des eaux usées traitant partiellement les PPSP⁶⁶.

Les composés perfluorés persistant dans l'environnement se retrouvent principalement dans les enduits protecteurs et les produits anti salissures. En amont de Sorel-Tracy et dans la rivière Saint-François, des concentrations médianes entre 2 ng/L et 9,9 ng/L de composés perfluorés totaux en 2007-2008 ont été mesurées, ce qui est nettement en deçà des critères provisoires pour l'eau potable de l'Agence américaine de protection de l'environnement (> 100 ng/L)¹⁸. Bien que les concentrations mesurées pour l'eau brute et l'eau traitée soient les mêmes, indiquant ainsi que les ouvrages d'épuration sont inefficaces pour éliminer ce type de substance⁶⁵, les concentrations mesurées au lac Saint-Pierre ne sont pas problématiques. C'est aussi le cas des NPE dont les concentrations dans l'ensemble des cours d'eau du Québec ont diminué de plus de 90 % à la suite des mesures de contrôle gouvernementales mises en place entre 2004 et 2009, ramenant toutes les concentrations sous les critères de qualité de l'eau⁶⁵.

Actuellement, c'est au lac Saint-Pierre que l'on observe les sédiments de surface les plus contaminés en PBDE parmi les lacs fluviaux du Saint-Laurent⁶³. Concernant les butylétains, certaines formes sont très nocives et

interdites ou règlementées. En raison de leur nature, les butylétains et leurs produits de dégradation persistent dans l'environnement et peuvent s'accumuler dans la chaîne trophique⁶⁷. Toutefois, en 2003-2004, les concentrations mesurées dans les sédiments du lac Saint-Pierre ne dépassaient pas 5 ng/g, soit une concentration plus faible que celle enregistrée dans les zones portuaires et les marinas⁵⁹. Un suivi à l'échelle du fleuve Saint-Laurent indique que 74 % des stations sont peu ou pas contaminées par les butylétains⁶⁷.

SECTEUR MUNICIPAL

En 2016, la population des tributaires directs du lac Saint-Pierre comptait un peu plus de 1,5 million d'habitants, comparativement à 1,14 million en 1986^{3, 68}. Cette hausse de population a entraîné une multitude de changements sur le territoire, dont une expansion des périmètres urbains et une diversification des activités anthropique. Ces changements majeurs affectent la qualité de l'eau du lac Saint-Pierre et des tributaires directs, l'expansion urbaine étant notamment liée à l'augmentation du nombre de constructions. Elle est aussi liée à l'expansion du réseau routier ainsi qu'à l'agrandissement des réseaux d'égout et d'eau potable, le tout empiétant sur les milieux naturels garants de l'assainissement des eaux de surface.

Urbanisation et imperméabilisation des surfaces

Le territoire des tributaires directs est présentement parcouru par 11 autoroutes et 24 routes nationales⁶⁹, 7 compagnies de chemins de fer⁷⁰ ainsi qu'une multitude de routes municipales. L'élargissement du réseau routier, survenu notamment en raison de la croissance démographique et les nombreux échanges commerciaux, n'est pas sans conséquence alors que plusieurs routes traversent ou bordent des milieux naturels sensibles. À titre d'exemple, l'autoroute 40 longe le fleuve Saint-Laurent ainsi que le lac Saint-Pierre, notamment dans la zone inondable à récurrence 0-2 ans (Figure 8).



Figure 8. Vue aérienne de l'autoroute 40 dans la zone inondable du lac Saint-Pierre

Un des effets majeurs résultant de l'urbanisation et de la présence d'un réseau routier est l'imperméabilisation des surfaces. Le remplacement de sols perméables peut avoir des effets sur le cycle naturel de l'eau, notamment en augmentant les débits et les volumes de ruissellement et en contribuant à une dégradation des milieux récepteurs. Dans un objectif de préservation de la qualité de l'eau, il est impératif de gérer efficacement les eaux de ruissellement et les surfaces imperméables⁷¹. Bien que la problématique des surfaces imperméabilisées soit connue, il est impossible à l'heure actuelle d'évaluer le pourcentage de ces surfaces dans l'ensemble du territoire à l'étude.

L'expansion du réseau routier est associée à une plus grande demande au niveau des entretiens routiers. En saison hivernale, ces derniers sont synonymes d'épandage et d'entreposage de sels de voiries ainsi que d'élimination des neiges usées. Une fois au sol, les sels atteignent facilement le sol en bordure des routes et la végétation. De plus, une certaine quantité des composés de sels de voiries se solubilisent dans l'eau et rejoignent les eaux de surface⁷². Dans les tributaires directs, les quantités de sels et d'abrasifs épandues sont considérables. Par exemple, dans la portion estrienne du bassin versant de la rivière Saint-François, plus de

40 000 t de sels sont épandues annuellement²⁶. Les impacts des produits pour déglacer les routes sont aussi présents à l'entreposage et à l'élimination des neiges usées. Il a été observé que les neiges usées des secteurs résidentiels ont généralement des concentrations de contaminants trop élevées pour que les neiges usées soient rejetées directement dans les milieux récepteurs⁷³. Puisque ces dernières représentent une source de contaminants, elles doivent être disposées dans les sites de dépôt à neige, ou déversées dans les égouts pour être traitées⁷⁴. Il est toutefois difficile de prévoir la concentration exacte de contaminants pouvant être rejetés dans l'environnement, notamment en raison des facteurs climatiques tels que la quantité de neige tombée, et des facteurs humains, telle la circulation⁷³.

Selon les informations du Système d'aide à la gestion des opérations (SAGO) du MDDELCC, il y aurait 85 sites de dépôt à neige dans les tributaires directs, dont un peu plus de 50 % sont dans les bassins versants des rivières Richelieu et Yamaska⁷⁵. Toutefois, selon les données 2015 de codification des immeubles du Système d'information et de gestion en aménagement du territoire, seulement 4 sites sont enregistrés comme sites officiels⁷⁶. Les autres sites sont répertoriés sous une autre appellation puisqu'ils sont utilisés à d'autres fins lors des mois sans neige, ou sont considérés comme étant non autorisés.

Eaux usées : réseaux municipaux et résidences isolées

Les tributaires directs reçoivent les eaux usées de 253 municipalités (Tableau 15), dont 89 % se retrouvent sur la rive sud. Il est à noter que 9 municipalités sur le territoire rejettent leurs eaux usées directement dans le fleuve. La majorité des 262 municipalités traite leurs eaux usées, mais 22 % d'entre elles ne possèdent pas de réseau d'égout et traitent leurs eaux usées par des installations septiques individuelles. Également, 3 % disposent d'un réseau non raccordé à une station d'épuration et ne traitent pas leurs eaux usées^{13, 77}.

Tableau 15. Municipalités rejetant des eaux usées dans les tributaires directs en 2017, par type d'assainissement

Bassin versant	Avec réseau et traitement ^a	Avec réseau, sans traitement ^b	Sans réseau	Total
Rive nord	20	0	7	27
La Chaloupe, Rivière	1	0	0	1
Bayonne, Rivière	3	0	3	6
Chicot, Rivière	1	0	0	1
Maskinongé, Rivière	5	0	2	7
Du Loup, Rivière	6	0	1	7
Yamachiche, Petite rivière	2	0	0	2
Yamachiche, Rivière	1	0	1	2
Bassin versant orphelin	1	0	0	1
Rive sud	171	7	48	226
Richelieu, Rivière	42	0	4	46
Yamaska, Rivière	50	0	13	63
Saint-François, Rivière	59	0	19	48
Nicolet, Rivière	18	7	11	36
Bassin versant orphelin	2	0	1	3
Fleuve	8	0	1	9
Total	199	7	56	262

a : Municipalités avec réseau d'égout desservi par une station d'épuration.

b : Municipalités avec réseau d'égout non desservi par une station d'épuration.

Source des données : Données extraites et modifiées de couches d'informations géographiques du navigateur cartographique du MDDELCC (2017⁷⁷ et 2018¹³)

Selon les données de recensement 2016, les municipalités sans aucun réseau d'égout sur leur territoire comptent 54 020 personnes. Près de la moitié de ces résidents vivent dans les bassins versants des rivières

Yamaska et Saint-François (Annexe 12). En ce qui concerne les municipalités possédant un réseau d'égout, mais dont les eaux usées sont non traitées, deux d'entre elles sont reliées à une station d'épuration non active, trois rejettent leurs eaux usées directement dans l'environnement et l'information relative aux deux autres est inconnue⁷⁷. Au total, ces 7 municipalités comptaient 5 367 habitants^{13, 14}.

La majorité des municipalités possédant un réseau d'égout dont les eaux usées sont acheminées à une station d'épuration ont une partie de leur population qui est non desservie par ce réseau. Les résidences dites « isolées » sont dotées d'installations individuelles (champs d'épuration, fosses septiques, etc.) pour traiter et entreposer leurs eaux usées. Afin de consigner les données relatives à ces installations, les MRC possèdent un outil permettant d'effectuer le suivi des conditions d'exploitation exigées par le *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (RETEURI) (Annexe 1). Cet outil permet le suivi des vidanges de fosses septiques, des contrats et rapports d'entretien, des résultats d'analyse d'effluents des systèmes de traitement tertiaire et le suivi des non-conformités⁷⁸. Bien que les installations individuelles soient assujetties à une réglementation, certaines fuient dans l'environnement et les eaux usées peuvent alors être lessivées dans les milieux aquatiques. Il est également difficile d'évaluer l'ampleur exacte de l'impact des résidences isolées sur la qualité de l'eau, car il n'existe pas de registre des installations non conformes, et le nombre précis de résidences isolées dans les tributaires directs est inconnu.

Depuis la mise en place du *Programme d'assainissement des eaux du Québec* en 1978 (aujourd'hui le *Programme d'assainissement des eaux municipales*), 198 stations d'épuration sont entrées en activité dans les municipalités des tributaires directs. En 2017, ces dernières desservaient 199 municipalités (Tableau 16)¹⁴.

Tableau 16. Portrait général des stations d'épuration dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre

Bassin versant	n ^{bre} de stations	n ^{bre} de municipalités desservies ^a	n ^{bre} de stations effectuant de la déphosphatation	n ^{bre} de mois de déphosphatation			Population	
				12	5-6	0	2016	Conception ^b
Rive nord								
La Chaloupe	1	1	0	0	0	1	3 249	1 190
Bayonne	3	3	3	0	3	0	8 767	2 346
Chicot	1	1	1	0	1	0	1 862	488
Maskinongé	5	5	4	1	3	1	8 738	6 625
Du Loup	7	6	4	0	4	3	14 484	13 095
Petite Yamachiche	2	2	2	0	2	0	4 026	2 135
Yamachiche	1	1	0	0	0	1	953	421
BV orphelin	1	1	0	0	0	1	1 934	482
Rive sud								
Richelieu	33	42	32	11	21	1	342 997	268 935
Yamaska	48	50	44	4	40	4	257 770	163 490
Saint-François	70	59	64 ^c	23	40	5	363 786	298 420
Nicolet	19	18	17	2	13	2	81 583	64 153
BV orphelin	2	2	0	0	0	2	1 464	858
Fleuve	5	8	3	0	3	2	60 642	63 919
Total	198	199	174	46	127	23	1 152 255	886 557

a : Nombre de municipalités desservies par une station d'épuration. Les municipalités desservies par une station située dans une autre municipalité sont comptabilisées dans le même bassin versant que cette dernière.

b : Estimée lors de la conception de la station d'épuration et correspond au nombre de personnes qui devraient être desservies par la station.

c : La station de Kingsbury, entrée en activité en 2017, a été comptabilisée uniquement dans le nombre de stations. La station d'Odanak a été comptabilisée dans le nombre de stations avec déphosphatation, mais les données relatives au nombre de mois sont inconnues.

Source des données : Données des stations d'épuration et population de conception extraites et modifiées des couches d'informations géographiques du navigateur cartographique du MDDELCC (2017⁷⁷ et 2018¹³). Données de déphosphatation obtenues des rapports d'évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour les années 2013 à 2016. Données de recensement provincial 2016¹⁴

Toutes proportions gardées, environ 76,9 % de la population des tributaires directs seraient raccordés à une station d'épuration. Cependant, le nombre d'habitants desservis par une municipalité peut ne pas être représentatif de la réalité s'il existe d'autres stations d'épuration hors territoire à l'étude. Également, la population de conception établie à l'ouverture d'une station peut ne plus être représentative du nombre d'habitants présentement desservis. À l'inverse, une population de conception peut être de zéro si une station ne dessert qu'une industrie ou une usine de filtration d'eau potable. Lors de l'établissement de la population de conception, les municipalités peuvent aussi prévoir l'influence des industries reliées à leur réseau d'égout, ce qui peut être déterminant dans l'établissement de la catégorie de taille de la station et des exigences de performances et de suivi de cette dernière⁷⁹. À cet effet, le *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (ROMAEU; Annexe 1)⁸⁰ détermine qu'il faut considérer les apports des eaux de procédés industriels. Cela comprend les secteurs de prospection ou de mise en valeur des ressources, les industries manufacturières ou de fabrication, les industries de transformation ainsi que le transport aérien ou maritime. Également, le lixiviat des sites d'enfouissement, l'effluent d'un site de traitement des boues ou de matières résiduelles ainsi que les rejets d'hôpitaux et de laboratoires, excluant les postes de soins infirmiers, sont à prendre en considération.

Charges en phosphore

Parmi les 198 stations d'épuration en opération en 2017, 88 % procèdent à la déphosphatation de leurs eaux usées (Tableau 16). En tout, 23 stations n'effectuent pas ce traitement et rejettent 4 636 kg P/an, ce qui représente 1,4 % des charges annuelles moyennes de phosphore aux émissaires des stations d'épuration des tributaires directs⁸¹. Quant aux stations avec déphosphatation, 127 d'entre elles (73 %) procèdent au traitement de mai à octobre/novembre seulement, permettant ainsi d'éliminer environ 48 % des rejets de phosphore chaque année. Cependant, si elles fonctionnaient à l'année, environ 86 % des charges seraient réduites. Les frais de fonctionnement d'une telle amélioration seraient facilement calculables*.

En plus des tributaires directs, le lac Saint-Pierre reçoit les eaux usées de 61 municipalités situées en amont et qui comptent 3,3 millions de personnes². Cette population est desservie par un total de 45 stations d'épuration traitant quotidiennement plus de 4 000 000 m³ d'eaux usées, dont environ 3 500 000 m³ proviennent de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM)⁸². Sur les 45 stations, 27 d'entre elles (95 % du volume traité quotidiennement) procèdent à une déphosphatation. Selon une étude de 2008, les effluents municipaux de la grande région métropolitaine de Montréal accroissent les concentrations de phosphore et de MES de 20 % et 11 % respectivement⁸³, la CMM rejetant environ 1,5 t de phosphore total et 66 t de MES. À elle seule, la station de la Ville de Montréal rejette 71 % des eaux usées de la CMM, soit 66 % et 72 % des charges quotidiennes de phosphore total et de MES.⁸²

La charge annuelle moyenne de phosphore rejetée entre 2009 et 2012 a été calculée dans l'ensemble des tributaires directs pour les stations d'épuration active en 2012. Les ouvrages d'assainissement dont l'émissaire est situé dans les tributaires directs rejettent en moyenne 317 t P/an (Tableau 17)⁸¹.

Les stations des municipalités rejetant leurs eaux usées dans le fleuve (en amont ou à la hauteur de l'archipel) ont une charge annuelle moyenne d'environ 768 t P/an, dont près de la moitié provient de l'île de Montréal (376 t P/an). La charge annuelle provenant de l'amont est 2,4 fois plus élevée que celle des municipalités rejetant leurs eaux usées dans les tributaires directs. Toutefois, aussi importante soit-elle, cette

* M. Simoneau, MDDELCC, comm. pers. 2016.

charge est rapidement transportée dans le chenal par la masse d'eau centrale qui se mélange très lentement avec les eaux peu profondes le long des rives nord et sud. Le temps de résidence étant donc beaucoup plus élevé en rive que dans le chenal, particulièrement lors de l'étiage d'été⁹, la qualité de l'eau dans les milieux riverains est particulièrement vulnérable aux charges en phosphore en provenance des tributaires directs.

Tableau 17. Charge annuelle moyenne de phosphore aux émissaires des stations d'épuration situées dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre et en amont dans le fleuve Saint-Laurent, entre 2009 et 2012

Émissaire des stations	Charge annuelle moyenne (kg P/an)	(%)	Stations
Bassins versants du lac Saint-Pierre	316 894	29	173
Rive nord			
La Chaloupe, Rivière	706	~0	1
Bayonne, Rivière	994	~0	3
Chicot, Rivière	20	~0	1
Maskinongé, Rivière	1 439	~0	5
Du Loup, Rivière	4 149	~0	7
Yamachiche, Petite rivière	703	~0	2
Yamachiche, Rivière	225	~0	1
Sarrazin, Ruisseau	179	~0	1
Rive sud			
Richelieu, Rivière	62 915	6	28
Yamaska, Rivière	122 819	11	40
Saint-François, Rivière	91 659	8	65
Nicolet, Rivière	30 929	3	18
Des Frères, Ruisseau	157	~0	1
Fleuve Saint-Laurent	767 546	71	45
À la hauteur de l'archipel du lac Saint-Pierre	18 310	2	3
Montréal (agglomération)	376 449	35	1
Autres stations en amont du lac Saint-Pierre	372 787	34	41
Total	1 084 440	100	218

Note : Cette compilation ne tient pas compte des stations d'épuration rejetant des eaux usées dans les tributaires se jetant dans le fleuve Saint-Laurent en amont du lac Saint-Pierre.

Source des données : Données transmises par le MDDELCC en mars 2014⁸¹.

Il est également important de considérer l'importance des autres secteurs émetteurs de phosphore. Bien que la charge annuelle moyenne en provenance du secteur urbain/industriel de Montréal soit de 376 t P/an, elle demeure beaucoup moins importante que celle d'origine diffuse anthropique des tributaires directs. Rappelons que cette charge est de 951 t P/an, soit 3,5 fois la charge des eaux usées de Montréal.

Ouvrages de surverse et raccordements inversés

Les ouvrages de surverse permettent l'évacuation des surplus d'eaux usées non traitées en réponse à une surcharge du système d'égout. L'excédent des eaux s'écoule vers le cours d'eau récepteur et n'emprunte plus le chemin vers la station d'épuration⁸⁴. Les surverses se produisent généralement en cas de forte pluie, à la fonte des neiges ou en raison d'une situation d'urgence, et sont problématiques pour la qualité de l'eau, particulièrement lorsqu'elles ont lieu par temps sec. Ces derniers cas sont toutefois peu nombreux, en comparaison à d'autres types de débordement. Par exemple, sur les 10 386 débordements d'ouvrages de surverse survenus dans les tributaires directs en 2013, 1 % seulement ont eu lieu par temps sec, alors que 73 % ont été causés par temps de pluie⁸⁵. Selon le ROMAEU, les débordements par temps sec sont interdits et généralement causés par une sous-capacité des pompes ou d'un régulateur de l'ouvrage, par une élévation insuffisante du muret déversoir, ou encore, par un mauvais arrangement géométrique de

l'ouvrage. Les délais d'intervention déraisonnables visant à régler un problème de débordement (bris ou remplacement d'équipement, obstruction) sont également des causes de débordements problématiques⁸⁴.

Il existe trois types de réseaux d'égout, soit unitaire, pseudo-domestique et domestique. Dans un réseau unitaire, les eaux usées domestiques, celles de procédé (commerces/industries) et les eaux pluviales (pluie, ruissellement, fonte des neiges, drains de fondation des bâtiments) sont acheminées à une station d'épuration par un réseau combiné. Dans un réseau pseudo-domestique, les eaux de ruissellement et de la fonte des neiges sont acheminées séparément des autres eaux. Finalement, dans un réseau domestique, les eaux pluviales sont rejetées directement dans un cours d'eau, tandis que les eaux domestiques et de procédées sont acheminées vers une station d'épuration. De par leur double fonction, les réseaux unitaires et pseudo-domestiques sont beaucoup plus susceptibles à la surcharge⁸⁶. Par exemple, l'agglomération montréalaise connaît depuis plusieurs années de nombreux épisodes de débordements de son réseau d'égout. Ces derniers sont principalement causés par la présence d'une majorité de réseaux unitaires (67 % des réseaux) qui ne sont plus adaptés aux grandes surfaces imperméables et aux précipitations actuelles⁸⁷.

L'entrée en vigueur du ROMAEU en 2014 permet dorénavant un contrôle des débordements des ouvrages de surverse, car il poursuit des objectifs semblables à ceux de la *Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales*. Le Québec, bien qu'il n'ait pas adopté cette stratégie, poursuit les mêmes objectifs, dont celui de réduire les surverses en définissant le contenu des attestations d'assainissement délivrées aux municipalités. Des mesures compensatoires visant à éviter les augmentations de fréquence de débordements d'égouts doivent aussi être prévues pour les projets d'expansion de réseau pouvant entraîner des augmentations⁸⁸. Le ROMAEU prévoit que l'exploitant d'un ouvrage municipal d'assainissement devait se doter d'un appareil enregistrant les débordements d'eaux usées si un ou plusieurs de ses ouvrages de surverse ont connu au moins un débordement non causé par un cas d'urgence au cours des trois années précédant janvier 2014. Ainsi, depuis décembre 2015, chaque ouvrage de surverse ciblé doit posséder un appareil enregistrant la fréquence des débordements, le moment où ils surviennent et leur durée cumulée quotidienne⁸⁹. Il existe aussi des appareils qui, en plus de répondre aux caractéristiques précédentes, calculent le volume cumulé quotidien des débordements, mais ils ne sont toutefois pas obligatoires⁸⁹.

Une autre problématique de débordement provient des raccordements inversés, ces derniers étant la principale cause de rejets d'eaux usées par temps sec et sont susceptibles d'être une source importante de pollution des plans d'eau. Bien que la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) interdise les rejets de contaminants dans l'environnement (Annexe 1), il arrive toutefois que les raccordements inversés aient été faits volontairement, ou non^{90, 91}. Par définition, ces raccordements se définissent comme suit :

« Branchement ou défectuosité à un équipement qui permet à des eaux usées sanitaires de se déverser ailleurs que dans un réseau d'égout domestique ou unitaire, soit dans un réseau d'égout pluvial, sur le sol, dans un fossé ou dans un cours d'eau, alors que l'immeuble concerné est desservi par un réseau d'égout domestique ou unitaire. »⁹¹

Il est à noter que les déversements d'eaux usées des installations septiques déficientes sont exclus des raccordements inversés. Également, les déversements d'eaux usées sanitaires survenant à des ouvrages de surverse devant respecter des exigences de rejet ne sont pas considérés comme des raccordements inversés⁹¹. Cette exclusion concerne tous les ouvrages situés dans les tributaires directs.

La problématique principale entourant les raccordements inversés est le manque de connaissances que possèdent les municipalités à leur sujet. Plusieurs d'entre elles possèdent des plans détaillés de leur réseau,

mais d'autres ont des informations incomplètes ou dispersées. Les municipalités ont toutefois accès à une méthode de recherche et d'élimination de ces raccordements^{90, 91}. Bien que ce travail soit une tâche imposante, il est d'autant plus important, car peu de données sont disponibles et l'impact réel des raccordements inversés sur la qualité de l'eau des tributaires directs ne peut être quantifié convenablement.

Exigences de conformité

En plus du respect de la législation et de la réglementation, certains exploitants de stations d'épuration devaient ou devront également se conformer à certaines exigences (Tableau 18).

Tableau 18. Exigences de conformité des stations d'épurations concernant les tributaires directs du lac Saint-Pierre

Exigence	Instance ministérielle	But	Année d'échéance	n ^{bre} de stations concernées
Équipement de déphosphatation	Position ministérielle sur la réduction du phosphore dans les rejets d'eaux usées d'origine domestique	Respect des exigences de déphosphatation en fonction de l'emplacement de la station Les exploitants concernés doivent se doter d'équipements de déphosphatation.	1 ^{er} janvier 2017	2
			1 ^{er} janvier 2018	12
Raccordement à une station d'épuration	ROMAEU	L'exploitant d'un réseau d'égout domestique, pseudo-domestique ou unitaire non relié à une station d'épuration en date de 2014 doit aménager une station d'épuration reliée à son réseau.	31 décembre 2020	7
Respect des normes de rejets (pH, MES, DBO ₅ C)	ROMAEU	Les exploitants concernés doivent procéder à la réalisation de travaux visant l'agrandissement, la modernisation ou le remplacement de leur station.	2030	4
			2040	5

La première exigence découle de la position ministérielle de 2009 visant la réduction du phosphore dans les rejets d'eaux usées domestiques⁸⁸. Certaines stations des tributaires directs ne sont toutefois pas assujetties aux exigences fixées par le MDDELCC. Parmi les 23 stations du territoire à l'étude ne faisant pas de déphosphatation, deux d'entre elles devaient se doter d'équipements de déphosphatation pour janvier 2017 et douze pour janvier 2018. Les autres stations sans déphosphatation sont non assujetties aux exigences de rejets, en attente d'un statut, ou non concernées par la position ministérielle, car elles rejettent leurs eaux directement dans le fleuve⁹². Il est à noter que les données obtenues sont datées de 2016 et il est possible que les exploitants des 14 stations devant se conformer aient procédé aux changements nécessaires.

La deuxième et la troisième exigence proviennent toutes deux du ROMAEU. Dans le premier cas, les sept municipalités avec un réseau d'égout, mais sans traitement des eaux usées doivent aménager une station d'épuration d'ici 2020. À l'instar des autres, ces sept municipalités devront aussi respecter des normes de rejets tels qu'exigés par le ROMAEU (3^e exigence). Toutefois, quelques exceptions sont prévues pour des stations d'épuration qui, en 2013, n'étaient pas en mesure de respecter les normes de rejets de DBO₅C et de MES. Les exploitants de ces neuf stations ont jusqu'en 2030 ou 2040 pour réaliser les travaux visant l'agrandissement, la modernisation ou le remplacement de leur station⁸⁰.

Prélèvement d'eau potable

Au lac Saint-Pierre, les municipalités de Berthierville, La Visitation-de-l'Île-Dupas, Sainte-Geneviève-de-Berthier et Saint-Ignace-de-Loyola s'approvisionnent en eau potable à partir des eaux de surface de l'archipel⁹³. Au total, 8 206 personnes sont desservies par la station de purification de Berthierville et près de

40 % de la population (≈ 620 000 personnes) des tributaires directs est approvisionnée en eau potable par une source d'eau de surface, ou par une alimentation mixte (eau de surface et souterraine)⁹³. L'approvisionnement en eau potable dépend fortement de l'eau en amont des sources, non seulement pour la quantité, mais également pour la qualité. La gestion de ces eaux est donc importante pour le lac Saint-Pierre et sa biodiversité, mais aussi pour la santé humaine des communautés en amont dans les tributaires. Il est important de souligner que près de 82 % des habitants desservis par une source d'eau de surface résident sur la rive sud, là où le secteur agricole est plus important. Les eaux drainant ces terres sont enrichies en nutriments et plus enclines à la prolifération des cyanobactéries⁹⁴.

Il existe certaines contraintes relatives aux sites de prélèvement en eau pour contrôler et réduire les impacts des installations sur l'environnement. Le *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (RPEP) et le *Code de gestion des pesticides* (Annexe 1) règlementent les activités permises ainsi que les superficies d'aire de protection immédiate à conserver autour des sites de prélèvements. Les mesures de protection du RPEP visent entre autres l'interdiction ou les modifications de certaines activités agricoles, lorsque réalisées à proximité d'une installation de prélèvement d'eau de surface pour un réseau d'aqueduc. Lorsqu'une zone de protection immédiate est déterminée sont interdites les activités agricoles de pâturage ainsi que d'épandage et de stockage à même le sol de déjections animales, de compost de ferme, de matières fertilisantes azotées ou de matières résiduelles fertilisantes. Il est à noter que les zones de protection incluent les bandes riveraines de 10 m à partir de la LHE⁹⁵. De son côté, le *Code de gestion des pesticides* interdit notamment l'épandage de pesticides à moins de 100 m d'un site de prélèvement d'eau desservant plus de 21 personnes et à moins de 30 m d'un site de prélèvement d'eau de catégorie 3. Le Code interdit également la préparation de pesticides à moins de 30 ou 100 m de ces éléments sensibles⁹⁶.

Une municipalité peut également adopter un règlement relatif à l'application des pesticides pour restreindre davantage l'application de pesticides. Bien que ce règlement ne nécessite pas l'approbation du MELCC, les municipalités ne peuvent pas adopter un règlement moins sévère que ce qui est inscrit dans le *Code de gestion des pesticides*, sous peine que le règlement soit jugé inconciliable avec le code.⁹⁵

SECTEUR INDUSTRIEL ET AUTRE

Les tributaires directs du lac Saint-Pierre sont situés sur des territoires ayant maintenu une activité industrielle importante et variée, entre autres dans les secteurs des pâtes et papiers, des produits du bois, de l'agroalimentaire, des produits chimiques et plastiques, du caoutchouc et de la métallurgie^{3,15}. En plus des industries, les tributaires sont aussi voisins de nombreux sites commerciaux et de terrains de golfs. Toutefois, l'accent sera mis sur les industries et les golfs en raison de leur nombre et de leur impact environnemental.

Principales industries

Le SAGO répertorie les installations avec des opérations susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement par leurs rejets ou leur utilisation des ressources*. Dans les tributaires directs, il y a 1 707 industries, dont 55 % dans les bassins versants des rivières Yamaska et Saint-François et 13 fabriques de pâtes et papier, dont 85 % dans les bassins versants des rivières Saint-François et Nicolet (Figure 9 et Tableau 19)⁹⁷.

* La sélection retenue pour l'emplacement des établissements choisi a été réalisée par le MELCC afin de prendre en compte les endroits où il y a plus de risques de déversements ou de rejets dans les cours d'eau à proximité, ou encore, de procédé de rejets d'eaux usées par infiltration dans le sol, lorsque les établissements ne sont pas reliés à un réseau d'égout

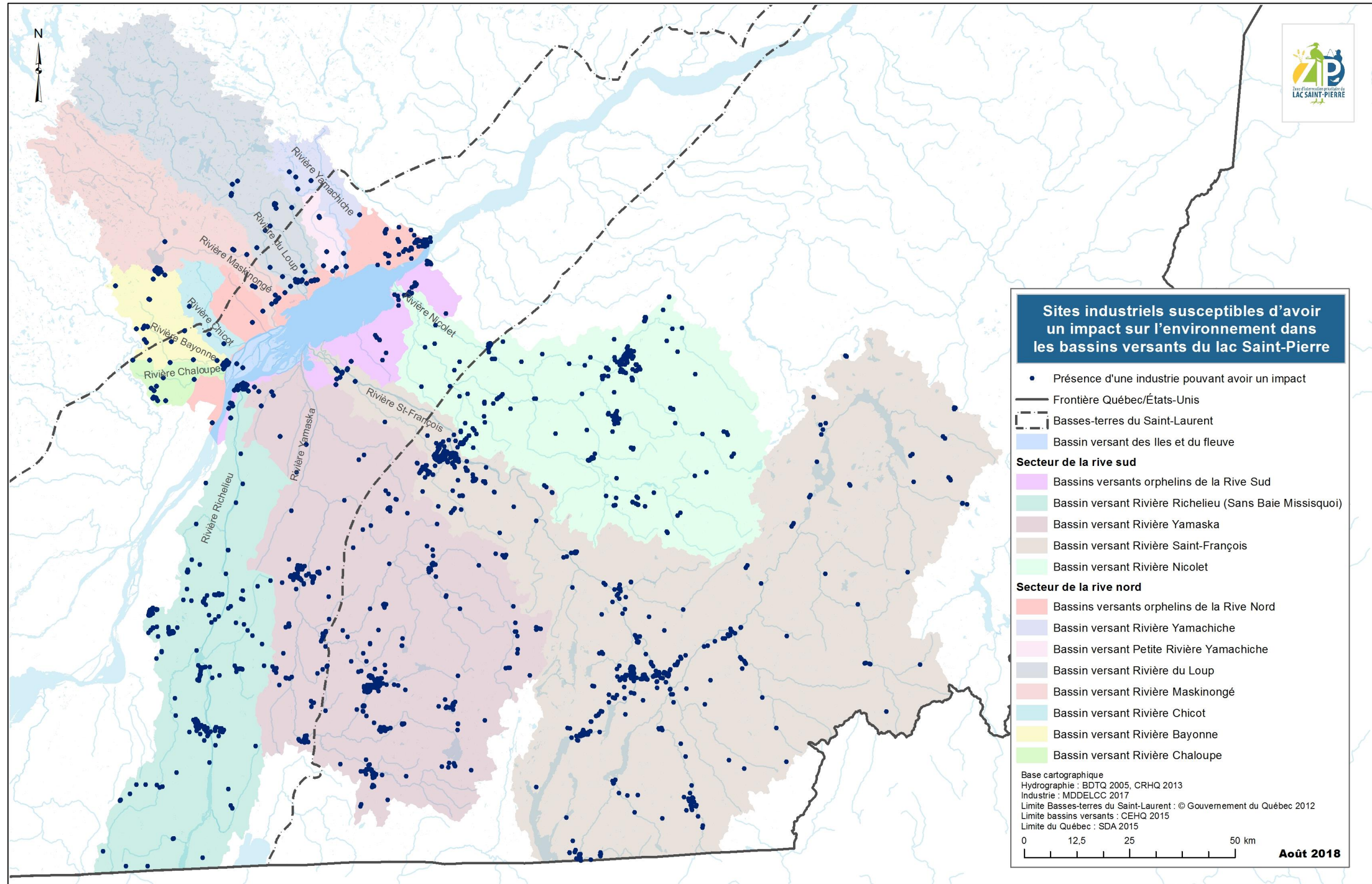


Figure 9. Sites industriels susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, en date de 2017⁹⁷

Tableau 19. Industries et fabriques de pâtes et papiers actives répertoriés en 2017 dans les tributaires directs

Bassin versant	Fabrique de pâtes et papier	Industrie	Total
Rive nord	2	192	194
La Chaloupe, Rivière	0	14	14
Bayonne, Rivière	0	25	25
Chicot, Rivière	0	3	3
Maskinongé, Rivière	0	20	20
Du Loup, Rivière	1	32	33
Yamachiche, Petite rivière	0	6	6
Yamachiche, Rivière	0	8	8
Bassins versants orphelins	1	84	85
Rive sud	11	1 512	1 523
Richelieu, Rivière ^a	0	221	221
Yamaska, Rivière	0	406	406
Saint-François, Rivière ^a	6	541	547
Nicolet, Rivière	5	298	303
Bassins versants orphelins	0	46	46
Îles et fleuve	0	3	3
Total	13	1 707	1 720

a : Ce décompte n'inclut que les industries dans les portions québécoises des tributaires directs.

Source des données : Données extraites et adaptées de SAGO du MDDELCC (2017⁹⁷)

La majorité des sites susceptibles d'être problématiques pour la qualité de l'eau de surface sont situés à l'extérieur des périmètres urbains (PU) des municipalités. Une étude réalisée par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire en 2013, a permis de démontrer que 65 % des pressions identifiées à l'extérieur des PU des tributaires directs et à moins de 100 mètres d'un cours d'eau sont causées par des usages pouvant entraîner une contamination industrielle (lieux d'enfouissement, entreprises d'extraction de minerai, etc.). Les usages de types touristiques (restauration, hébergement, golf, camping et base de plein air) comptent pour 31 % des pressions anthropiques et les usages récréatifs liés directement à l'eau (port de plaisance, marina, activités nautiques, etc.) comptent pour 4 %. En plus des rejets industriels potentiels, il est plus probable que les industries à l'extérieur des PU ne soient pas raccordées aux réseaux d'égout municipaux et doivent procéder eux-mêmes au traitement complet de leurs effluents afin de respecter les normes de rejets dans les eaux de surface¹⁵.

Parmi les sites industriels problématiques les plus fréquemment retrouvés dans les tributaires directs, il y a les sites d'extraction du sable et du gravier, les entreprises d'excavation, de nivellement, de défrichage et d'installation de fosses septiques, les sites d'extraction de la pierre pour le concassage et l'enrochement ainsi que les industries d'abattage et de conditionnement de la viande (excepté la volaille et le petit gibier)⁷⁶. Sur le territoire, il y a aussi plusieurs sites industriels producteurs de pollution diffuse, tels que les dépotoirs et les lieux d'enfouissement sanitaires. À petite échelle, ces sites représentent une pollution ponctuelle et la percolation qui en résulte a une grande influence sur les milieux naturels à proximité. À l'échelle des bassins versants, la pollution émise par ces sites peut être davantage considérée comme étant diffuse et ayant un effet beaucoup plus faible. L'attention qui doit être portée à ces sites résulte du fait que les contaminants qui percolent dans le sol à ces endroits ne sont pas toujours les mêmes, les déchets qui y sont déposés ou enfouis pouvant varier. Si des déchets contenant des substances toxiques y sont acheminés, ces dernières se retrouveront dans les eaux de ruissellement et risquent d'atteindre les eaux de surface à proximité. Également, les dépotoirs et lieux d'enfouissement sanitaires continuent d'émettre de la pollution par

percolation, et ce, même après leur fermeture. À l'extérieur des PU des tributaires directs, il y a 24 dépotoirs actifs ainsi que 22 lieux d'enfouissement sanitaire. À l'intérieur de ces zones, il y a 3 dépotoirs actifs⁷⁶.

Rejets industriels

Parmi les industries présentes dans les tributaires directs, certaines d'entre elles sont assujetties à la réalisation de bilans de conformité environnementale. Il y a également des industries qui, en plus du bilan de conformité, sont soumises à une attestation d'assainissement. Cette attestation qui découle du *Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel* (Annexe 1) devient l'outil légal qui rend opérationnel le *Programme de réduction des rejets industriels* (PRRI). Ce dernier contraint les industries des pâtes et papiers, minérales et de la première transformation des métaux à l'obtention d'une attestation d'assainissement. Sur le territoire à l'étude, on retrouve 20 sites assujettis à l'une ou l'autre de ces deux exigences et parmi ceux-ci, 11 se retrouvent dans le bassin versant de la rivière Saint-François (Tableau 20). Deux de ces sites ne rejettent aucun effluent, mais la plupart des sites industriels rejettent soit un effluent industriel, soit un effluent rejeté au réseau municipal.

Tableau 20. Nombre de sites industriels assujettis à une attestation d'assainissement ou au bilan de conformité ou dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, par secteur d'activité

Secteur	n ^{bre} de sites industriels
Fabriques de pâtes et papiers	10
Carton	2
Matériaux de construction	1
Pâtes et papiers blanchis	1
Pâtes et papiers non blanchis	6
Matières résiduelles	5
Lieu d'enfouissement de pâtes et papiers	5
Métallurgie primaire	1
Fer et ilménite	1
Minier	4
Fer et ilménite	1
Métaux usuels	1
Minéraux industriels	2
Total	20

Source des données : Données extraites et adaptées de la couche d'informations géographique du navigateur cartographique du MDDELCC (2016⁹⁸)

Alors que les industries de matières résiduelles produisent uniquement un bilan de conformité, les industries de pâtes et papiers, minières et de la métallurgie primaire doivent obtenir une attestation d'assainissement, en plus du bilan de conformité. Renouvelée tous les cinq ans, l'attestation établit les conditions environnementales (rejets dans l'eau, émissions atmosphériques, matières résiduelles, milieux récepteurs) auxquelles l'établissement industriel ciblé doit se conformer afin d'exercer ses activités. Puisque l'attestation est renouvelable, elle permet un resserrement progressif des exigences environnementales afin de réduire les rejets industriels⁹⁹. Bien qu'à l'heure actuelle il n'y ait que trois secteurs industriels assujettis au PRRI, le MDDELCC prévoit étendre l'application du programme aux secteurs de la chimie organique et inorganique, de la transformation du métal (traitement de surface et métallurgie secondaire) et de l'industrie agroalimentaire, de la transformation du bois et des textiles. En somme, le MDDELCC prévoit assujettir quelque 250 établissements industriels majeurs au Québec⁹⁹.

Sur les 20 sites industriels (Tableau 20), quatre d'entre eux rejettent leurs effluents dans un réseau d'égout municipal et selon les règlements municipaux, peuvent devoir effectuer un prétraitement de leurs eaux avant leur rejet. Parmi les autres sites, douze ont un effluent connu servant au rejet de leurs eaux usées. Un des sites miniers possède à lui seul trois effluents et le fleuve est le milieu récepteur des rejets industriels de deux autres sites. L'exutoire d'aire d'accumulation (« parc à résidus ») d'un lieu d'enfouissement de pâtes et papiers de la ville de Trois-Rivières est le seul effluent industriel ne faisant pas l'objet d'un traitement de ses eaux usées alors que son milieu récepteur est un fossé s'écoulant vers le fleuve. Le type de traitement utilisé est inconnu pour deux autres effluents industriels du même genre (exutoire d'aire d'accumulation)⁹⁸.

D'autres industries sont présentes sur le territoire des tributaires directs, mais ne sont pas répertoriées dans les données de conformité environnementale. Tel est le cas notamment d'une cimenterie dans le bassin versant de la rivière La Chaloupe*. À ce jour, il n'y a pas de liste exhaustive des sites industriels avec effluents raccordés à un réseau municipal et de ceux qui effectuent un traitement des eaux usées avant leur rejet.

Malgré un manque de connaissances sur les industries en général, le secteur des pâtes et papiers, pour sa part, est bien documenté. Avec les données actuelles, il est possible de déterminer la charge annuelle moyenne de phosphore total des papetières situées près des tributaires directs et qui possèdent un effluent non raccordé à un réseau municipal. Selon la compilation effectuée, les apports des papetières seraient responsables d'environ 2 % des charges annuelles moyennes de phosphore dans les tributaires directs⁴⁸. Ces charges de source industrielle proviennent surtout du bassin versant de la rivière Saint-François (25 997 kg P/an) où, entre 2009 et 2012, la contribution des papetières atteint environ 10 % de la charge annuelle en phosphore du bassin versant. Une autre papetière non raccordée est située dans le bassin versant de la rivière Nicolet et sa charge moyenne annuelle pour la même période était de 3 178 kg P/an¹⁰⁰.

En plus des bilans de conformité et des attestations d'assainissement, il existe un outil qui permet de connaître les quantités annuelles de phosphore rejetées par les industries. L'*Inventaire national des rejets de polluants* (INRP) est l'inventaire public des polluants ponctuels éliminés, recyclés et rejetés dans l'atmosphère, l'eau ou le sol. Il comprend l'information déclarée à Environnement Canada en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Selon cette loi, un propriétaire ou un exploitant d'installation doit obligatoirement déclarer chaque année à l'INRP sa quantité de rejets, d'élimination et de transferts de polluants à des fins de recyclage, et ce, s'il fabrique, traite, utilise ou rejette une ou plusieurs substances de l'INRP, qu'il atteint les seuils de déclaration et qu'il remplit d'autres critères¹⁰¹. En 2016, 14 établissements dans les tributaires directs ont fourni une déclaration à l'INRP pour des rejets dans l'eau, totalisant 62 900 kg de phosphore. Cependant, dix de ces 14 établissements sont des réseaux d'aqueduc et d'égout et leur apport en phosphore est de 45 960 kg¹⁰². Parmi les autres installations, deux proviennent des secteurs de la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques et de la sidérurgie. Les apports en phosphore dans l'eau provenant de ces deux industries sont minimes en comparaison à d'autres activités (2 460 kg et 60 kg respectivement). Les deux autres industries inscrites au répertoire sont des usines de pâtes et papier, soit l'usine Kruger à Trois-Rivières et l'usine de Domtar à Windsor¹⁰².

Malgré l'importance des industries concernant les rejets d'eaux usées et de phosphore, il est important de souligner les mesures mises en place pour réduire ces apports de polluants. Par exemple, la réglementation sur les rejets industriels des papetières a beaucoup évolué depuis les années 1970. En 1979, le *Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers* a été adopté au Québec et a établi des normes environnementales relatives

* J.-P. Gagnon, OBV Zone Bayonne, comm. pers. 2017.

à la qualité des effluents et oblige la surveillance de cette dernière afin d'en faire rapport au ministre. Cela a notamment permis de diminuer les rejets de MES en provenance des papetières¹⁵. Un deuxième *Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers* (Annexe 1) a été adopté en 1992 afin de renforcer et d'ajouter certaines exigences au premier règlement. De plus, grâce au *Plan d'action Saint-Laurent 1988-1993*, les rejets industriels se sont vu diminuer grandement, alors qu'en 1995, on estimait leur réduction à 96 %, notamment attribuable à de nouvelles exigences règlementaires appliquées aux fabriques de pâtes et papiers¹⁰³. Avec des normes de plus en plus exigeantes et de meilleures technologies, ce secteur industriel a su diminuer considérablement ces rejets au cours des 30 dernières années, et ce, fréquemment au-delà des diminutions observées dans les autres secteurs industriels. De manière générale, les rejets des papetières sont bien en dessous des normes règlementaires¹⁰⁴, démontrant ainsi des efforts remarquables. À titre d'exemple, la quantité de phosphore total rejetée dans l'eau par l'usine de Domtar à Windsor a diminué de 60 % en deux ans, passant de 16 290 kg en 2014 à 9 880 kg en 2016^{102, 105}. Grâce aux progrès réalisés par les industries papetières, ce secteur est maintenant considéré comme un exemple d'adoption de bonnes pratiques environnementales, notamment par sa façon d'évaluer ses rejets d'eaux usées au regard du milieu récepteur¹⁰⁴. Dans cet optique, il serait possible d'établir des actions de réduction des rejets en phosphore pour les autres secteurs industriels, en se basant sur les papetières.

Terrains de golf

Le territoire des tributaires directs inclut 89 terrains de golfs d'une superficie totale de 4 682 ha, dont la majorité est dans les bassins versants des rivières Richelieu, Yamaska et Saint-François. De par l'utilisation d'engrais, ces terrains représentent une source de pollution diffuse en nutriments, en plus d'employer d'importantes quantités d'eau, et parfois de pesticides, pour l'entretien. Toutefois, depuis 2006, les exploitants de terrain de golf doivent transmettre tous les trois ans un plan de réduction des pesticides (fongicides, herbicides et insecticides), rédigé par un agronome, afin de se conformer au *Code de gestion des pesticides*¹⁰⁶. Les données du bilan 2012-2014 des plans de réduction des pesticides sur les terrains de golf du Québec indiquent que, par rapport à 2003-2005, l'indicateur de risque pour la santé et celui pour l'environnement ont augmenté au Centre-du-Québec et en Mauricie¹⁰⁶.

SECTEUR AGRICOLE

Au Québec, l'agriculture a fortement contribué à façonner les milieux ruraux au fil du temps. Dans la dernière moitié du siècle, une transformation importante du paysage agricole s'est produite via trois phénomènes principaux : la concentration, la spécialisation et l'intensification de l'agriculture¹⁰⁷. Dès lors, les paysages agricoles ont subi d'importantes modifications telles que le redressement des cours d'eau, le drainage souterrain et le drainage des milieux humides, la réduction des superficies boisées et la conversion des pâturages et des cultures pérennes en cultures annuelles¹⁰⁸.

Types de cultures et d'élevages

Dans le sud des Basses-terres du Saint-Laurent, les activités agricoles se sont intensifiées entre 1981 et 2006 alors qu'une diminution de la proportion des terres forestières improductives, laissées en friche ou utilisées comme prairie ou pâturage, a été observée¹⁰⁹. Une intensification de l'agriculture depuis le milieu du siècle aurait été facilitée par l'avènement de nouvelles technologies et de machineries spécialisées ainsi que par le développement de nouveaux intrants chimiques (pesticides et fertilisants)¹¹⁰. Atteignant un tournant au

début des années 1990 au Québec, l'intensification de l'agriculture s'est traduite par une augmentation de l'ordre de 225 % des cultures annuelles (maïs, blé) et de soya,¹¹¹. Dans le littoral du lac Saint-Pierre, les cultures annuelles ont remplacé quelque 2 500 ha de cultures pérennes (fourrages, pâturages), mais aussi environ 350 ha de milieux humides et 102 ha de friches¹⁰⁸.

Les cultures pérennes ne sont pas les seules à avoir été affectées par l'expansion des cultures annuelles. Les différents secteurs de productions animales ont également connu une régression au fil des années. Malgré la très grande importance du secteur de la production laitière, ce dernier a connu un rythme rapide de diminution du nombre de fermes au cours des 40 dernières années et un rythme très lent de croissance de la taille moyenne des cheptels. Le secteur de la production avicole est également en baisse depuis 1971. En comparaison, le secteur de la production porcine connaît une croissance depuis les années 1970¹¹².

En 2013, le territoire des tributaires directs était constitué de 9 307 km² de terres agricoles, dont plus de 50 % de cultures à grand interligne (majorité de maïs et de soya). Ces dernières dominent sur la rive nord, la rive sud et dans les îles avec respectivement 58 %, 52 % et 49 % des terresensemencées. Les bassins versants des rivières Richelieu et Chicot et les bassins versants orphelins de la rive sud se démarquent par l'importance de leurs cultures à grand interligne, avec plus de 70 % des terres cultivées (Tableau 21).

Tableau 21. Utilisation du sol en milieu agricole en 2013 dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre

Bassin versant	Type de culture en km ² (% de l'occupation du sol par tributaire)					Total
	Grand interligne	Interligne étroit	Fourrage	Autres cultures	Agriculture indifférenciée	
Rive nord	598 (58)	85 (8)	192 (19)	2 (0)	162 (16)	1 038
La Chaloupe, Rivière	62 (60)	10 (10)	11 (11)	<1 ^a (0)	19 (19)	103
Bayonne, Rivière	112 (55)	15 (8)	41 (20)	<1 (0)	34 (17)	203
Chicot, Rivière	47 (70)	4 (6)	8 (12)	—	7 (11)	66
Maskinongé, Rivière	59 (47)	8 (6)	32 (25)	—	27 (22)	125
Du Loup, Rivière	104 (54)	18 (9)	43 (22)	<1 (0)	26 (14)	191
Yamachiche, Petite rivière	55 (62)	9 (10)	14 (16)	<1 (0)	11 (12)	89
Yamachiche, Rivière	27 (50)	4 (8)	13 (23)	<1 (0)	10 (19)	55
Bassins versants orphelins	113 (64)	17 (8)	30 (15)	1 (1)	26 (13)	207
Rive sud	4 263 (52)	403 (5)	2 034 (25)	39 (0)	1 492 (18)	8 231
Richelieu, Rivière	1 311 (74)	82 (5)	159 (9)	11 (1)	212 (12)	1 774
Yamaska, Rivière	1 696 (64)	118 (4)	449 (17)	20 (1)	383 (14)	2 667
Saint-François, Rivière	415 (21)	86 (4)	884 (45)	4 (0)	557 (29)	1 946
Nicolet, Rivière	621 (40)	95 (6)	501 (33)	4 (0)	316 (21)	1 537
Bassins versants orphelins	203 (75)	20 (7)	30 (11)	<1 (0)	17 (6)	271
Îles et lac Saint-Pierre	18 (49)	2 (6)	10 (28)	—	6 (17)	37
Total^b	4 879 (52)	491 (5)	2 236 (24)	41 (0)	1 660 (18)	9 307

a : Les superficies couvrant moins de 1 km² n'ont pas été considérées dans les calculs de superficies totales.

b : Le total a été calculé à partir des sous-totaux (en gras) de la rive nord, de la rive sud et des îles et du lac Saint-Pierre.

Source des données : Données extraites et modifiées de la couche d'informations géographiques matricielles obtenues via l'entente ACRIGéo (2014¹⁶).

Du côté des élevages, près de 90 % des unités animales (Tableau 22) des tributaires directs sont sur la rive sud, là où les superficies agricoles sont les plus grandes. Toutefois, la densité moyenne (UA/km²) de ces tributaires est équivalente à celle des bassins versants orphelins. En ce qui concerne les types d'élevage, les plus fréquents : bovins laitiers et production laitière, bovins de boucherie, porcs ainsi que poulets et dindons.

Tableau 22. Unités et densité animales dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, en 2013

Bassin versant	Superficie du BV (km ²) ^a	Unité animale (UA) ^b	Densité animale (UA/km ²)
Rive nord	3 773	84 995	0,23
La Chaloupe, Rivière	150	6 090	0,42
Bayonne, Rivière	362	26 883	0,74
Chicot, Rivière	178	2 011	0,11
Maskinongé, Rivière	1 106	13 461	0,12
Du Loup, Rivière	1 603	23 120	0,14
Yamachiche, Petite rivière	109	7 378	0,68
Yamachiche, Rivière	265	6 052	0,23
Rive sud	20 809	803 037	0,39
Richelieu, Rivière ^c	3 910	115 721	0,30
Yamaska, Rivière	4 794	395 472	0,82
Saint-François, Rivière	8 695	161 252	0,19
Nicolet, Rivière	3 410	130 592	0,38
BV orphelins^d	831	32 695	0,39
Total	25 413	920 727	0,36

a : Les superficies diffèrent de celles de la zone d'étude, car les fiches d'enregistrement des exploitations agricoles du MAPAQ n'ont pas les mêmes limites que les bassins versants. Certaines entreprises agricoles peuvent être propriétaires de terres à l'intérieur et à l'extérieur de la zone d'étude.

b : Unité de regroupement permettant de quantifier les animaux sur une base équivalente de poids (500 kg).

c : Les données du bassin versant de la rivière Richelieu comprennent les données du bassin versant de la baie Missisquoi.

d : Les bassins versants orphelins des deux rives sont combinés en une seule catégorie dans les fiches d'exploitations agricoles.

Source des données : Données extraites et adaptées des fiches d'enregistrement des exploitations agricoles du Québec (2013¹¹³).

Types de pratiques culturales

Afin de récolter leurs cultures et entretenir leurs terres, les producteurs agricoles des tributaires directs du lac Saint-Pierre on recourt à plusieurs types de pratiques culturales et agroenvironnementales.

Fertilisation et stockage des fumiers au champ

La fertilisation permet de maximiser la rentabilité des cultures en maintenant l'équilibre de la fertilité du sol¹¹⁴. La quantité de fertilisant à appliquer doit tenir compte des besoins de la culture et de la qualité nutritive du sol. La plupart des engrais vont fournir des apports en azote (N), en phosphore (P) et en potassium (K), des éléments essentiels pour la croissance des plantes. Pour le soya, l'ajout d'engrais ou de fumier est négligeable, car cette culture répond faiblement ou pas du tout à la fertilisation¹¹⁵. Pour le maïs et les autres céréales, l'application de déjections animales comme fertilisant se fait généralement à petite dose. En plus du fumier, il faut souvent deux épandages d'engrais de synthèse à base de N, P et K pour le maïs.



Les agriculteurs vont aussi employer le « stockage en amas au champ » qui consiste à déposer régulièrement les déjections animales solides en amas sur les terres agricoles et attendre la période propice aux épandages. Cette méthode est largement répandue, malgré les nombreuses restrictions découlant des modifications au *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA; Annexe 1)¹¹⁶. Adopté en 2002, ce règlement succède à plusieurs mesures visant à améliorer la fertilisation ainsi que l'entreposage et l'épandage des déjections animales. Ces mesures comprennent la mise en place des clubs-conseils en agroenvironnement et l'entrée en

vigueur du *Programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers*, du *Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement* et du *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* (RRPOA). Ce dernier met de l'avant le *Plan agroenvironnemental de fertilisation* (PAEF) qui est obligatoire et vise à réduire la pollution agricole diffuse en améliorant la gestion des fumiers par une fertilisation équilibrée selon les besoins des cultures et la richesse du sol. L'entreposage étanche des déjections animales se poursuit aussi grâce au programme de soutien financier Prime-Vert.

Dans les tributaires directs, le stockage au champ est réalisé par 1 571 exploitations agricoles (EA), soit environ 14 % de l'ensemble des EA (Tableau 23). Globalement, les tributaires de la rive nord ont des proportions des fumiers stockés au champ légèrement supérieures à celles des tributaires de la rive sud.

Tableau 23. Stockage au champ et techniques de travail au sol dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, en 2013

Bassin versant	Superficie (km ²) ^a	EA ^b (n ^{bre})	Stockage au champ			Travail réduit du sol		Semis direct	
			EA (n ^{bre})	n ^{bre} de UA	Proportion des fumiers stockés au champ ^c	EA (n ^{bre})	km ²	EA (n ^{bre})	km ²
Rive nord									
La Chaloupe, Rivière	150	132	16	1 422	23 %	55	59	27	26
Bayonne, Rivière	362	292	46	8 057	30 %	81	72	29	24
Chicot, Rivière	178	78	10	192	10 %	32	36	9	15
Maskinongé, Rivière	1 106	141	37	2 015	15 %	39	23	9	6
Du Loup, Rivière	1 603	243	39	2 787	12 %	66	39	28	10
Yamachiche, Petite rivière	109	113	16	1 056	15 %	39	29	12	7
Yamachiche, Rivière	265	101	26	2 362	39 %	31	21	4	2
Rive sud									
Richelieu, Rivière ^d	3 910	2 316	360	16 605	14 %	916	768	496	370
Yamaska, Rivière	4 794	3 545	609	47 645	12 %	1 217	837	605	299
Saint-François, Rivière	8 695	2 556	15	611	22 %	615	302	263	116
Nicolet, Rivière	3 410	1 793	336	19 185	15 %	567	317	354	166
Bassins versants orphelins^e	831	537	61	5 040	15 %	225	205	109	75
Total ou moyenne	25 415	10 997	1 571	106 977	4,21	3 484	2 215	1 743	941

a : Les superficies diffèrent de celles de la zone d'étude, car les fiches d'enregistrement des exploitations agricoles du MAPAQ n'ont pas les mêmes limites que les bassins versants. Certaines entreprises agricoles peuvent être propriétaires de terres à l'intérieur et à l'extérieur de la zone d'étude.

b : EA : exploitations agricoles.

c : Proportion = % UA au champ/UA totales. UA = Unité de regroupement permettant de quantifier les animaux sur une base équivalente de poids (500 kg).

d : Les données du bassin versant de la rivière Richelieu comprennent les données du bassin versant de la baie Missisquoi.

e : Les bassins versants orphelins des deux rives sont combinés en une seule catégorie dans les fiches d'exploitations agricoles.

Source des données : Données extraites et adaptées des fiches d'enregistrement des exploitations agricoles du Québec (2013¹¹³).

Techniques de travail du sol

Il existe trois grandes catégories de travail du sol dont l'usage varie selon le type de culture : le travail conventionnel (ou le labour), le travail réduit et le semis direct. Effectué à l'aide d'une charrue, le travail conventionnel permet de labourer près de quatre pouces de terre. Bien qu'elle augmente la compaction des sols et les risques d'érosion hydrique et éolienne, qu'elle soit coûteuse et qu'elle nécessite davantage de ressources (équipements, carburant, main-d'œuvre), cette méthode de travail est la plus utilisée^{117, 118}.

Le travail réduit du sol, quant à lui, ne met pas le sol à nu et laisse 30 % de la couverture avec des résidus de la culture passée. Le sol est ainsi moins exposé à l'érosion, mais le contrôle des mauvaises herbes devient plus important. La déchaumeuse et les appareils de travail en bande sont les outils associés au travail réduit

du sol^{117, 118}. Dans les tributaires directs en 2013, cette pratique était utilisée sur 2 215 km² de terres agricoles, par plus de 3 300 exploitations agricoles (Tableau 23). À l'échelle du territoire, cela représente 32 % des superficies cultivées et plus de la moitié des superficies agricoles employant cette pratique sont dans les bassins des rivières La Chaloupe, Chicot et Yamachiche ainsi que dans les bassins versants orphelins.

De plus en plus populaire, le semis direct est la technique la plus rapide et la moins coûteuse une fois que l'investissement de départ pour la machinerie – souvent plus dispendieuse que les appareils conventionnels – est rentabilisé¹¹⁹. Cette technique consiste en l'application directe des semis à l'aide d'un semoir, une alternative permettant de conserver les sols. Bien que la transition entre le labour et le semis direct puisse prendre plusieurs années, ce dernier nécessitant un sol en bonne condition physique et chimique*, l'absence de travail du sol améliore sa structure et la rugosité du terrain, favorise l'infiltration, en plus de réduire l'érosion et la pollution de l'eau¹¹⁷. En général, le rendement est plus faible la première année, mais s'améliore les années subséquentes. Cette pratique est utilisée sur 941 km² de terres cultivées (environ 14 % des terres agricoles), et ce, par 1 743 exploitations agricoles dans les tributaires directs. Les tributaires où cette technique est la plus répandue sont les rivières La Chaloupe, Chicot et Richelieu.

Phytoprotection

L'intensification de l'agriculture avec l'émergence des cultures de céréales, de maïs et de soya a entraîné une plus grande utilisation d'engrais chimiques et de pesticides¹²⁰, notamment pour le contrôle des mauvaises herbes. Par exemple, l'un des produits répandus, le glyphosate (p. ex. Roundup®), est appliqué sur près de 1 900 000 ha de terres chaque année au Québec⁵⁰. Les insecticides servent quant à eux au contrôle des insectes ravageurs, notamment pour le soya qui fait face, entre autres, aux pucerons du soya, aux scarabées japonais adultes, aux hannetons communs et aux limaces. Les cultures de maïs, de leur côté, doivent être protégées de la pyrale du maïs, de la légionnaire uniponctuée, de l'altise et du puceron du maïs^{121, 122}. Depuis 2011, il est estimé que la quasi-totalité des semences de maïs et près de la moitié des semences de soya sont traitées aux insecticides⁵⁰. Les agriculteurs ont parfois recours aux fongicides dans les cultures céréalières de maïs et de soya afin de contrôler certaines maladies telles que la fusariose ou la rouille asiatique¹²³. Néanmoins, l'utilisation des insecticides et des fongicides peut parfois être réduite ou omise par une bonne rotation des cultures de maïs-soya, car cela permet de réduire la résurgence des insectes ravageurs et des maladies fongiques spécialistes d'une espèce précise.

Plusieurs études ont été réalisées au lac Saint-Pierre afin de détecter la présence de pesticides utilisés en périphérie du lac, notamment en milieu agricole (cf. Autres paramètres de la qualité de l'eau).

Drainage

Un enjeu important pour le rendement des terres agricoles est le drainage adéquat. Le drainage agricole comprend le drainage souterrain et de surface ainsi que le réseau hydraulique. Le drainage souterrain permet d'évacuer l'eau gravitaire dans le sol et d'abaisser la nappe phréatique pour que le niveau d'eau soit optimal à la croissance des plantes. De plus en plus utilisés, les avantages sont notamment :

- « de travailler le sol dans de meilleures conditions;
- d'améliorer la structure du sol;
- d'ensemencer plus tôt au printemps;

* H. Bernard, MAPAQ, comm. pers. 2015.

- de récolter dans de bonnes conditions et d'améliorer l'efficacité des machineries. »¹²⁴

À l'inverse, le drainage de surface, de moins en moins présent, permet d'éliminer les accumulations d'eau à la surface des terres¹²⁴, mais favorise les apports en phosphore et les MES dans les cours d'eau.

Le réseau hydraulique, quant à lui, est l'ensemble des structures hydroagricoles qui permettent d'évacuer de façon sécuritaire le surplus d'eau d'un champ¹²⁴. Ainsi, les cultivateurs ont généralement recours à des drains ou divers ouvrages hydroagricoles tels que les avaloirs, les voies d'eau engazonnées et les rigoles d'interception, les puits d'infiltration ou les tranchées filtrantes¹¹⁷. Ces aménagements font partie des pratiques agroenvironnementales et permettent de réduire l'érosion, d'améliorer l'écoulement de l'eau de surface, de stabiliser les berges et d'améliorer la qualité de l'eau.



Pratiques agroenvironnementales

Le type de culture et d'élevage ainsi que les différentes pratiques agricoles ont divers impacts sur la qualité de l'eau. Au fil des ans, les mesures d'amélioration de cette dernière ont notamment porté sur les progrès possibles dans le secteur agricole. Le REA a contribué à l'atteinte de bilans phosphore équilibrés et il a précisé des objectifs de réduction des impacts agroenvironnementaux, faisant du PAEF l'outil principal de gestion optimale et économique des matières fertilisantes¹²⁵. D'ailleurs, l'application des PAEF a apporté une certaine amélioration de l'équilibre entre les apports de fertilisants et les besoins des cultures¹⁵. En plus du REA, le programme Prime-Vert a permis d'opérer un virage agroenvironnemental en appuyant et en subventionnant de bonnes pratiques pour les exploitations agricoles. En 2013, sur les 10 997 exploitations agricoles présentes dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, le programme Prime-Vert en subventionnait 2 863 et en appuyait 4 053 (Tableau 24).

Les pratiques agroenvironnementales les plus utilisées par les agriculteurs sont les ouvrages hydroagricoles, les bandes riveraines et les brise-vent (40 % de l'appui) et les catégories de pratiques qui sont privilégiées sont la réduction de la pollution diffuse, les pratiques de conservation des sols et l'accompagnement de la démarche agroenvironnementale. Cette dernière vise à aider les agriculteurs à se conformer aux règles environnementales en vigueur et à améliorer leurs pratiques¹²⁶. Dans une moindre mesure, les ouvrages de stockage des déjections animales représentent 12 % des exploitations agricoles. Toutefois, l'aide financière versée pour cette pratique compte pour plus de 60 % de la somme totale de 2013. En effet, la totalité de l'aide financière accordée aux pratiques agroenvironnementales en 2013 s'élève à plus de 58 M\$, dont plus de 36 M\$ étaient pour la mise en place d'ouvrages de stockage des déjections animales. Malgré l'appui du programme Prime-Vert, les connaissances relatives aux pratiques agroenvironnementales sont encore limitées, notamment en ce qui concerne les aménagements hydroagricoles et la protection du milieu riverain¹²⁷. En effet, les pratiques améliorant la qualité de l'eau ne sont pas bien répertoriées ou quantifiées, et il n'y a pas d'indicateurs calculant la progression des changements de pratiques. Il serait également important d'améliorer les connaissances relatives aux aménagements hydroagricoles présentant le meilleur rapport coût-bénéfice pour l'amélioration de la qualité de l'eau.

Tableau 24. Exploitations agricoles subventionnées et appuyées par le programme Prime-Vert en 2013 dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, par type d'interventions agroenvironnementales

Bassin versant	Exploitations agricoles subventionnées (n ^{bre})	Exploitations agricoles appuyées (n ^{bre})											Total des exploitations agricoles appuyées (n ^{bre})	
		Stockage des déjections animales			Épandage des fumiers	Accompagnement	Gestion des effluents de production		Pratiques de conservation des sols		Réduction de la pollution diffuse			Réduction des pesticides
		Ouvrage de stockage	Aménagement alternatif	Traitement			Eaux de laiterie	Eaux de lavage	Couvre-sols	Semis direct	Retrait permanent	Ouvrage hydroagricole, bande riveraine, brise-vent		
Rive nord	315	69	1	0	5	100	6	0	32	60	2	165	19	459
La Chaloupe, Rivière	31	6	0	0	0	14	0	0	1	3	0	15	3	42
Bayonne, Rivière	92	32	0	0	0	16	3	0	3	11	0	44	6	115
Chicot, Rivière	24	7	0	0	0	4	1	0	1	5	0	15	4	37
Maskinongé, Rivière	50	10	0	0	0	32	0	0	6	7	2	28	1	86
Du Loup, Rivière	68	7	1	0	4	33	0	0	10	18	0	34	2	109
Yamachiche, Petite rivière	31	3	0	0	1	1	1	0	8	12	0	17	2	45
Yamachiche, Rivière	19	4	0	0	0	0	1	0	3	4	0	12	1	25
Rive sud	2 574	408	13	6	71	508	28	1	202	559	4	1 490	332	3 622
Richelieu, Rivière ^a	657	56	1	0	8	191	4	1	65	145	2	385	141	999
Yamaska, Rivière	936	159	3	6	36	203	10	0	60	153	2	540	141	1 313
Saint-François, Rivière	541	117	4	0	17	66	5	0	47	123	0	327	24	730
Nicolet, Rivière	440	76	5	0	10	48	9	0	30	138	0	238	26	580
Bassins versants orphelins^b	163	22	0	0	4	25	2	0	18	67	0	86	13	237
Total^c	2 863	478	13	6	75	588	34	1	230	629	6	1 656	337	4 053

a : Les données du bassin versant de la rivière Richelieu comprennent les données du bassin versant de la baie Missisquoi.

b : Les bassins versants orphelins des deux rives sont combinés en une seule catégorie dans les fiches d'exploitations agricoles du MAPAQ.

c : Le total correspond aux données des fiches d'exploitations du MAPAQ, après éliminations des doublons. Le total ne correspond donc pas à la somme des sous-totaux

Source des données : Données extraites et adaptées des fiches d'enregistrement des exploitations agricoles du Québec (2013¹¹³).

Cours d'eau en milieu agricole

Depuis de nombreuses années, les cours d'eau en milieu agricole ont subi plusieurs transformations, principalement liées à leur linéarisation par la suppression des méandres. Toutefois, ces travaux, combinés à la gestion actuelle des cours d'eau en milieu agricole, ne répondent pas aux principes actuels de développement durable du gouvernement du Québec. La gestion actuelle vise surtout le drainage rapide des champs, et ce, au détriment des aspects hydrogéomorphologiques, environnementaux et même économiques. En effet, les coûts d'entretien (p. ex. retrait des sédiments accumulés) récurrents des cours d'eau actuels ne sont pas optimaux pour les agriculteurs, en comparaison à des solutions pérennes¹²⁸.

ESPACE DE LIBERTÉ DES COURS D'EAU – UN MODE DE GESTION DURABLE DES COURS D'EAU

Avec les changements climatiques anticipés, les phénomènes naturels seront accentués alors que les crues seront plus fréquentes et les périodes d'étiages plus prononcées. Ces changements menaceront non seulement les écosystèmes fluviaux, mais aussi la sécurité publique, et c'est afin de minimiser ces impacts qu'un cadre de gestion intégrée a vu le jour. Ce dernier, nommé « Espace de liberté des cours d'eau » vise à identifier des espaces d'inondations et de mobilité des cours d'eau où il n'y aura pas d'interventions pour modeler ces derniers. Les cours d'eau évolueront de manière naturelle. Cette gestion durable des cours d'eau permet d'en maintenir les fonctions physiques naturelles (transport de l'eau et des sédiments) afin d'en accroître la résilience. Dans cette approche, les milieux humides constituent une partie de l'espace minimal dont les cours d'eau ont besoin et contribuent à la connectivité entre la rivière et la nappe phréatique, à l'atténuation des crues et des étiages ainsi qu'à une amélioration de la qualité de l'eau.¹²⁹

Bien que ce concept de gestion soit durable, il est difficile à réaliser. Cette approche entraîne de l'expropriation, des pertes de droits de construction et des pertes de droits de culture et nécessite de la restauration et de l'aménagement des cours d'eau. Toutefois, les gains relatifs à l'espace de liberté dépasseraient les coûts. C'est ce qui a été observé dans le cadre d'un projet de développement d'une approche de gestion des cours d'eau basée sur les concepts d'espace de liberté pour les cours d'eau du Québec. Pour les trois cours d'eau du projet (rivières de la Roche, Yamaska Sud-Est et Matane), les coûts devant être déboursés s'élèveraient respectivement à 0,3 M\$, 4,4 M\$ et 1,0 M\$. Cependant, après l'ajout de l'estimation des gains, les profits obtenus pour sont respectivement de 0,7 M\$, 2,4 M\$ et 3,7 M\$ sur 50 ans. Les gains obtenus concernent la réduction des coûts de protection des berges, la réduction des dommages liés aux inondations, la protection des milieux humides et l'élargissement de la bande riveraine. Ces deux derniers gains correspondent d'ailleurs à des fournisseurs de services écosystémiques.¹²⁹

Malgré des projets de recherche concluants, il n'y a actuellement aucun projet mis en application.¹³⁰

Bien que le MAPAQ ait abandonné les interventions dans les cours d'eau en milieu agricole en 1994 afin de redonner aux municipalités la gestion de l'entretien et de l'aménagement de ces cours d'eau, plus de 30 000 km linéaires de cours d'eau ont été aménagés au Québec durant les 30 ans d'implication de ce ministère, dont près du tiers ont entièrement été créés artificiellement dans un objectif de drainage agricole. Une linéarisation aussi importante a modifié le régime hydrologique de nombreux cours d'eau, notamment en augmentant la vitesse d'écoulement et les débits de pointe¹³¹, accroissant les phénomènes d'érosion.

Les agriculteurs doivent suivre la PPRLPI et respecter en permanence une bande de végétation de 3 m, incluant au moins 1 m sur le replat du talus, et ce, pour toute culture du sol à des fins d'exploitation agricole située dans la rive. Le respect de la bande minimale végétale ne fait pas partie des exigences environnementales de la *Procédure relative à l'entretien de cours d'eau en milieu agricole*, mais les

agriculteurs doivent tout de même entretenir leurs cours d'eau par le creusage et l'enlèvement des sédiments. Lors de ces travaux, ils doivent stabiliser la base des talus et effectuer le retalutage en pente plus faible¹³². En soi, l'application de la PPRPI et de ses exigences de bandes riveraines relève des municipalités. Cet aspect de la politique est un enjeu important de la gestion des cours d'eau en milieu agricole en raison des effets de la présence de bandes riveraines sur la qualité de l'eau, la vulnérabilité des rives à l'érosion, la diversité biologique ainsi que la connectivité des habitats¹²⁸. Par ailleurs, les données du bilan des travaux d'entretien de cours d'eau en milieu agricole réalisés au Québec en 2012 ont permis d'avancer que le taux de conformité à la PPRPI quant au respect de la bande de 3 m sans culture est relativement faible. Plusieurs cultures sont observées dans des sols cultivés systématiquement jusqu'à 1 m en haut du replat du talus¹²⁸.

Plusieurs exploitations agricoles dans les tributaires directs (y compris la portion québécoise du bassin versant de la baie Missisquoi) ont des bandes riveraines végétalisées ou, à tout le moins, maintiennent une protection de la bande riveraine de 1 m. En 2013, sur les 10 997 exploitations agricoles présentes, 5 309 avait une bande de protection de 1 m, soit environ 48 % des exploitations, contre seulement 12 % (1 362 exploitations) qui avaient des aménagements¹¹³. Il est à rappeler que l'aménagement de bandes riveraines végétalisées fait partie de l'aide financière versée par le programme Prime-Vert.

Phénomènes d'érosion

Érosion des berges

Le phénomène d'érosion des berges est un processus naturel qui se décrit comme étant le détachement et le transport des particules de sol. Étant un des processus normaux de la dynamique de l'eau, il n'est pas forcément problématique en l'absence d'activités anthropiques, mais peut contribuer à plusieurs problèmes environnementaux lorsque créé par les activités humaines. Par exemple, les pratiques agricoles telles que certaines techniques de travail du sol peuvent accélérer le processus d'érosion¹³³ (Figure 10). De plus, le développement urbain et agricole restreignent l'espace alloué aux cours d'eau¹²⁹, entraînent des effets tels que l'absence de végétation sur les rives et augmentent les débits de pointe des cours d'eau et des crues. Ces effets peuvent tous contribuer à accentuer le phénomène d'érosion.



Figure 10. Absence de bandes riveraines et présence d'érosion (photo de gauche) en comparaison à la présence d'une bande riveraine adéquate (photo de droite)

Il est à noter que les responsabilités relatives aux cours d'eau sont partagées par divers paliers gouvernementaux. Alors que la réglementation à propos de la largeur des bandes riveraines relève des

municipalités locales (PPRLPI, règlement d'urbanisme), les MRC s'occupent de l'entretien des cours d'eau (*Loi sur les compétences municipales*, Annexe 1) et les gouvernements provincial et fédéral gèrent la protection de l'environnement (LQE) et de la faune (*Loi sur les pêches*). Ce partage de rôle met un frein aux interventions de chacun et rend complexe l'application réglementaire relative à l'environnement¹²⁸.

Risques d'érosion des sols en milieu agricole

Une des principales origines de la pollution diffuse d'origine agricole provient de l'érosion des sols des parcelles cultivées. Afin d'évaluer les apports en éléments polluants (notamment le phosphore) issus des secteurs cultivés, une étude visant à identifier les secteurs à risque d'érosion en milieu agricole, initiée par le Comité ZIPLSP en partenariat avec l'UQTR et le MELCC, a débuté en 2018. Le territoire visé correspond aux Basses-terres du lac Saint-Pierre incluses dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre (Figure 11).

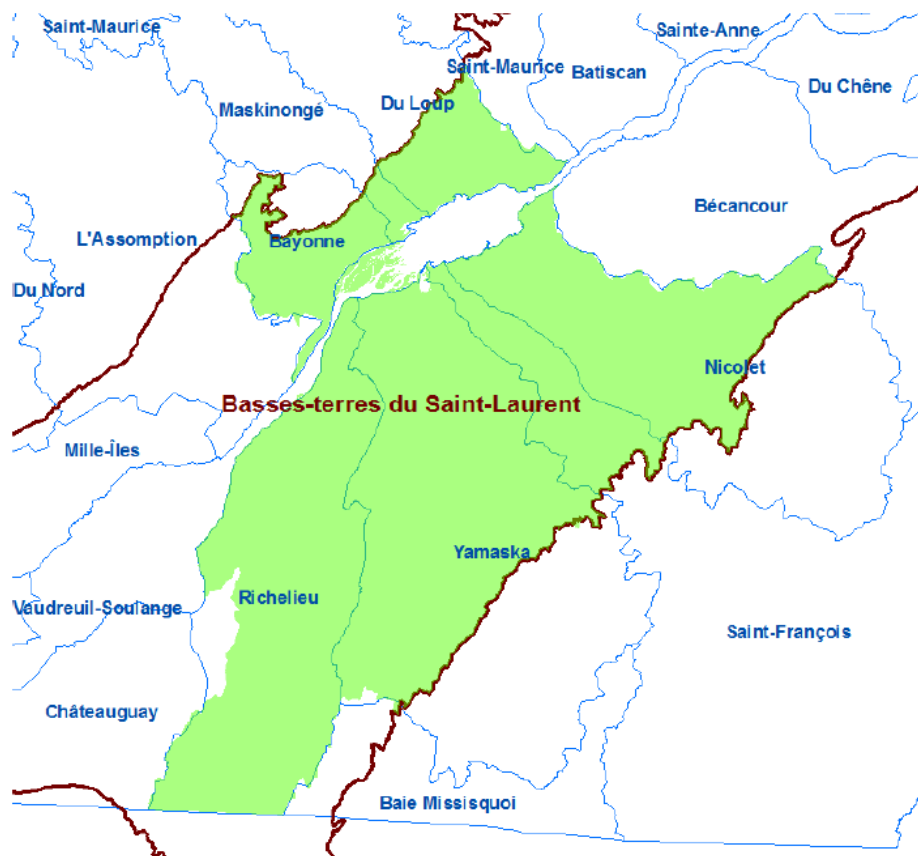


Figure 11 Cartographie d'ensemble de la zone d'étude pour l'analyse RUSLE

L'objectif de l'étude est de modéliser les pertes de sol dans les secteurs cultivés afin d'identifier les parcelles les plus à risque de s'éroder. Un outil cartographique sera produit pour faciliter l'identification de sites d'intervention en milieu agricole et ainsi réduire la pollution diffuse. Pour se faire, la méthodologie proposée est d'utiliser l'équation universelle révisée des pertes de sol pour le Canada (RUSLE) regroupant les paramètres qui ont des incidences sur l'érosion : climat, sol, topographie, culture, pratiques d'utilisation du sol. Le RUSLE est une approche empirique largement utilisée en contexte agricole et apparaît comme pertinent pour l'atteinte de l'objectif central qui est de comprendre comment le phosphore se rend à l'eau.

DIAGNOSTIC

PROBLÉMATIQUES LIÉES À LA QUALITÉ DE L'EAU

Les trois secteurs d'activités ciblés (municipal, industriel et agricole) par le Comité d'experts ont tous des impacts sur la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre et dans ses tributaires directs, notamment de par leur proximité avec les cours d'eau (Figure 12). Au fil des ans, les diverses activités issues de ces trois secteurs (et autres secteurs secondaires) ont entraîné des problématiques liées à la qualité de l'eau. Parmi celles-ci, les apports en nutriments, en sédiments et en contaminants ont des impacts majeurs sur les trois sphères suivantes : les habitats et la vie aquatique, les activités récréatives et les facteurs esthétiques, ainsi que l'approvisionnement en eau potable.



Figure 12. Activités des secteurs municipaux, industriels et agricoles à la hauteur de Sorel, en bordure du lac Saint-Pierre

Impacts sur les habitats et la vie aquatique

Les différents habitats naturels présents au lac Saint-Pierre et dans les cours d'eau de ses tributaires directs, ainsi que la vie aquatique qui les occupe, sont influencés par les trois principales problématiques liées à la qualité de l'eau, soit l'apport en nutriments, en sédiments et en contaminants. Les secteurs municipaux, industriels et agricoles représentent tous une source d'activités entraînant une cascade de répercussions sur les habitats et la vie aquatique.

Eutrophisation des cours d'eau

L'eutrophisation des écosystèmes aquatiques est un phénomène de vieillissement qui se produit naturellement après une certaine période de temps. Ce processus consiste en l'enrichissement graduel d'un plan d'eau en matières nutritives, engendrant une hausse de la production biologique (Figure 13). Le passage des milieux aquatiques à l'état eutrophe peut toutefois être accéléré par les activités anthropiques et ainsi causer le vieillissement prématuré du plan d'eau. En effet, les charges élevées en azote et en phosphore transportées par ruissellement vers les cours d'eau contribuent fortement à l'eutrophisation de ces derniers¹³⁴. Dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, le phosphore et l'azote proviennent notamment des rejets d'eaux usées municipales et industrielles. Cela concerne autant les établissements non raccordés possédant des installations septiques individuelles, des champs d'épuration ou autres, que ceux raccordés à un réseau d'égout municipal et dont les eaux sont traitées par une station d'épuration. Également, les activités agricoles mènent à une utilisation importante d'engrais azotés et phosphatés¹³⁵ et les cultures à grand interligne laissent les sols vulnérables au ruissellement et à l'érosion, deux facteurs facilitant l'exportation de nutriments dans les eaux de surface et, par conséquent, contribuant à l'eutrophisation¹³⁶.



Figure 13. Cours d'eau avec hypereutrophisation à proximité du lac Saint-Pierre

Rappelons qu'au cours de la période 2009-2012, la charge moyenne de phosphore était supérieure à la charge tolérable en fonction du critère retenu pour prévenir l'eutrophisation accélérée des cours d'eau (0,03 mg/L) pour tous les tributaires directs du lac Saint-Pierre. La charge totale excédentaire était annuellement d'environ 728 t P/an (entre 20 % et 87 % de la charge tolérable des tributaires) et les plus grands contributeurs étaient les rivières Yamaska et Richelieu (65 % de la charge excédentaire totale). Toutefois, ce sont les rivières Yamachiche, Bayonne, Yamaska et la Petite rivière Yamachiche qui ont les quantités excédentaires les plus importantes, lorsque mis en rapport avec leur superficie (ratio charge/superficie)⁴⁸.

Pour l'azote, des charges excédentaires ont été observées dans 8 des 12 principaux tributaires directs, avec une valeur située entre 16 % et 80 % de la charge tolérable sur la base du critère de qualité de l'eau de 1 mg/L. La charge excédentaire totale s'élève à 6 232 t N/an, dont près de 70 % sont attribuables à la rivière

Yamaska. Les rivières La Chaloupe, Bayonne et Yamaska et la Petite rivière Yamachiche sont toutefois celles qui présentent les charges excédentaires les plus élevées une fois rapportées sur leur charge tolérable⁴⁸.

Au cours de la période de mai à octobre pour les années 2014 à 2016, l'ensemble des 14 tributaires directs échantillonnés ont présenté des dépassements du critère phosphore et pour plus de la moitié d'entre eux, ces dépassements ont été observés dans tous les échantillons analysés³⁵. Il est également possible de repérer les signes d'eutrophisation à partir des concentrations de chlorophylle-a échantillonnées pour l'IQBP₆. Ce pigment végétal est utilisé comme indicateur de la biomasse des algues microscopiques en suspension dans l'eau. Des concentrations trop élevées révèlent des problèmes d'eutrophisation. Une concentration de 8,6 µg/L représente le critère de qualité de l'eau pour ce paramètre, et pour la période 2014-2016, 12 des 14 tributaires échantillonnés pour l'IQBP₆ ont dépassé au moins une fois cette valeur.

Dans une moindre mesure, le phosphore et l'azote proviennent aussi de l'érosion des berges. Ce phénomène est accentué par l'absence de bandes riveraines, l'aménagement et l'entretien des cours d'eau, ainsi que certaines pratiques agricoles (labour, culture à grand interligne et drainage). L'augmentation des débits résultant de la rectification des cours d'eau et du drainage des terres agricoles favorise l'érosion. Ces pressions anthropiques ont notamment augmenté les vitesses d'écoulement des eaux et modifié les débits de pointe¹²⁷. En 2013, seulement 48 % des exploitations agricoles avaient une bande de protection riveraine de 1 m¹¹². L'entretien hivernal des routes joue également un rôle, car les chlorures utilisés dans les sels de déglacage affectent la végétation environnante et contribuent à accélérer l'érosion⁷².

En plus des nutriments, l'érosion contribue à exporter davantage de sédiments et de contaminants dans l'eau. Les cours d'eau agricoles érodés près des exploitations agricoles où les apports d'intrants (fertilisants et pesticides) sont importants transporteront plus de matières nutritives et de pesticides dans les plans d'eau de proximité. Certains de ces produits, comme le glyphosate et l'atrazine, lorsque présents à une certaine concentration, peuvent entraîner des changements de structure des communautés d'algues et de plantes aquatiques¹³⁷.

Dans les eaux relativement stagnantes de la zone littorale peu profonde du lac, une croissance de cyanobactéries benthiques, incluant *Gloeotrichia pisum* et des lits de *Lyngbya wollei*, a été observée. Ces dernières sont des algues potentiellement toxiques et indiquent une eutrophisation causée par des apports excessifs d'éléments nutritifs par les rivières Richelieu, Yamaska et Saint-François¹³⁸.

Le changement d'un plan d'eau d'un état oligotrophe ou mésotrophe vers un état eutrophe a des répercussions sur les habitats aquatiques et les espèces qui y vivent. En raison de la productivité biologique plus élevée en milieu eutrophe, les algues microscopiques et les plantes aquatiques de plus en plus présentes modifient les caractéristiques du milieu : plus grande accumulation de sédiments et de matières organiques, réduction de la concentration d'oxygène dissous, remplacement de certains organismes par des espèces mieux adaptées, etc.¹³⁴

Prolifération d'algues et de cyanobactéries

Un des impacts de l'eutrophisation est la croissance d'algues et de cyanobactéries (Figure 14). Cela est notamment causé par l'effet cumulé de différents stress d'origine anthropique contribuant aux apports élevés en nutriments (dont l'azote et le phosphore), en sédiments et en contaminants.

Dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, le phosphore et l'azote proviennent, entre autres, des rejets d'eaux usées municipales et industrielles. Le phosphore rejeté dans les eaux usées peut stimuler de façon excessive la croissance des algues microscopiques et des plantes aquatiques¹⁸. Rappelons qu'entre 2009 et 2012, les charges annuelles moyennes de phosphore provenant des rejets d'eaux usées des stations d'épuration municipales et des papetières hors réseau municipal étaient respectivement de 316 t P/an⁸¹ et 29 t P/an¹⁰⁰. Le traitement des eaux usées est également une source de pollution résiduelle, car il permet la transformation de l'azote organique et ammoniacal en nitrates¹⁵.



Figure 14. Prolifération d'algues dans un cours d'eau, rive nord du lac Saint-Pierre

Les charges en phosphore et en azote en provenance des secteurs municipaux, industriels et agricoles sont, entre autres, exportées dans l'environnement par le phénomène de ruissellement des eaux. Ce phénomène est en partie accentué par l'imperméabilisation des sols et par les cultures à grand interligne. Souvent associées au maïs-grain ou au soya, ces cultures nécessitent généralement des quantités d'intrants plus élevées que les cultures à interligne étroit, que ce soit pour les engrais de synthèse, les engrais organiques ou les pesticides¹³⁶. Ainsi, des sols rendus moins perméables par l'urbanisation et des sols dénudés par la pratique de cultures à grand interligne augmentent le volume de ruissellement et l'érosion des berges, tout en favorisant l'exportation des nutriments, des sédiments et des contaminants présents dans le sol^{71, 136}. Malgré un manque d'informations sur les proportions de surfaces imperméabilisées dans les tributaires directs, il est possible de mentionner que les cultures à grand interligne comptent pour plus de 50 % des cultures dans les tributaires directs et près de 20 % de l'occupation du sol dans le territoire à l'étude¹⁶.

Pour l'ensemble des secteurs, la charge annuelle moyenne de phosphore transportée vers le lac Saint-Pierre pour la période 2009-2012 est de 1 444 t P/an¹⁵, tandis que celle de l'azote varie entre 135 t N/an et 10 045 t N/an⁴⁸. Également, sur l'ensemble des 20 stations d'échantillonnages étudiées pour l'IQBP₆, 15 d'entre elles ont dépassé le critère de phosphore de 0,03 mg/L entre 17 % et 100 % du temps. En ce qui concerne l'azote, huit stations ont dépassé le critère de 2,9 mg/L, entre 6 % et 94 % du temps⁴³.

Les cours d'eau agricoles érodés à proximité des exploitations agricoles où les apports d'intrants (fertilisants et pesticides) sont importants transporteront plus de matières nutritives et de pesticides dans les plans d'eau. À des concentrations se situant entre 6 mg/L et 12 mg/L, le glyphosate a pour effet d'augmenter la quantité de phosphore présente dans le milieu et d'occasionner une transition de population de

phytoplancton vers une population de cyanobactéries¹³⁹. Le glyphosate et l'atrazine ont été échantillonnés dans la majorité des tributaires étudiés entre 2012 et 2014⁵⁰ ainsi que dans le lac Saint-Pierre en 2014 et 2015⁵¹. L'exportation de sédiments par l'érosion peut également contribuer à la prolifération des cyanobactéries, notamment si le glyphosate est adsorbé aux sédiments qui représentent une voie de dispersion du produit dans l'environnement aquatique^{52, 140}.

Les variations des niveaux d'eau dans les cours d'eau des tributaires directs du lac Saint-Pierre ont aussi un impact sur la croissance des cyanobactéries, car des variations importantes créent de l'érosion, augmentant ainsi les quantités de matières en suspension et de sédiments dans le fond de l'eau, en plus de transporter une plus grande quantité de nutriments¹⁰.

Un apport de nutriments en eaux peu profondes ainsi que de faibles courants favorisent le développement de vastes lits de végétation émergente et submergée. Ces plantes aquatiques créent une résistance au courant et favorisent la sédimentation des particules¹³⁸. Des eaux relativement stagnantes et polluées s'accumulent dans une grande portion de la zone littorale peu profonde du lac Saint-Pierre⁹. Le lent passage de ces eaux enrichies au travers des herbiers aquatiques augmente leur transparence et réduit les concentrations en azote inorganique dissous. Cet appauvrissement coïncide avec un déclin de la biomasse de plantes aquatiques submergées^{141, 142} et la croissance de cyanobactéries benthiques¹³⁸. La prolifération de ces organismes favorise l'eutrophisation des cours d'eau et modifie les habitats aquatiques et le réseau trophique¹⁴³.

Herbiers aquatiques

Les herbiers aquatiques du lac Saint-Pierre sont formés de macrophytes* qui jouent un rôle majeur dans les milieux humides du littoral en fournissant une structure d'habitat, en favorisant la production primaire (végétaux aquatiques) et secondaire (p. ex. invertébrés aquatiques), en plus de servir d'abri et de source d'alimentation pour les poissons¹⁴⁴. D'ailleurs, les herbiers aquatiques ont une fonction clé dans le recrutement des poissons d'eau douce¹⁴⁵. La richesse des communautés d'invertébrés et de poissons qui caractérisent les herbiers aquatiques attire naturellement des oiseaux aquatiques et des mammifères. Or, depuis 2005, les grands herbiers disparaissent dans les zones peu profondes du lac Saint-Pierre au profit de cyanobactéries benthiques formant des tapis filamenteux¹⁴⁶. Un déclin important de l'abondance de plantes aquatiques a d'ailleurs été observé dans la portion entre l'embouchure des rivières Yamaska et Saint-François et le secteur Longue-Pointe (Baie-du-Febvre)¹⁴⁴. Une forte diminution de la biomasse de la végétation aquatique submergée a également été observée ailleurs dans le lac Saint-Pierre, allant même jusqu'à disparaître dans le secteur nord-est de ce dernier en 2016¹⁴⁷. Cette diminution est probablement causée par une forte turbidité de l'eau, l'érosion des berges du littoral et un fort apport de matières particulaires en provenance des tributaires¹⁴⁸.

La turbidité augmente notamment en raison d'une plus grande concentration de matières en suspension (MES) dans l'eau. Rappelons que pour la période 2009-2012, la charge moyenne annuelle dépasse la charge tolérable dans l'ensemble des tributaires directs. Au total, la charge excédentaire de MES est de 613 927 t/an, dont 71 % sont issus des rivières Yamaska, Richelieu et Saint-François. Soulignons que, les MES peuvent transporter du phosphore particulaire pouvant contribuer à l'augmentation de ce nutriment dans l'eau. Les excédents en MES les plus importants par rapport à la charge tolérable sont toutefois observés

* Végétaux aquatiques (plantes herbacées aquatiques et macro algues coloniales), submergés (totalement immergées dans l'eau), flottants (au moins une partie des feuilles flottent à la surface de l'eau) ou émergés (feuilles dressées à l'extérieur de l'eau).

dans les rivières Yamachiche, Bayonne, la Chaloupe et Yamaska ainsi que la Petite rivière Yamachiche⁴⁸. Par ailleurs, les MES représentent le paramètre déclassant de l'IQBP₆ 2014-2016 pour 7 des 14 tributaires, dont la rivière Yamachiche et la Petite rivière Yamachiche qui ont tous deux une classe E (très mauvaise) ainsi que la Petite rivière du Loup qui a une classe D (mauvaise). Ces trois tributaires, entre 2009 et 2012, avaient également les plus grandes contributions relatives parmi les tributaires, avec plus de 1 000 kg MES/ha⁴⁸. L'apport de MES provient notamment de l'érosion causée par l'absence de bandes riveraines, le ruissellement des sols en milieu agricole, le travail du sol conventionnel (p. ex. labours d'automne) et la variation des niveaux d'eau. Les rejets d'eaux usées municipales et industrielles, l'imperméabilisation des sols et l'entretien des routes ont aussi un rôle important dans l'apport en sédiments au lac Saint-Pierre.

Les activités anthropiques favorisant la prolifération d'algues et de cyanobactéries ainsi que l'eutrophisation affectent également les herbiers en diminuant leur nombre. Une autre problématique affectant ces habitats est la présence de pesticides dans les sédiments, notamment la présence conjuguée de ces produits. Le mélange de plusieurs herbicides, tel que le glyphosate, et de concentrations d'atrazine dépassant le critère de vie aquatique chronique (CVAC) dans les sédiments pourrait contribuer à la détérioration des herbiers aquatiques⁵¹. En ce qui concerne le glyphosate, les macrophytes sont parmi les plantes les plus sensibles à cet herbicide, alors qu'une concentration de 0,22 mg/L est suffisante pour entraîner une inhibition de leur croissance¹⁴⁹.

Une autre pression anthropique affectant plus directement les herbiers est le passage de véhicules motorisés (Figure 15) pouvant arracher la végétation sur leur passage. Les déversements accidentels d'eaux usées des embarcations de plaisance peuvent également contribuer à la croissance des algues¹⁵⁰.



Figure 15. Passage de véhicules motorisés dans les herbiers aquatiques du lac Saint-Pierre

En 2012, il a été possible de mesurer les impacts d'une épuration des habitats aquatiques le long de la rive sud du lac Saint-Pierre en comparant un secteur enrichi en amont (embouchure des rivières Yamaska et Saint-François) à un secteur appauvri en aval et dominé par les cyanobactéries *Gloeotrichia pismus* et *Lyngbya wollei*. Les résultats démontrent une cascade d'effets négatifs sur la qualité de l'habitat du poisson, sur la quantité et l'accessibilité des proies (invertébrés) qui sont moins nombreuses ou plus difficiles à attraper selon l'espèce, ainsi qu'une diminution du recrutement chez la perchaude. En effet, la faible taille atteinte par les juvéniles de cette espèce au cours de l'automne qui résulte de la disponibilité réduite des invertébrés entraîne la réduction de leur potentiel de survie hivernale. La disparition des herbiers, qui

constituent des habitats de croissance, de reproduction, d'alevinage et un abri pour diverses espèces aquatiques du lac Saint-Pierre, représente une perte de capacité de support du lac¹⁴⁴.

Biodiversité

En plus de la disparition des herbiers causée par l'eutrophisation et la détérioration générale de la qualité de l'eau provenant des tributaires à forte vocation agricole, la biodiversité du lac Saint-Pierre est affectée par les pesticides, les rejets d'eaux et de neige usées ainsi que par la pollution diffuse industrielle. Ces pressions anthropiques entraînent des apports en nutriments, en sédiments et en contaminants qui affectent plusieurs espèces. L'érosion des sols et des berges, le ruissellement et le marnage vont aussi favoriser le transport de ces éléments jusqu'au lac Saint-Pierre. De plus, une forte variabilité des niveaux d'eau tend à favoriser la croissance des espèces opportunistes ou exotiques¹⁴⁷.

Plusieurs conséquences sur les espèces aquatiques peuvent découler de l'eutrophisation des cours d'eau. Tout d'abord, la dégradation de fortes biomasses générées lors de la prolifération massive de végétaux aquatiques entraîne un appauvrissement en oxygène dissous, pouvant aller jusqu'à l'hypoxie ou l'anoxie du milieu*. Cela s'explique par le fait que les microorganismes responsables de la décomposition de ces plantes consomment une quantité importante d'oxygène dissous. Dans les milieux aquatiques dépourvus d'oxygène, d'autres microorganismes provoquent aussi la formation de certains gaz toxiques comme le méthane et l'hydrogène sulfuré. Ces changements liés à la qualité de l'eau créent des zones mortes temporaires ou permanentes qui provoquent la disparition de la plupart des organismes fixés au substrat, de même que le déplacement des espèces plus mobiles. Cela peut donc entraîner la diminution de la biodiversité d'origine. La présence de cyanobactéries peut également nuire à plusieurs organismes aquatiques. Les toxines associées à certaines de ces espèces peuvent causer la mort de plusieurs poissons. Aussi, l'obstruction des branchies par les cyanobactéries peut s'avérer mortelle dans certains cas¹⁵¹.

La disparition des herbiers, en plus d'affecter la perchaude, aura également une incidence sur d'autres espèces qui dépendent de ces milieux comme le crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*), le grand brochet (*Esox lucius*), le crapet de roche (*Ambloplites rupestris*) et la barbotte brune (*Ameiurus nebulosus*)^{144, 152}.



En ce qui concerne les pesticides retrouvés dans l'eau et les sédiments de la zone d'étude, la documentation scientifique rapporte les effets suivants sur les espèces aquatiques. Pour l'atrazine, les concentrations mesurées dans le lac varient entre 0,11 µg/L et 1,9 µg/L (Annexe 11)⁵¹. Selon la documentation scientifique, une concentration située entre 0,5 µg/L et 5 µg/L peut avoir des impacts sur les salmonidés, plus précisément sur leur système olfactif, et perturbe leur capacité à repérer leur site de frai ou leur habitat. Ces

* L'hypoxie des eaux (manque d'oxygène dans l'eau permettant la vie des poissons) peut conduire un milieu aquatique à changer d'état et entrer en anoxie (absence d'oxygène dissout dans l'eau ne permettant pas le maintien de la plupart des formes de vie).

impacts sont également observés en présence de certains mélanges de pesticides^{153, 154}. L'atrazine affecte aussi le méné tête-de-boule (*Pimephales promelas*), dont une exposition à ce pesticide durant un mois à une concentration de 0,5 µg/L, affecte le processus de maturation des ovocytes chez les femelles. Cela provoque une réduction de 25 % de la production totale d'œufs au moment de la frai¹⁵⁵. Les mâles de la grenouille léopard (*Lithobates pipiens*), quant à eux, peuvent montrer des oocytes (cellules femelles) dans leurs tissus testiculaires, lorsqu'exposés à des concentrations d'atrazine de 0,1 µg/L¹⁵⁶.

En comparaison, les concentrations rapportées de glyphosate qui ont un impact sur la biodiversité sont nettement plus élevées que celles présentes au lac Saint-Pierre (entre 0,08 µg/L et 1,6 µg/L, Annexe 11). Rappelons que le CVAC du glyphosate est de 800 µg/L. Toutefois, il y a un risque que sa présence conjuguée à celle d'autres herbicides ait un effet cumulatif sur les communautés de plantes aquatiques⁵¹. Il est à noter qu'à partir d'une concentration de 10 µg/L dans l'eau, la structure des communautés microbiennes exposées à ce pesticide est affectée¹⁴⁹. De leur côté, les communautés phytoplanctoniques sont touchées lorsque le glyphosate atteint une concentration se situant entre 5 µg/L et 10 µg/L¹⁵⁷.

Tout comme le glyphosate, les concentrations de néonicotinoïdes doivent être surveillées au lac Saint-Pierre. Leur présence probable dans le sol et les résidus de cultures des secteurs inondés en période printanière qui sont fréquentés par la perchaude adulte et les jeunes larves pourrait constituer une source d'exposition pour cette espèce. Différentes études ont permis de détecter ces insecticides dans l'eau de ruissellement et de drainage souterrain de champs de maïs¹⁵⁸ ainsi que dans l'eau de fonte de neige. Ce dernier cas suggère une persistance de ces produits dans les champs traités, et ce, même après la période de récolte¹⁵⁹. Bien que les concentrations détectées au lac Saint-Pierre soient majoritairement en dessous de celles occasionnant des effets sur les espèces aquatiques, un dépassement du CVAC (0,0083 µg/L) par la clothianidine et le thiaméthoxame a été observé dans 10 % à 55 % des échantillons en 2014 et 2015⁵¹. Parmi les effets répertoriés de ces pesticides, il y a une diminution de l'abondance de certains taxons de macroinvertébrés benthiques¹⁶⁰ ainsi qu'une réduction de l'alimentation et du taux de survie et une augmentation de la mortalité chez certains taxons de macro invertébrés^{161, 162}. Une réduction dans l'abondance de ces espèces a un impact sur les poissons et les amphibiens¹⁶³ qui s'alimentent de macroinvertébrés. Également, selon la documentation scientifique, ce type de pesticides pourrait augmenter le taux de mortalité des larves de perchaude lorsque des concentrations de 0,13 µg/L de néonicotinoïdes sont en synergie avec les rayons ultraviolets¹⁶⁴.

Les eaux usées municipales et industrielles, ainsi que les neiges usées sont des sources de contaminants organiques et inorganiques qui peuvent se bioaccumuler dans la chaîne alimentaire et qui sont potentiellement toxiques pour la biodiversité et les humains⁷¹. Dans les eaux usées, la présence de contaminants émergents a été observée. En ce qui concerne les composés perfluorés et les nonylphénols éthoxylés, les concentrations actuelles ne semblent pas être problématiques au lac Saint-Pierre⁶⁵. Pour les polybromodiphényléthers (PBDE), leur présence dans l'environnement a grandement augmenté à partir des années 1980⁵⁹. Rappelons qu'actuellement, le lac Saint-Pierre est le lac fluvial du Saint-Laurent où l'on observe les sédiments de surface les plus contaminés. La présence de PBDE a des effets toxiques, dont le développement de cancers et la perturbation du système endocrinien. Leur faible solubilité dans l'eau et leur résistance à la dégradation en font des composés bioaccumulables dans les organismes aquatiques⁶³. Pour les produits pharmaceutiques et les produits de soins personnels (PPSP) et des hormones, leurs concentrations dans les eaux usées traitées sont indétectables ou à l'état de trace, notamment puisque les stations municipales de traitement des eaux usées traitent partiellement les PPSP. Cependant, les méthodes

d'analyse et de détection ne s'appliquent qu'aux substances mères et non aux sous-produits de dégradation. Il y a donc une possibilité que les sous-produits de PPSP soient toujours sous une forme toxique active. Cette situation est également valable pour les autres contaminants émergents et les impacts possibles sur la qualité de l'eau et la biodiversité sont ainsi inconnus⁶⁶.

Dans cette même optique, le traitement effectué par les stations d'assainissement des eaux usées n'est pas conçu pour éliminer toutes les formes de pollution. Il est possible que les eaux usées traitées qui sont rejetées présentent une toxicité résiduelle provenant d'une multitude de produits chimiques d'usage courant (détergents, produits de soins corporels, médicaments, etc.). Ces produits peuvent provenir du secteur municipal et des industries raccordées au réseau d'égout municipal¹⁵.

En raison du manque de données concernant l'ensemble des contaminants émergents, des pesticides et de leurs sous-produits de dégradation, il est difficile d'évaluer avec précision l'ampleur des impacts des produits individuels et des « cocktails » sur la biodiversité et les humains. Certains effets généraux combinés sont toutefois connus. Par exemple, la charge élevée en nutriments, pesticides et sédiments dans les zones moins profondes favorise la disparition des herbiers aquatiques et la prolifération de cyanobactéries benthiques dans les zones de croissance des perchaudes. Malgré la mise en place de mesures de gestion, la population de perchaudes du lac Saint-Pierre est encore aujourd'hui dans un état précaire. Engagée dans un lent processus de reconstruction, cette population compte peu de jeunes individus, comparativement au début des années 2000¹⁶⁵. Ce constat a motivé, en 2017, la prolongation du moratoire de la pêche à la perchaude pour cinq années supplémentaires¹⁶⁶.

L'entretien des routes a aussi des répercussions sur les espèces aquatiques, car lors de l'épandage, les sels de voiries atteignent facilement le sol en bordure des routes, la végétation et les cours d'eau à proximité. De plus, une forte quantité de ces sels peut modifier complètement un écosystème aquatique et entraîner une perte de biodiversité. Par exemple, une forte concentration de chlorure de sodium peut altérer la densité de l'eau et avoir une incidence sur le mélange vertical de l'eau, ce qui aura un impact négatif sur la redistribution de l'oxygène et des nutriments dans l'eau. Ces deux facteurs sont essentiels à la survie des espèces aquatiques¹⁶⁷. De plus, une forte libération d'ions chlorure apporte de nombreux impacts négatifs à court et à long terme dans l'environnement, dont une facilitation de la remise en suspension dans les sédiments de certains métaux lourds qui y sont emprisonnés, tels que le mercure, le cadmium et le zinc⁷². En ce qui concerne le mercure, ce contaminant inorganique important des sédiments du fleuve Saint-Laurent peut être létal à forte dose pour les organismes benthiques ou entraîner une diminution de la fécondité et un développement anormal durant les premiers stades de vie¹⁶⁸. L'entretien des routes et un déversement de neiges usées rejettent différents contaminants inorganiques dans les cours d'eau, dont chacun a des impacts potentiels sur les espèces aquatiques (Tableau 25).

Tableau 25. Impacts potentiels sur les espèces aquatiques des rejets de neiges usées dans les cours d'eau⁷³

Contaminant	Impacts potentiels
Débris	Recouvrement du benthos, dommages aux frayères, nuisance après ingestion par les organismes
Matières en suspension	Augmentation de la turbidité, diminution de la photosynthèse, accroissement de la température de l'eau et maintien de la stratification de couches d'eau
Huiles et graisses	Effets mutagènes et cancérigènes possibles, baisse de l'échange avec l'air et de la pénétration de la lumière
Chlorures	Effets sur l'osmorégulation, danger pour certains poissons
Plomb	Effets sur les reins, la fertilité et le cerveau, présence dans la chaîne alimentaire
Manganèse, fer	Modification de la couleur de l'eau, possibilité d'effet sur l'éclosion des œufs de poissons
Chrome	Toxicité aiguë et chronique identifiée pour la vie aquatique

Du côté des MES, elles peuvent provoquer l'abrasion des branchies des poissons et affecter leur respiration. Elles peuvent aussi colmater le lit des ruisseaux et réduire l'apport en oxygène des œufs de poissons¹⁶⁹.

Les différents contaminants organiques et inorganiques peuvent aussi provenir de la pollution diffuse des sites d'enfouissement, des rejets industriels et des dépôts de matériaux dangereux⁷¹. Le non-respect des exigences réglementaires de rejets qui visent les polluants et les contaminants pouvant avoir un impact sur la qualité de l'eau et la biodiversité peut également contribuer à la problématique des contaminants.

Impacts sur les usages récréatifs et esthétiques

Les différents usages de l'eau au lac Saint-Pierre et dans ses tributaires directs sont affectés par les trois problématiques principales, soit l'apport en nutriments, en sédiments et en contaminants. Les secteurs municipaux, industriels et agricoles représentent tous une source d'activités ayant des impacts menant à la perte d'usage ou à la diminution du facteur d'esthétisme.

Pertes d'usages de l'eau — aspects récréatifs

Le lac Saint-Pierre et ses tributaires directs sont des endroits très fréquentés par les plaisanciers, plus particulièrement l'archipel constitué d'une centaine d'îles. Pour la saison estivale de 2009, 16 128 bateaux et 45 797 plaisanciers ont été recensés sur le lac, et une grande variété d'embarcations de plaisance sont utilisées telles que le canot, le kayak, le bateau à moteur, le voilier, la motomarine, etc.¹⁷⁰. Afin de préserver les usages, les critères de qualité pour la protection des activités récréatives et esthétiques sont utilisés. Les critères liés aux activités récréatives visent à prévenir les dangers pour la santé, mais préservent également les aspects esthétiques de la ressource. Ces critères se divisent en deux catégories : la première concerne les activités à usages directs (activités où tout le corps, y compris la tête, est régulièrement en contact avec l'eau) et la deuxième, les usages indirects (activités où le corps est moins fréquemment en contact avec l'eau)¹⁷¹. Les critères d'activités récréatives sont de 200 UFC/100 ml de coliformes fécaux pour les activités de contact direct et de 1 000 UFC/100 ml pour les activités de contacts indirects.

Toutefois, les activités récréatives au lac Saint-Pierre et dans ses tributaires directs sont menacées lorsque la qualité de l'eau du lac est touchée par des problèmes d'eutrophisation et une diminution de la qualité bactériologique de l'eau. Dans le premier cas, les plans d'eau affectés par l'eutrophisation sont généralement aux prises avec la prolifération de plantes aquatiques et d'algues, ce qui peut notamment empêcher la baignade. En effet, en plus de dégrader l'aspect esthétique du plan d'eau, certaines cyanobactéries vont produire des toxines qui peuvent affecter le foie, le système nerveux ou la peau¹⁷². Dans les tributaires directs étudiés, les rivières La Chaloupe, Bayonne, Chicot, Saint-Zéphirin et Nicolet sont ceux dont le facteur déclassant de l'IQBP₆ est soit le phosphore ou les nitrates-nitrites (contributeurs en azote) et, parmi eux, seule la rivière Nicolet a un indice supérieur à la classe D. Toutefois, ces paramètres sont également problématiques dans la majorité des tributaires (Annexe 2). Il y a donc une possibilité que ces cours d'eau soient plus prédisposés à l'eutrophisation. Rappelons que les apports en phosphore et en azote proviennent majoritairement des rejets d'eaux usées municipales et industrielles, du ruissellement des eaux, notamment par l'imperméabilisation des sols, de l'érosion des berges, par certaines pratiques culturelles, ainsi que par l'utilisation de fertilisants azotés et phosphatés en milieu agricole.

Les apports en coliformes fécaux ont également une grande importance dans la perte des usages récréatifs. En effet, la contamination bactériologique est problématique et provient principalement des débordements d'égout, des rejets d'eaux usées traitées non désinfectées ainsi que de l'épandage des fumiers sur les terres

agricoles³⁵. Malgré la présence de stations d'épuration des eaux usées, les débordements d'ouvrages de surverse qui surviennent tout au long de l'année entraînent le rejet d'eaux usées non traitées dans les plans d'eau. Cette problématique est d'autant plus importante lorsque les réseaux d'égout sont unitaires. Rappelons qu'en 2013, 10 386 débordements d'ouvrages de surverse dans les tributaires directs ont eu lieu. En plus des ouvrages, les installations septiques et les raccordements inversés sont également fautifs⁷¹. La contamination microbienne causée par les eaux usées est beaucoup plus marquée à proximité des grands centres urbains. Plus précisément, la contamination microbienne sur les grandes masses d'eau du fleuve ressenties sur lac Saint-Pierre est majoritairement liée au panache bactérien des eaux non traitées de Montréal, Repentigny et Longueuil. Une autre source de contamination bactériologique diffuse est située surtout en milieu agricole, le ruissellement des eaux et la fonte des neiges au printemps sur les sols laissés à nu entraînant de multiples contaminants et bactéries vers les plans d'eau à proximité. Les effets du ruissellement se font d'autant plus ressentir lorsqu'il y a une absence de végétation en bordure de l'eau, car les plantes ne peuvent effectuer leur rôle de filtration de contaminants et de nutriments³⁵.



Une concentration élevée de coliformes fécaux peut menacer la santé des baigneurs du lac Saint-Pierre. Le contact avec une eau de mauvaise qualité bactériologique peut engendrer des infections et des troubles gastro-intestinaux ou des problèmes de peau. Par exemple, la dermatite du baigneur qui occasionne des rougeurs et des démangeaisons peut être contractée lors d'une baignade dans des eaux de mauvaise qualité, mais également en fréquentant des plages ayant une bonne qualité de l'eau d'après les concentrations de coliformes fécaux échantillonnées³⁵. Cette infection peut aussi être contractée lorsqu'il y a des larves de cercaires dans l'eau¹⁷³. Rappelons que selon l'IQBP₆ de 2014-2016, les usages récréatifs directs et indirects sont compromis pour plusieurs tributaires ainsi que dans les masses d'eau en amont et en aval du lac Saint-Pierre (Tableau 9). Dans les bassins versants des Petites rivières du Loup et Yamachiche ainsi que dans les masses d'eau du nord et du centre en amont du lac, l'ensemble des usages récréatifs est compromis (> 1000 UFC/100 ml). Pour cette même période, les tributaires étudiés ont dépassé à au moins une reprise le critère de qualité pour les usages directs, compromettant ainsi la baignade, le ski nautique, la planche à voile et le surf autotracté. De plus, seules la rivière Richelieu et la masse d'eau du sud en amont du lac Saint-Pierre n'ont pas dépassé le critère de qualité pour les usages indirects tels le canotage, le kayak ou la pêche sportive.

En plus des risques pour les humains, certains facteurs anthropiques ont aussi une influence indirecte sur les usages de l'eau. Par exemple, un écosystème riverain ou aquatique dégradé est plus propice aux hausses de températures de l'eau, à une augmentation de l'opacité de l'eau par les matières en suspension, ou encore à tendre vers un état eutrophe. Ces changements affecteront la diversité biologique du milieu, ce qui aura des conséquences sur les activités de villégiature et de pêche¹²⁷. Or, la pêche sportive constitue depuis longtemps une activité prisée par plusieurs usagers du lac Saint-Pierre. Une variété intéressante d'espèces de poissons s'offre aux pêcheurs, notamment le doré jaune (*Sander vitreus*), le doré noir (*Sander canadensis*), le

grand brochet (*Esox lucius*), les achigans, les crapets, le maskinongé (*Esox masquinongy*), l'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*) et la barbotte brune (*Ameiurus nebulosus*)³. Cette activité récréative représente des revenus considérables pour la région. En 2003, les retombées économiques associées à la pêche sur glace s'élevaient à près de 932 000 \$ alors que celles en eau libre étaient de 1 300 000 \$^{174, 175}.

L'industrie de la pêche sportive au lac Saint-Pierre fut toutefois ébranlée en 2012 à la suite de l'annonce du moratoire sur la pêche à la perchaude, interdisant le prélèvement de cette espèce emblématique pour les cinq années subséquentes. Cette décision fut prise à la suite de l'effondrement des stocks de perchaudes observé depuis les années 1990. En effet, la population de femelles reproductrices est passée de 4,4 millions à 0,6 million au cours de la période 1986-1991 et 2003, équivalant à une baisse de 86 %. La diminution de la population de perchaudes s'est ensuite poursuivie en raison du faible recrutement et des pressions que subissent les premiers stades de vie de l'espèce¹⁴⁶. La faible qualité de l'eau du lac Saint-Pierre et de ses tributaires directs constitue l'une des principales pressions sur la perchaude puisqu'elle affecte son habitat et, malgré la mise en place de plusieurs mesures de gestion, la population de perchaudes est encore aujourd'hui dans un état précaire. Comme la perchaude s'avérait l'espèce la plus convoitée par les usagers du lac, l'instauration et la prolongation du moratoire jusqu'en 2023 a eu et aura certainement une incidence sur les retombées économiques de cette activité. Bien que plusieurs pêcheurs se soient tournés vers le doré³, il est probable que l'interdiction de pêcher la perchaude au lac Saint-Pierre en ait dissuadé plusieurs.

D'autres espèces de poissons souffrent également de la mauvaise qualité de l'eau. Le crapet de roche, le crapet-soleil et le grand brochet montrent effectivement des signes de déclin, en raison notamment de la disparition des herbiers aquatiques³. À long terme, cela pourrait avoir un impact négatif sur la pêche sportive.

Perte d'usages de l'eau — aspect esthétique

Les critères de qualité pour la protection des activités récréatives et esthétiques visent à préserver les aménagements riverains (parcs, haltes routières, lieux de séjour et campings) contre les éventuels impacts visuels négatifs¹⁷¹. La prolifération d'algues et de cyanobactéries (Figure 14) ainsi que les matières en suspension (Figure 16) sont deux impacts visuels importants. Le phénomène d'eutrophisation entraîne aussi des répercussions alors qu'il affecte la qualité esthétique, le goût et l'odeur de l'eau¹⁷⁶.



Figure 16. Qualité de l'eau affectée par les matières en suspension dans les cours d'eau situés dans les Basses-terres du Saint-Laurent

La qualité de vie des riverains peut être affectée par une mauvaise qualité de l'eau, notamment par les floraisons de cyanobactéries, puisqu'il est possible que ces floraisons amenuisent l'intérêt du site pour la pratique d'activités récréatives¹⁷⁷. En raison du potentiel toxique de certaines espèces de cyanobactéries et de leur risque pour la santé, un sentiment de crainte peut aussi apparaître chez certains¹⁷⁸. Par ailleurs, les habitations à proximité des plans d'eau touchés peuvent perdre de la valeur, en particulier si le phénomène est récurrent¹⁷⁹. Les pertes liées à l'occupation et à la valeur des zones riveraines peuvent aussi être causées par la contamination bactériologique, créant d'importantes pertes socio-économiques³⁵.

D'autres facteurs, tels que la présence d'infrastructures (bâtiments, routes) et de champs agricoles et l'absence de végétation, ont également un impact visuel négatif sur le paysage naturel du lac Saint-Pierre et de ses tributaires directs.

Impacts sur l'approvisionnement en eau potable

Au lac Saint-Pierre, quatre municipalités (total de 8 206 personnes) s'approvisionnent en eau potable à partir des eaux de surface dans l'archipel du lac Saint-Pierre. Dans l'ensemble des tributaires directs du lac Saint-Pierre, près de 40 % (≈ 620 000 personnes) de la population est approvisionnée en eau potable par une source d'eau de surface, que ce soit le fleuve, un lac, une rivière ou un ruisseau, ou par une source d'alimentation mixte (eau de surface et eau souterraine).⁹³

L'approvisionnement en eau de surface dans la zone d'étude est directement influencé par les apports en sédiments et en contaminants, et est indirectement affecté par les apports en nutriment. Les secteurs municipaux, industriels et agricoles représentent tous une source d'activités ayant des répercussions sur la santé humaine et l'approvisionnement en eau potable.

Santé humaine

Une mauvaise qualité de l'eau peut avoir des impacts importants sur la santé humaine lors de la consommation de l'eau ou du contact avec cette dernière. L'ensemble des pressions anthropiques menant au développement d'algues et de cyanobactéries ou à une contamination bactériologique va présenter un risque pour la santé humaine. De plus, les conséquences des activités anthropiques, telles que l'érosion et le ruissellement, ont une influence sur la santé humaine, de par leur rôle dans le transport des nutriments, des sédiments et des contaminants.

L'apport excessif en nutriments accélère la croissance de la végétation aquatique, ce qui mène progressivement à l'eutrophisation du plan d'eau. Ce phénomène peut être néfaste pour la santé humaine, notamment en raison du développement de fleurs d'eau de cyanobactéries ou de la libération de cyanotoxines par certaines espèces de cyanobactéries. Le type et la quantité de ces toxines dépendent des conditions du milieu. Les trois principales catégories sont les endotoxines, les hépatotoxines et les neurotoxines¹⁸⁰. Les endotoxines* sont présentes chez toutes les espèces d'algues bleu-vert. Elles provoquent généralement une irritation de la peau ou des muqueuses et peuvent être responsables de problèmes allergiques. Les hépatotoxines, quant à elles, s'attaquent surtout au foie alors que les neurotoxines peuvent engendrer des problèmes liés au système nerveux¹⁷².

* Toxines situées dans la membrane externe de certaines bactéries de nature lipopolysaccharidique. Les lipopolysaccharides sont un composant essentiel de la paroi bactérienne de certains types de bactéries.

Certains problèmes de santé surviennent à la suite d'un contact direct avec l'eau contaminée et d'autres lors de l'ingestion de celle-ci. L'irritation ou des infections de la peau et des yeux, de même que les maux de gorge, sont des problèmes susceptibles d'apparaître à la suite d'une activité récréative comme la baignade. La consommation d'eau contenant des cyanotoxines peut quant à elle provoquer des douleurs abdominales, de la diarrhée, des vomissements, de la fièvre, des problèmes de gastroentérites et des problèmes gastro-intestinaux^{172, 181}. Bien qu'aucun décès en lien avec les cyanobactéries n'ait encore été recensé au Québec, certains pays comme le Brésil en compte déjà plusieurs.

Une concentration élevée de coliformes fécaux peut menacer la santé des usagers du lac Saint-Pierre. En général, l'ingestion d'une eau de mauvaise qualité bactériologique peut engendrer des infections et des troubles gastro-intestinaux¹⁷³. L'agriculture a un rôle important dans la contamination microbienne, car les élevages représentent une source de déjections animales qui, lorsqu'épandues, peuvent être entraînées vers les plans d'eau de proximité et les contaminer. Le bassin versant de la rivière Yamaska est particulièrement touché par la contamination de l'eau en raison de ses cultures et de ses élevages intensifs³⁵.

Les eaux usées traitées des municipalités, mais non désinfectées peuvent également accentuer la contamination, car les coliformes fécaux restent présents lorsque les eaux sont rejetées. Au Québec, 60 % des eaux usées traitées sont rejetées sans désinfection³⁵. Parmi les 196 stations d'épuration des eaux usées présentes dans la zone d'étude dont les informations sur les désinfections sont connues, seulement 26 (13 %) ont ce type de traitement¹³. De plus, malgré un système de désinfection, il n'est pas exclu que les bactéries persistent, car les MES peuvent protéger les micro-organismes pathogènes contre la désinfection chimique ou les rayons ultraviolets¹⁸². Il est à noter également que la principale source de la mauvaise qualité de l'eau du fleuve ressentit au lac Saint-Pierre provient du rejet des eaux usées de la grande région de Montréal.

En ce qui concerne les déjections animales, bien que la présence de virus, de bactéries et de parasites pathogènes dans les fumiers soit bien connue, il existe un manque de connaissances par rapport aux risques que représentent les fumiers sur la santé humaine. Pour ce qui est de l'indicateur de qualité bactériologique qui se base sur les coliformes fécaux, bien qu'il possède ses limites et ne protège pas entièrement contre les risques sur la santé humaine, il est néanmoins un très bon outil pour prévenir certains problèmes de santé³⁵.

Traitement de l'eau potable

Les installations de production d'eau potable sont affectées par deux principales variables, soit la qualité de l'eau les approvisionnant ainsi que la performance globale des traitements en place⁹⁴. Or, une mauvaise qualité de l'eau engendre des coûts de traitement supplémentaire, car il faut mieux adapter ou améliorer les traitements. Ainsi, la mauvaise qualité de l'eau échantillonnée au lac Saint-Pierre et dans ses tributaires directs peut mener à une augmentation des coûts de traitement de l'eau potable. Toutes les activités des secteurs municipaux, industriels et agricoles qui contribuent aux apports en nutriments, en sédiments et en contaminants (coliformes fécaux) sont susceptibles de détériorer la qualité de l'eau de surface qui approvisionne près de 40 % de la population des tributaires directs⁹³. Les principaux paramètres qui engendrent des coûts de traitement plus élevés sont la qualité bactériologique liée principalement aux eaux usées et aux fumiers, les nitrates-nitrites provenant des eaux usées et des activités agricoles ainsi que les MES provenant du ruissellement urbain et agricole, de l'érosion, des activités industrielles et d'autres sources potentielles. Rappelons que seulement 26 stations d'épurations des tributaires directs (13 %) effectuent la désinfection de leurs eaux usées¹³.

Il est également possible que le coût de traitement de l'eau potable soit augmenté en raison de la présence de cyanobactéries dans l'eau. Lorsque ces organismes meurent, les toxines qu'ils contenaient sont relarguées dans l'eau et un traitement de l'eau plus poussé est généralement requis pour les éliminer. Parmi les traitements disponibles, seules l'oxydation et la biodégradation permettent de détruire les cyanotoxines⁹⁴.

Les municipalités qui s'approvisionnent en eau potable de surface sont dépendantes de la qualité de l'eau qui provient de l'amont de leur station de prélèvement. Une eau de mauvaise qualité augmente les coûts de traitement nécessaire pour assurer une eau potable aux citoyens. Dans cette même optique, les municipalités ont également un rôle à jouer en ce qui concerne la qualité des eaux qu'elles rejettent, car ces eaux auront des répercussions sur les municipalités plus en aval d'un même bassin versant. Les prélèvements d'eau de surface ont un impact sur la quantité présente dans les cours d'eau, et cet impact est d'autant plus important lors des périodes d'étiage. Durant ces périodes, les débits d'eau sont beaucoup plus faibles, ce qui rend difficiles l'approvisionnement en eau et la protection du milieu naturel. De plus, la qualité de l'eau est diminuée, car la charge polluante est la même, mais pour un volume d'eau réduit. Des périodes d'étiage sévère dégraderaient le milieu naturel et entraîneraient des coûts supplémentaires de traitement de l'eau¹⁸³.

Changements climatiques et qualité de l'eau

Les changements climatiques ont des effets appréhendés sur les apports en nutriments, en sédiments et en contaminants, notamment en exacerbant les impacts des pressions anthropiques sur la qualité de l'eau.

Température et régime des précipitations

Selon différents scénarios, un réchauffement global de la planète dont l'amplitude est comprise entre 1 °C et 7,5 °C est appréhendé¹⁸⁴. Les changements climatiques auront des impacts bien au-delà des températures de l'air et affecteront les patrons de précipitations, l'humidité des sols de même que la fréquence et la sévérité des événements météorologiques extrêmes¹⁸⁵. Dans le sud du Québec, la température pourrait s'accroître de 2 °C à 4 °C à l'horizon 2050, avec une hausse plus marquée au cours de la saison hivernale¹⁸⁶. Des précipitations hivernales plus abondantes pourraient aussi être remarquées. Cependant, l'accumulation de neige au sol tendrait à diminuer en raison d'une saison froide écourtée¹⁸⁶.

Quantité d'eau

Les changements climatiques auront certainement un impact sur le régime hydrique du Québec méridional¹⁸⁷. En fait, des modifications du climat sont déjà en cours dans la région des Grands Lacs et du Saint-Laurent : les hivers raccourcissent, la température moyenne annuelle augmente, la couverture de glace persiste moins longtemps au sol et les épisodes de pluies de forte intensité deviennent plus fréquents¹⁸⁸. S'il est difficile de prévoir les effets des changements climatiques sur les crues printanières d'ici 2050, il est fortement probable que celles-ci soient plus hâtives dans le sud du Québec¹⁸⁷. De plus, les étiages d'été seront plus longs et plus sévères. Enfin, la variabilité des débits devrait s'amplifier et une augmentation des situations de stress ponctuelles sur les systèmes hydriques devrait être observée¹⁸⁶.

Au cours du siècle prochain, les scénarios de changements climatiques indiquent, en général, une baisse du débit sortant des Grands Lacs. Les changements appréhendés au niveau des précipitations comportent toutefois une forte marge d'erreur de sorte que l'ampleur de la baisse du débit pourrait être plus ou moins importante¹⁸⁴. Les changements climatiques devraient également avoir une influence sur les niveaux d'eau du Saint-Laurent. D'ici 2050, malgré l'augmentation prévue du niveau de la mer – dont l'effet s'amenuise

vers l'amont – le niveau moyen du fleuve à la hauteur du lac Saint-Pierre entre mai et novembre pourrait diminuer, mais l'ampleur de cet abaissement pourrait être plus ou moins importante¹⁸⁹. De plus, les conditions hydrologiques au lac Saint-Pierre pourraient aussi être similaires à celles en dents de scie observées depuis quelques années, soit des épisodes de faibles crues printanières suivis d'inondations soudaines pendant l'été et l'hiver¹⁹⁰.

Impacts appréhendés sur la qualité de l'eau

En raison de sa faible profondeur, l'écosystème du lac Saint-Pierre est particulièrement vulnérable aux variations de débits qu'entraîneront les changements climatiques. Une baisse du niveau d'eau du lac réduirait sa superficie et celle de sa plaine d'inondation. Ces modifications amorceraient une transition vers un écosystème plus marécageux, en plus d'augmenter l'accessibilité et la vulnérabilité du rivage aux activités humaines¹⁹⁰. En menaçant ses milieux naturels, les changements climatiques pourraient entraîner une perte des fonctions écologiques du lac Saint-Pierre qui ont des effets positifs sur la qualité de l'eau (p. ex. assainissement de l'eau par les milieux humides, protection contre l'érosion, régularisation des débits).

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements de pluies intenses aura un impact sur le ruissellement ainsi que sur les débordements des réseaux d'égout et des ouvrages de surverse. Une hausse des précipitations augmentera le volume d'eau ruisselé sur les surfaces imperméables et une plus grande quantité d'eau sera amenée au cours d'eau à proximité⁷¹. Les débordements des réseaux d'égout et des ouvrages de surverse par temps de pluie augmenteront, car ils ne seront pas forcément adaptés aux précipitations supplémentaires. Cette éventualité est d'autant plus problématique pour les réseaux unitaires, où les eaux pluviales et sanitaires sont mélangées. Dans les cours d'eau, des débits plus forts auront également pour effet d'accroître la pollution dans l'eau (phosphore, sédiments, etc.), rendant d'autant plus importants les efforts de réduction des sources de pollution diffuse.

De façon plus directe, le réchauffement de l'eau et les réductions de débits risquent de contribuer à la dégradation de certains paramètres de qualité de l'eau¹⁸⁶ et de favoriser l'accroissement des cyanobactéries. En effet, les superficies colonisées par ces dernières pourraient s'accroître en réponse à la baisse des niveaux d'eau et à l'intensification des phénomènes naturels anticipés¹⁹¹, alors que la température optimale de formation des fleurs de cyanobactéries (légèrement inférieure à 25 °C) devrait être atteinte sur une plus longue période chaque année¹⁹². L'augmentation de la sévérité et de la durée des étiages aurait pour effet de concentrer les polluants et contaminants (réduction de l'effet de dilution). De plus, la variation des débits jumelée à l'augmentation des risques de crues subites serait plus favorable à l'érosion des berges. La réduction de la période annuelle d'englacement hivernal risque aussi d'accroître l'érosion puisque la couverture de glace permet de diminuer l'impact des vagues sur les berges¹⁹³.

En ce qui concerne l'approvisionnement en eau potable, les volumes d'eau disponibles seront affectés par les variations des régimes de pluies, dont les périodes de sécheresse accentuées. Cela créera des contraintes inhabituelles pour les systèmes de production et de distribution d'eau potable. Dans la même optique, une augmentation de la pluviométrie pourrait aussi affecter la qualité de l'eau aux sites de prélèvement, affectant non seulement la biodiversité, mais également la santé humaine¹⁹⁴.

SYNTHÈSE DES PROBLÉMATIQUES**Habitats et vie aquatique**

- Le passage des milieux aquatiques à l'état eutrophe peut être accéléré par les activités anthropiques et ainsi causer le vieillissement prématuré d'un plan d'eau.
- La prolifération d'algues et de cyanobactéries est notamment causée par l'effet cumulé de différents stress d'origine anthropique contribuant aux apports élevés en nutriments, sédiments et contaminants, à l'imperméabilisation des sols ainsi que par les cultures à grand interligne.
- Les grands herbiers disparaissent dans les zones peu profondes du lac Saint-Pierre, notamment en raison de la forte turbidité de l'eau, de l'érosion des berges et d'un fort apport de matières particulaires en provenance des tributaires. La prolifération d'algues et de cyanobactéries, l'eutrophisation et la présence de pesticides dans les sédiments peuvent aussi affecter les herbiers.
- La biodiversité du lac est affectée par les pesticides, les rejets d'eaux et de neige usées, la pollution diffuse industrielle, l'érosion des sols et des berges, le ruissellement et le marnage.

Usages récréatifs et esthétiques

- Les activités récréatives sont menacées lorsque la qualité de l'eau est touchée par des problèmes d'eutrophisation et une diminution de la qualité bactériologique de l'eau.
- La présence d'infrastructures, de champs agricoles, l'absence de végétation, la prolifération d'algues et de cyanobactéries ainsi que la présence de MES ont un impact négatif sur le paysage naturel du lac Saint-pierre et de ses tributaires directs (qualité esthétique, goût, odeur de l'eau).

Approvisionnement en eau potable

- L'ensemble des pressions anthropiques menant au développement d'algues et de cyanobactéries ou à une contamination bactériologique présente un risque pour la santé humaine.
- l'ensemble des activités des secteurs municipaux, industriels et agricoles qui contribuent aux apports en nutriments, sédiments et contaminants est susceptible de détériorer la qualité de l'eau de surface qui approvisionne près de 40 % de la population des tributaires directs.
- Chaque municipalité a un rôle à jouer en ce qui concerne la qualité des eaux qu'elle rejette, car celles-ci auront des répercussions sur les municipalités plus en aval d'un même bassin versant.

Changements climatiques et qualité de l'eau

- La variabilité des débits devrait s'amplifier et une augmentation des situations de stress ponctuelles sur les systèmes hydriques devrait être observée dus aux changements climatiques. Les conditions hydrologiques au lac Saint-Pierre pourraient aussi connaître de grandes fluctuations.
- Une baisse du niveau d'eau réduirait la superficie du lac Saint-Pierre et celle de sa plaine d'inondation, risquant une perte de ses fonctions écologiques.
- L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements de pluies agirait sur le ruissellement ainsi que sur les débordements des réseaux d'égout et des ouvrages de surverse affectant la qualité de l'eau aux sites de prélèvement, la biodiversité et la santé humaine.
- Le réchauffement de l'eau et les réductions de débits risquent de contribuer à la dégradation de certains paramètres de qualité de l'eau et favoriser l'accroissement des cyanobactéries
- L'érosion des berges pourrait s'accroître avec la variation des débits jumelée à l'augmentation des risques de crues subites ainsi qu'avec la réduction de la période annuelle d'englacement hivernal.

PLAN D'ACTION

Le lac Saint-Pierre et son archipel forment l'un des piliers du patrimoine naturel du fleuve Saint-Laurent. Cette singularité leur permet d'être reconnus à titre de Réserve mondiale de la biosphère par l'UNESCO. Cette immense étendue est de plus considérée comme une zone humide d'importance internationale par la Convention de Ramsar. Il importe donc de redonner à ce joyau écologique, une qualité et des conditions aptes à supporter un écosystème en santé. Cette garantie en assurerait les usages anthropiques afin servir convenablement les populations et collectivités environnantes. Le plan d'action relatif à l'amélioration de la qualité de l'eau se divise en trois grandes orientations.

ORIENTATION A: LIMITER LA POLLUTION DE L'EAU DU SECTEUR MUNICIPAL DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE

Parmi les 198 stations d'épuration en opération en 2017, 88 % procèdent à la déphosphatation de leurs eaux usées. En tout, 23 stations n'effectuent pas ce traitement et rejettent 4 636 kg P/an, ce qui représente 1,4 % des charges annuelles moyennes de phosphore aux émissaires des stations d'épuration des tributaires directs. Quant aux stations avec déphosphatation, 127 d'entre elles (73 %) procèdent au traitement de mai à octobre/novembre seulement, permettant ainsi d'éliminer environ 48 % des rejets de phosphore chaque année. Cependant, si elles fonctionnaient à l'année, environ 86 % des charges seraient réduites. L'évaluation des coûts et de l'efficacité d'une déphosphatation annuelle (12 mois par an) et la présentation des résultats aux municipalités concernées pourrait encourager les municipalités à équiper leurs installations d'un tel procédé et permettrait de réduire de façon notable leur contribution à la charge en phosphore se retrouvant dans le lac Saint-Pierre.

Les ouvrages de surverse, qui permettent l'évacuation des surplus d'eaux usées non traitées en réponse à une surcharge du système d'égout, sont utilisés principalement par temps de pluie ou lors de la fonte des neiges au printemps. Promouvoir une saine gestion des eaux pluviales permet donc d'agir à la fois sur une source d'éléments polluants directs (par ruissellement) et d'améliorer l'efficacité le traitement des eaux usées. L'adoption de bonnes pratiques de gestion des eaux pluviales par la population en général est aussi une action à mettre en place.

Enfin, concernant les pesticides et engrais domestiques, bien que leur présence dans les tributaires directs résulte principalement des usages agricoles, leur encadrement réglementaire permettrait de façon simple et peu coûteuse de mieux baliser leur utilisation en milieu urbain.

ORIENTATION B: LIMITER LA POLLUTION DE L'EAU DU SECTEUR INDUSTRIEL ET AUTRES DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE

Les tributaires directs sont situés sur des territoires ayant maintenu une activité industrielle importante et variée, entre autres dans les secteurs des pâtes et papiers, des produits du bois, de l'agroalimentaire, des produits chimiques et plastiques, du caoutchouc et de la métallurgie. En plus des industries, les tributaires

sont aussi voisins de nombreux sites commerciaux et de terrains de golfs. Il a été estimé qu'environ 65 % des pressions identifiées à l'extérieur des périmètres urbains des tributaires directs et à moins de 100 mètres d'un cours d'eau sont causées par des usages pouvant entraîner une contamination industrielle. Dans cette optique, il est notamment important d'agir sur les rejets industriels et l'utilisation de pesticides. Toutefois, un manque de connaissances sur ces rejets doit être comblé afin de mieux cibler les actions futures à entreprendre pour le secteur industriel.

ORIENTATION C: LIMITER LA POLLUTION DE L'EAU DU SECTEUR AGRICOLE DANS LES TRIBUTAIRES DIRECTS DU LAC SAINT-PIERRE

Il est important de préciser que des actions précises relatives au secteur agricole sont développées dans un autre plan d'action relatif à la *Cohabitation agriculture-faune dans le littoral*. Certaines actions énumérées dans le plan d'action relatif à l'amélioration de la qualité de l'eau peuvent être transversales aux deux plans, leurs objectifs étant convergents et complémentaires.

Une des principales origines de la pollution diffuse d'origine agricole provient de l'érosion des sols des parcelles cultivées. Afin d'évaluer les apports en éléments polluants (notamment le phosphore) issus des secteurs cultivés, une étude visant à identifier les secteurs à risque d'érosion en milieu agricole, initiée par le Comité ZIP du lac Saint Pierre en partenariat avec l'UQTR et le MELCC, a débuté en 2018.

Afin de mieux évaluer les impacts de la diminution de l'utilisation de pesticides envers les ennemis des cultures dans le littoral, une étude agronomique sur les conséquences d'une gestion raisonnée de l'usage des pesticides permettrait d'émettre des recommandations à effectuer auprès des agriculteurs.

La mise en place de pratiques de couverture des sols de l'automne au printemps permet également de réduire de façon notable le transfert d'intrants dans les tributaires en favorisant leur infiltration dans le sol et leur utilisation par les plantes. La définition d'incitatifs applicables pour ce type de pratiques en lien avec les études en cours portant sur les biens et services écologiques permettrait de faciliter la mise en place de telles pratiques sur le terrain.

Bien qu'aucune étude exhaustive n'ait été menée en ce sens, il est communément établi que les mesures relatives à la protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI), ne sont pas appliquées de manière homogène sur le territoire agricole, et notamment dans le littoral du lac Saint-Pierre. Dans le cadre des mesures relatives à l'accroissement et l'amélioration des bandes riveraines, la proposition de modification de programmes actuels, notamment le volet 1 de Prime-Vert, permettrait d'accélérer la végétalisation des bandes riveraines afin d'en augmenter les bénéfices en terme d'amélioration de la qualité de l'eau.

Enfin, le plan d'action prévoit la mise en place de projets pilotes, par bassins versants et en fonction de secteurs prioritaires, permettant ainsi d'intervenir de façon ciblée sur l'ensemble des éléments relatifs à l'amélioration de la qualité de l'eau en milieu agricole abordés dans le plan d'action. Ces projets pourront s'arrimer avec des projets appartenant à d'autres initiatives au Québec afin de les compléter. L'exportation de la méthodologie issue de ces expérimentations scientifiques assignerait un arrimage et un support technique efficient pour les impairs environnementaux similaires sur le reste du territoire en ce qui a trait à l'amélioration de la qualité de l'eau.

PLAN D'ACTION QUINQUENNAL 2019-2024

Vision : Redonner au lac Saint-Pierre une qualité d'eau pouvant supporter un écosystème en santé et les usages anthropiques liés à la ressource en eau

Objectifs et actions		Organisations pressenties ¹	Coût ²	Stratégie de financement pressentie	Indicateurs	Échéancier ³
Orientation A Limiter la pollution de l'eau du secteur municipal dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre						2020-2024
Objectif A.1 Améliorer les traitements spécifiques des eaux usées					Suivi de la qualité de l'eau (phosphore) à l'exutoire des stations d'épuration participantes	2022-2024
Action 1 Assurer la diminution des quantités de phosphore dans les eaux usées						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Réalisation d'une étude relative au procédé de déphosphatation annuelle (12 mois par année), afin d'en évaluer les coûts et l'efficacité dans le traitement des charges en phosphore Présentation de l'étude aux municipalités afin de promouvoir le procédé de déphosphatation annuelle Suivi régulier des installations de traitement par déphosphatation des municipalités participantes 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV	\$\$\$	MAMH	Nombre de stations équipées pour la déphosphatation annuelle ; Suivi de la qualité de l'eau (phosphore) à l'exutoire des stations d'épuration	2022-2024
		<u>Partenaires techniques</u> MELCC, municipalités, MAMH				
Objectif A.2 Limiter la fréquence et le volume des surverses des réseaux sanitaires					Fréquence et volume (lorsque connu) des surverses	2020-2024
Action 2 Améliorer le suivi des ouvrages de surverses						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Détermination des ouvrages des municipalités les plus problématiques Recommandation aux municipalités de la mise en place d'équipement mesurant le nombre le volume des surverses, en commençant par les ouvrages des municipalités les plus problématiques identifiés Estimation des apports de polluants lors de surverses Évaluation des impacts des ouvrages de surverses 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV	\$\$\$	À venir ⁴	Nombre de municipalités approchées pour effectuer des recommandations	2020-2024
		<u>Partenaires techniques</u> MELCC, municipalités				

¹ Organisations pressenties : porteur de projet, partenaire technique (concerné par l'action)

² Coût : \$ (<25 000 \$); \$\$ (entre 25 000\$ et 50 000\$); \$\$\$ (>50 000\$)

³ Échéancier (durée) : année de début – année de fin. À noter que certaines actions sur le long terme pourront se prolonger au-delà de l'échéancier prévu pour le plan d'action actuel qui se termine en 2024

⁴ Stratégie de financement à venir : Financement provenant des organisations partenaires, défini en même temps que la réalisation de l'action

Objectifs et actions		Organisations pressenties ¹	Coût ²	Stratégie de financement pressentie	Indicateurs	Échéancier ³
Action 3 Accentuer les efforts visant à séparer les réseaux pluviaux et sanitaires						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilisation des municipalités à prioriser les travaux de séparation des réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV <u>Partenaire technique</u> municipalités, MELCC	\$	MAMH	Nombre de municipalités rejointes	2020-2024
Action 4 Accompagner les municipalités dans l'amélioration de leurs pratiques de gestion des eaux pluviales						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Rencontres avec les municipalités et accompagnement dans la réalisation de l'autodiagnostic municipal en gestion durable des eaux pluviales du ROBVQ Rencontres avec les municipalités et les MRC pour les encourager à mettre en place des politiques de gestion des eaux pluviales 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV <u>Partenaires techniques</u> municipalités, MRC, MELCC	\$	MAMH	Nombre d'autodiagnosics réalisés ; Nombre de politiques mises en place	2020-2024
Action 5 Encourager la population à adopter de saines pratiques de gestion des eaux pluviales						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Diffusion des bonnes pratiques de gestion des eaux pluviales (ex. débranchement des gouttières) auprès de la population Achats de groupe pour des équipements de récupération de l'eau de pluie et les rendre disponibles au public Proposition aux municipalités de la mise en place de programme de débranchement des gouttières et de drains de fondation Suivi des programmes mis en place 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP-OBV <u>Partenaires techniques</u> municipalités, MELCC	\$\$	À définir (bailleurs de fonds privés, municipalités) ⁴	Nombre d'équipements de récupération distribués; Nombre d'outils de sensibilisation sur les bonnes pratiques de gestion des eaux pluviales produits	2020-2024
Objectif A.3 Réduire l'usage des pesticides et engrais domestiques					Nombre et liste des municipalités règlementant l'utilisation de pesticides	2020-2024
Action 6 Sensibiliser à la diminution de l'utilisation de pesticides et engrais domestiques						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilisation des municipalités aux impacts de l'utilisation des pesticides Encouragement des municipalités pour l'adoption d'un règlement sur l'utilisation des pesticides 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP-OBV <u>Partenaires techniques</u> municipalités, MRC, MELCC	\$\$	PIC	Nombre de municipalités sensibilisées; Nombre de municipalités participantes	2020-2024

¹Organisations pressenties : porteur de projet, partenaire technique (concerné par l'action)

² Coût : \$ (<25 000 \$); \$\$ (entre 25 000\$ et 50 000\$); \$\$\$ (>50 000\$)

³ Échéancier (durée) : année de début – année de fin. À noter que certaines actions sur le long terme pourront se prolonger au-delà de l'échéancier prévu pour le plan d'action actuel qui se termine en 2024

⁴ Stratégie de financement à venir : Financement provenant des organisations partenaires, défini en même temps que la réalisation de l'action

Objectifs et actions		Organisations pressenties ¹	Coût ²	Stratégie de financement pressentie	Indicateurs	Échéancier ³
Orientation B Limiter la pollution de l'eau du secteur industriel et autre⁴ dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre						2020-2024
Objectif B.1 Améliorer et diminuer l'utilisation de pesticides et d'engrais par les entreprises du secteur industriel et autre⁴					Nombre d'entreprises participantes	2020-2024
Action 7 Proposer d'améliorer le contrôle des plans de réduction des pesticides et engrais sur les terrains de golf						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Propositions au MELCC concernant : <ul style="list-style-type: none"> La mise en place d'indicateur permettant de vérifier le respect des plans de réduction Le suivi des plans de réduction et de l'utilisation des pesticides et engrais 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV	\$	MELCC	Nombre de terrains de golf visités ; Nombre de terrains de golf participants au suivi	2020-2024
		<u>Partenaire technique</u> MELCC				
Objectif B.2 Acquérir des connaissances sur les effluents industriels non raccordés à un réseau municipal					Nombre et liste des industries non raccordées et type de rejets	2020-2024
Action 8 Créer une base de données identifiant les industries, raccordées ou non, ayant un effluent d'eaux usées autre que sanitaire						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Contact avec le MELCC pour obtenir les informations sur les industries visées : <ul style="list-style-type: none"> Type de rejet Traitement en place Suivi appliqué 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV	\$	ZIPLSP	Création de la base de données	2020-2024
		<u>Partenaire technique</u> MELCC				
Orientation C Limiter la pollution de l'eau du secteur agricole dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre						2019-2024
Objectif C.1 Acquérir des connaissances sur les pertes de sol dans les milieux agricoles des Basses-terres du lac Saint-Pierre					Évaluation des pertes de sols (tonnes/ha)	2019-2021
Action 9 Réaliser une modélisation à l'aide de l'équation universelle révisée des pertes de sol (RUSLE)						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> *Contrat accordé à une spécialiste de la modélisation, en collaboration avec le MELCC et l'UQTR Production de documents remis à la TCRLSP comprenant une cartographie de l'ensemble du territoire et divers scénarios de gestion 	<u>Porteur de projet</u> ZIPLSP	\$	ZIPLSP	Dépôt de l'analyse et des résultats du RUSLE	2019-2020
		<u>Partenaires techniques</u> MELCC, UQTR, MAPAQ, UPA				

¹Organisations pressenties : porteur de projet, partenaire technique (concerné par l'action)

² Coût : \$ (<25 000 \$); \$\$ (entre 25 000\$ et 50 000\$); \$\$\$ (>50 000\$)

³ Échéancier (durée) : année de début – année de fin. À noter que certaines actions sur le long terme pourront se prolonger au-delà de l'échéancier prévu pour le plan d'action actuel qui se termine en 2024

⁴ Le secteur industriel et autre comprend les industries, les sites commerciaux ainsi que les terrains de golf

Objectifs et actions	Organisations pressenties ¹	Coût ²	Stratégie de financement pressentie	Indicateurs	Échéancier ³
Action 10 Définir les priorités d'action sur le territoire pour réduire le transport de sédiments dans le lac Saint-Pierre					
Moyens <ul style="list-style-type: none"> • Cartographie des zones prioritaires selon les résultats de l'analyse RUSLE et les données existantes principalement dans les bassins versants des tributaires directs du lac Saint-Pierre • Suivi de la qualité de l'eau en amont et en aval des zones prioritaires • Test des scénarios de gestion pour évaluer les bénéfices • Présentation des résultats de l'analyse RUSLE au comité directeur du comité interministériel sur le lac Saint-Pierre • Recommandations de moyens d'interventions reconnus pour proposer différents scénarios de conservation des sols aux producteurs agricoles, en tenant compte des impacts économiques et de leur contexte de production • Arrimer le projet avec des initiatives déjà en cours ou à venir 	<u>Porteur de projet</u> ZIPLSP	\$	ZIPLSP MAPAQ MELCC Programme Affluents Maritimes	Production d'un rapport comprenant une cartographie	2020-2021
				Superficie des parcelles ayant bénéficié d'une reconversion	2020-2022
Objectif C.2 Favoriser la conversion des cultures dans les zones à fort risque d'érosion hydrique					
Action 11 Mettre en place un cadre de gestion concernant la conversion des cultures dans les zones à fort risque d'érosion hydrique					
Moyens <ul style="list-style-type: none"> • Évaluation de l'impact des changements de cultures sur la filière des productions fourragères et sur la rentabilité des entreprises agricoles • Proposition d'avenues de mises en marché • Identification des modes de gestion des superficies visées (ex. : zones de ravinement) • Évaluation des moyens d'atténuation des impacts à mettre en œuvre 	<u>Porteurs de projet</u> UQTR, MAPAQ	\$	MAPAQ FFQ	Remise du plan de gestion	2020-2022
Objectif C.3 Réduire la charge en fertilisant et pesticides					
Action 12 Sensibiliser à la gestion raisonnée des pesticides et fertilisants					
Moyens <ul style="list-style-type: none"> • Création d'un comité technique regroupant l'ensemble des partenaires : <ul style="list-style-type: none"> ○ Pour notamment, évaluer les possibilités pour améliorer le suivi des recommandations des agronomes sur le terrain (PAEF, prescriptions de pesticides), en commençant dans les zones prioritaires et les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre 	<u>Porteur de projet</u> ZIPLSP	\$	MAPAQ MELCC	Nombre de rencontres ; Nombre de recommandations	2020-2024

¹Organisations pressenties : porteur de projet, partenaire technique (concerné par l'action)

² Coût : \$ (<25 000 \$); \$\$ (entre 25 000\$ et 50 000\$); \$\$\$ (>50 000\$)

³ Échéancier (durée) : année de début – année de fin. À noter que certaines actions sur le long terme pourront se prolonger au-delà de l'échéancier prévu pour le plan d'action actuel qui se termine en 2024

Objectifs et actions		Organisations pressenties ¹	Coût ²	Stratégie de financement pressentie	Indicateurs	Échéancier ³
Action 13 Évaluer l'impact de la diminution de l'utilisation de pesticides envers les ennemis des cultures produites dans le littoral du lac Saint-Pierre et faire des recommandations						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Étude agronomique sur les conséquences d'une gestion raisonnée de l'usage des pesticides dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre Recommandations pour l'usage de pesticides en zone inondable 	<p><u>Porteur de projet</u> Pôle d'expertise (Université McGill, Université Laval, UQTR)</p> <hr/> <p><u>Partenaire technique</u> MAPAQ, UPA</p>		MAPAQ	Étude réalisée et nombre de recommandations	2020-2024
Action 14 Favoriser les pratiques de conservation des sols dans le littoral et limiter les épandages d'automne d'engrais organique						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Détermination de stratégies visant à favoriser l'accès à des conseillers agricoles: <ul style="list-style-type: none"> Adaptabilité du financement des clubs-conseils en agroenvironnement pour favoriser les interventions collectives et non individuelles Étude d'un mécanisme d'autofinancement des conseillers agricoles Proposition de suivi accru par des conseillers qui seront attirés aux territoires prioritaires ciblés dans l'objectif C.6, notamment par des conseillers issus des clubs-conseils en agroenvironnement (les CCAE ne sont impliqués que sur un tiers des entreprises agricoles du Québec) Suivant les conclusions, le cas échéant, mise en œuvre des stratégies visant à favoriser l'accès à des conseillers agricoles en commençant dans les zones prioritaires et les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre Élaboration d'un plan de communication sur les bonnes pratiques de conservation des sols dans le littoral et sur la limitation de l'épandage d'automne d'engrais organiques 	<p><u>Porteurs de projet</u> UPA, MAPAQ</p> <hr/> <p><u>Partenaires techniques</u> Clubs-conseils en agroenvironnement, MELCC, regroupement des clubs-conseils en agroenvironnement, Pôle d'expertise (UQTR, Université McGill, Université Laval)</p>	\$\$\$	MAPAQ (à confirmer suivant une éventuelle modification du programme de services-conseils)	Nombre de postes de conseillers agricoles créés	2020-2024
Objectif C.4 Améliorer la couverture des sols de l'automne au printemps					Superficies (ha) bénéficiant d'une couverture des sols	2020-2024
Action 15 Encourager les producteurs à adopter la couverture des sols						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Définition des incitatifs applicables en lien avec les études portant sur les biens et services écologiques (Université du Québec en Outaouais – J. Dupras) Priorisation des incitatifs économiques applicables pour favoriser leur implantation, en commençant dans les zones prioritaires et les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre. 	<p><u>Porteur de projet</u> MAPAQ, UPA</p> <hr/> <p><u>Partenaires techniques</u> Ministère des Finances, Pôle d'expertise (UQTR, Université McGill, Université Laval)</p>	\$	À définir ⁴	Production d'un rapport	2020-2024

¹Organisations pressenties : porteur de projet, partenaire technique (concerné par l'action)

² Coût : \$ (<25 000 \$); \$\$ (entre 25 000\$ et 50 000\$); \$\$\$ (>50 000\$)

³ Échéancier (durée) : année de début – année de fin. À noter que certaines actions sur le long terme pourront se prolonger au-delà de l'échéancier prévu pour le plan d'action actuel qui se termine en 2024

⁴ Stratégie de financement à venir : Financement provenant des organisations partenaires, défini en même temps que la réalisation de l'action

Objectifs et actions		Organisations pressenties ¹	Coût ²	Stratégie de financement pressentie	Indicateurs	Échéancier ³
Objectif C.5 Améliorer la gestion des bandes riveraines					Superficies (m²) végétalisées	2020-2024
Action 16 Accroître et améliorer le respect et la gestion des bandes riveraines						
* Action à mener conjointement avec celle du <i>Comité sur la cohabitation agriculture-faune en zone littorale</i> de la TCRLSP						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Participation aux processus d'amélioration des bandes riveraines en milieu agricole Proposition d'élargissement du volet 1 de Prime-Vert aux aménagements herbacés, arborescents et arbustifs dans la bande riveraine réglementaire et au-delà ainsi que leur entretien Recherche d'autres sources de financement le cas échéant Travaux de végétalisation Piquetage de la zone végétalisée pour éviter son empiètement par les cultures l'année suivante Suivi et entretien de la végétalisation 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP-OBV <u>Partenaires techniques</u> MAPAQ, UPA, MRC	\$\$	MAPAQ FFQ	Superficies (m ²) végétalisées	2020-2024
Objectif C.6 Améliorer la qualité de l'eau de secteurs ciblés problématiques et en exporter la méthodologie à l'ensemble du territoire à l'étude					Suivi de la qualité de l'eau	2020-2024
Action 17 Réalisation de projets pilotes par bassins versants (rive nord, rive sud) répondant à l'ensemble des actions visant à limiter la pollution de l'eau du secteur agricole						
Moyens	<ul style="list-style-type: none"> Identification de secteurs prioritaires sur chacune des rives (petits tributaires directs du lac Saint-Pierre), notamment avec les résultats du RUSLE combinés avec d'autres paramètres de qualité de l'eau Demande de financement spécifique aux projets pilotes Sensibilisation des producteurs agricoles concernés par le projet Arrimage avec des projets appartenant à d'autres initiatives similaires au Québec (projet Stratégie québécoise de l'eau du MELCC, Pôle d'expertise, laboratoires vivants d'Agriculture et agroalimentaire Canada (AAC)) Mise en place du projet avec les exploitants agricoles volontaires Production d'un rapport de projet et suivi des résultats Diffusion et communication des résultats à l'échelle du territoire 	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV, UPA <u>Partenaires techniques</u> MAPAQ, MELCC, Pôle d'expertise (UQTR, Université McGill, Université Laval), Clubs-conseils en agroenvironnement, AAC	\$\$\$	MAPAQ (Prime-Vert volet 1 et 2) Programme Affluents Maritimes FFQ	Suivi de la qualité de l'eau à l'exutoire des bassins versants concernés; Production d'un rapport détaillant les coûts-bénéfices pour les agriculteurs	2020-2024

¹Organisations pressenties : porteur de projet, partenaire technique (concerné par l'action)

² Coût : \$ (<25 000 \$); \$\$ (entre 25 000\$ et 50 000\$); \$\$\$ (>50 000\$)

³ Échéancier (durée) : année de début – année de fin. À noter que certaines actions sur le long terme pourront se prolonger au-delà de l'échéancier prévu pour le plan d'action actuel qui se termine en 2024

PROGRAMME DE SUIVI DE LA MISE EN ŒUVRE

Le suivi de la mise en œuvre du plan d'action tiendra compte des éléments suivants : les objectifs et leurs indicateurs, les données de référence, les sources de données et la fréquence de leur collecte, l'organisation responsable de la collecte ainsi que les résultats obtenus.

	Objectifs	Indicateurs	Données de référence	Sources de données	Fréquence de la collecte	Responsabilité de la collecte	Résultats
ORIENTATION A	A.1 - Améliorer les traitements spécifiques des eaux usées (2022-2024)	Suivi de la qualité de l'eau (phosphore) à l'exutoire des stations d'épuration des municipalités participantes	État initial de la qualité de l'eau (2022)	Stations de mesures spécifiques à l'exutoire des stations d'épuration des municipalités participantes	Annuelle	<u>Porteur de projet</u> ZIPLSP-OBV TCRLSP	
	A.2 - Limiter la fréquence et le volume des surverses des réseaux sanitaires (2020-2024)	Fréquence et volume (lorsque connu) des surverses	État initial de la fréquence et du volume des surverses (2020)	Données des stations d'épuration (fréquence et volume si connu)	Annuelle	<u>Porteur de projet</u> ZIPLSP-OBV TCRLSP	
	A.3 - Réduire l'usage des pesticides et engrais domestiques (2020-2024)	Nombre et liste des municipalités réglementant l'utilisation des pesticides	État initial (2020)	Liste des municipalités participantes	Annuelle	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP-OBV TCRLSP	
ORIENTATION B	B.1 - Améliorer et diminuer l'utilisation des pesticides et des engrais par les industries et autres (2020-2024)	Nombre d'entreprises participantes	État initial (2020)	ZIPLSP-OBV : Liste des entreprises participantes	Annuelle	<u>Porteur de projet</u> ZIPLSP, OBV TCRLSP	
	B.2 - Acquérir des connaissances sur les effluents industriels non raccordés à un réseau municipal (2020-2024)	Nombre et liste des industries non raccordées et type de rejets	État initial (2020)	Liste MELCC	Annuelle	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV TCRLSP	

	Objectifs	Indicateurs	Données de référence	Sources de données	Fréquence de la collecte	Responsabilité de la collecte	Résultats
ORIENTATION C	C.1 - Acquérir des connaissances sur les pertes de sol dans les milieux agricoles des Basses-terres du lac Saint-Pierre (2019-2020)	Évaluation des pertes de sols en T/ha	Résultats du RUSLE automne 2019	Rapports sur les résultats du RUSLE et cartographie des zones prioritaires	Annuelle	<u>Porteur de projet</u> ZIPLSP TCRLSP	
	C.2 - Favoriser la conversion des cultures dans les zones à fort risque d'érosion hydrique (2020-2022)	Superficie (ha) des parcelles ayant bénéficié d'une reconversion	Base de données des parcelles	Financière agricole	Annuelle	<u>Porteurs de projet</u> UQTR, MAPAQ TCRLSP	
	C.3 - Réduire la charge en fertilisant et pesticides (2020-2024)	Suivi de la qualité de l'eau (Phosphore, Nitrate et pesticides)	Réseau rivière	MELCC	Annuelle	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, MAPAQ, Pôle d'expertise (UQTR, Université McGill, Université Laval), UPA TCRLSP	
	C.4 - Améliorer la couverture des sols de l'automne au printemps (2020-2024)	Superficies (ha) bénéficiant d'une couverture des sols	État initial (2020)	Financière agricole	Annuelle	<u>Porteur de projet</u> MAPAQ, UPA TCRLSP	
	C.5 - Améliorer la gestion des bandes riveraines (2019-2024)	Superficies (m ²) végétalisées	État initial (2019)	ZIPLSP-OBV	Annuelle	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV TCRLSP	
	C.6 - Améliorer la qualité de l'eau de secteurs ciblés problématiques et en exporter la méthodologie à l'ensemble du territoire à l'étude (2020-2024)	Suivi de la qualité de l'eau	État initial (2020)	Station de mesure spécifique au territoire concerné	Annuelle	<u>Porteurs de projet</u> ZIPLSP, OBV, UPA TCRLSP	

ANNEXES

Annexe 1. Législations importantes liées à la qualité de l'eau du lac Saint-Pierre ou aux enjeux qui l'influencent

LOI, RÈGLEMENT OU POLITIQUE	FONCTIONS DU TEXTE ET ÉLÉMENTS IMPORTANTS	ENJEUX
Législation canadienne		
Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada <i>(L. C. 2001, ch. 26)</i> Règlement sur la pollution par les bâtiments et sur les produits chimiques dangereux <i>(DORS/2012-69)</i>	Application relevant principalement du ministre des Transports du Canada. <ul style="list-style-type: none"> Gestion de la sécurité du transport maritime et de la navigation de plaisance, de même que la protection du milieu marin. Interdiction pour tout navire et toute personne de rejeter des eaux usées ou des boues d'épuration d'un navire, sauf exception : <ul style="list-style-type: none"> Des rejets sont autorisés dans les eaux internes (dont le lac Saint-Pierre) seulement avec un appareil d'épuration marine et dont l'effluent contient moins de 250 UFC/100 ml de coliformes fécaux. Dispositions générales et particulières concernant les hydrocarbures, les substances liquides nocives et produits chimiques dangereux, les eaux usées, les ordures, les substances polluantes, les systèmes antisalissures et les eaux grises. 	<ul style="list-style-type: none"> Navigation Eaux usées Navigation
Loi sur les pêches <i>(L.R.C. [1985], ch. F-14)</i>	Application relevant du ministre de l'Environnement du Canada. <ul style="list-style-type: none"> Gestion des ressources en eau et leur qualité environnementale. 	<ul style="list-style-type: none"> Quantité Qualité
Loi sur les ressources en eau du Canada <i>(L.R.C. [1985], ch. C-11)</i>	Application relevant du ministère de l'Environnement et Changement climatique Canada et du ministère des Pêches et des Océans du Canada. <ul style="list-style-type: none"> Prévention de la pollution par l'interdiction du dépôt de substances nocives dans les eaux où vivent les poissons, à moins d'une autorisation valide. La définition de poissons inclut les mollusques, les crustacés et les animaux marins. 	<ul style="list-style-type: none"> Qualité
Législation québécoise		
Code civil du Québec <i>(RLRQ, c. CCQ-1991)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Désignation comme propriété de l'État du lit des lacs et cours d'eau navigables et flottables jusqu'à la « ligne de hautes eaux », désignant ici la limite de propriété. Règles générales concernant l'appropriation, la circulation et l'utilisation et la conservation de la qualité de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> Qualité

LOI, RÈGLEMENT OU POLITIQUE	FONCTIONS DU TEXTE ET ÉLÉMENTS IMPORTANTS	ENJEUX
Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés (RLRQ, c. C-6.2)	<p>Application relevant du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.</p> <p>Entrée en vigueur grâce au <i>Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection</i> (RLRQ, c. Q-2, r. 35.2).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définition de l'eau comme ressource collective. • Gestion intégrée et concertée de la ressource en eau et des milieux associés dans les unités hydrographiques désignées, en particulier dans l'unité hydrographique du Saint-Laurent. • Établissement du régime d'autorisation pour les prélèvements d'eau. • Interdiction de transférer hors du bassin du fleuve Saint-Laurent l'eau qui y est prélevée (sauf exception). • Précision du rôle des organismes de bassin versant et des tables de concertation régionales. • Élaboration et mise en œuvre, par le ministre, de programmes visant à restaurer et à créer de nouveaux milieux humides et hydriques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux pluviales • Prélèvement • Quantité • Conservation
Loi concernant des mesures de compensation pour la réalisation de projets affectant un milieu humide ou hydrique (RLRQ, c. M-11.4)	<p>Application relevant du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le ministre peut exiger du demandeur d'autorisation des mesures de compensation visant notamment la restauration, la création, la protection ou la valorisation écologique d'un milieu humide, hydrique ou terrestre, et ce, dans le cadre d'une demande d'autorisation en vertu des articles 22 ou 32 de la LQE pour un projet affectant un milieu humide ou hydrique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux pluviales
Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques (LCCMHH) (projet de loi n° 132, 2017, c. 14) (RLRQ, c. Q-2)	<p>Application relevant du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objectif d'aucune perte nette. • Objectif de réduire la perte de milieux humides, de faire des gains nets de ces milieux et de prévoir des mesures de compensation. • Pouvoir du ministre d'élaborer et de mettre en œuvre des programmes favorisant la restauration et la création de milieux humides et hydriques. • Exigence pour le ministre de produire différents bilans en lien avec l'évolution de la situation des milieux humides et hydriques. • Obligation pour les MRC d'élaborer et de mettre en œuvre un plan régional des milieux humides et hydriques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation • Qualité • Quantité
Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (RLRQ, c. A-18.1)	<p>Loi instituant le régime forestier québécois</p> <p>Application relevant du ministre des Forêts, de la Faune et des Parcs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Industrie

LOI, RÈGLEMENT OU POLITIQUE	FONCTIONS DU TEXTE ET ÉLÉMENTS IMPORTANTS	ENJEUX
Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État (RLRQ, c. A-18.1, r. 7)	<ul style="list-style-type: none"> • Protection des rives, des lacs et des cours d'eau. <ul style="list-style-type: none"> ○ Dispositions prescrivant la conservation d'une lisière boisée sur les rives de certains milieux humides, cours d'eau et plan d'eau. • Protection de la qualité de l'eau, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> ○ Bande de protection le long de cours d'eau en ce qui concerne le passage de la machinerie. ○ Détournement des eaux de ruissellement de la surface de chemins et d'ornières vers une zone de végétation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Industrie
Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU) (RLRQ, c. A-19.1)	<p>Application relevant du ministre des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harmonisation des schémas d'aménagement et de développement (SAD) des MRC avec la PPRLPI. • Conformité des règles d'urbanisme des municipalités avec le SAD des MRC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Eaux pluviales
Loi sur la conservation du patrimoine naturel (LCPN) (RLRQ, c. C-61.01)	<p>Application relevant du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensemble de mesures établies afin d'assurer le maintien du patrimoine naturel et des écosystèmes qui le composent et qui visent notamment leur préservation, leur protection, leur restauration et leur utilisation. • Exigences quant aux demandes de CA. • Régime d'activités dans les réserves écologiques, les réserves aquatiques, les réserves de biodiversité et les paysages humanisés projetés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation • Qualité
Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) (RLRQ, c. Q-2)	<p>• Cadre législatif en matière d'environnement au Québec</p> <p>Application relevant du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispositions relatives aux milieux humides et hydriques, plus précisément, éviter la perte de ces milieux et favoriser les projets minimisant leurs impacts sur ces milieux. • Exigences quant aux demandes de certificats d'autorisation (CA) pour des projets situés dans ces milieux. • Mesures de compensation pour des travaux à impacts négatifs inévitables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Conservation
Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI) (RLRQ, c. Q-2, r. 35)	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination d'un cadre normatif minimal devant être appliqué par les municipalités. • Précision des types d'interventions permises dans les rives, le littoral et les plaines inondables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux pluviales • Industrie • Municipal • Agriculture
Règlement concernant le cadre d'autorisation de certains projets de transfert d'eau hors du bassin du fleuve Saint-Laurent (RLRQ, c. Q-2, r. 5.1)	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre de l'Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. • Interdiction des transferts d'eau à l'extérieur du bassin du Saint-Laurent. • Encadrement serré de certains cas d'exception liés strictement à l'approvisionnement en eau potable dans des municipalités comprises minimalement dans une MRC chevauchant la ligne de partage des eaux. <ul style="list-style-type: none"> ○ Demande d'autorisation et conditions. ○ Détermination des quantités d'eau transférées ou consommées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement • Eau potable • Quantité • Industrie • Municipal

LOI, RÈGLEMENT OU POLITIQUE	FONCTIONS DU TEXTE ET ÉLÉMENTS IMPORTANTS	ENJEUX
Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement (RLRQ, c. Q-2, r. 3)	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des interventions, des types de projets ou d'activités (dans un cours d'eau, un lac ou un milieu humide) qui ne requièrent pas de certificat d'autorisation (CA) en vertu de l'article 22 de la LQE. • Règles pour les interventions et les constructions requérant un CA. • Exigences quant aux demandes de CA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Eaux usées
Règlement sur l'application de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement (RLRQ, c. Q-2, r. 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Soustraction à une autorisation du ministre (MDDELCC) de certains travaux d'aqueduc ou d'égout à faible incidence environnementale (municipalités et campements industriels temporaires). • Regroupement de certaines demandes d'autorisation de travaux d'aqueduc et d'égout dans des plans quinquennaux des municipalités. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Eau potable • Eaux pluviales • Eaux usées
Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RLRQ, c. Q-2, r. 18)	<ul style="list-style-type: none"> • Encadrement de l'aménagement, l'exploitation, la fermeture et le suivi post-fermeture des lieux d'enfouissement de sols contaminés. • Conditions générales sur l'aménagement d'un lieu d'enfouissement de sols contaminés. <ul style="list-style-type: none"> ○ Interdiction d'aménager dans une zone d'inondation de récurrence de 100 ans. ○ Zone tampon d'une largeur minimale de 50 m ne comportant aucun cours ou plan d'eau. ○ Distance minimale de 1 km à l'amont hydraulique de toute prise d'eau de surface d'un réseau d'aqueduc. ○ Interdiction d'aménager à l'intérieur de l'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage d'eau souterraine destiné à l'alimentation d'un réseau d'aqueduc ou au-dessus d'une nappe libre au potentiel aquifère élevé. • Exigences quant à l'étanchéité, le captage et le traitement du lixiviat ainsi que le captage des eaux de surface des lieux d'enfouissement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Industrie
Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (RLRQ, c. Q-2, r. 19)	<ul style="list-style-type: none"> • Règlementation de l'établissement, l'exploitation et la fermeture des installations d'enfouissement et d'incinération des matières résiduelles. • Zone tampon d'une largeur minimale de 50 m ne comportant aucun cours ou plan d'eau autour des lieux d'enfouissement technique et en tranchée. • Normes de localisation protégeant les installations de captage des eaux de surface ou souterraines, les zones inondables et les zones à fort potentiel aquifère. • Distance minimale, mesurée à partir de la LHE, d'au moins 150 m entre certaines catégories de lieu d'enfouissement et tout cours ou plan d'eau (incluant étangs, marais et marécages). 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Industrie
Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (RETEURI) (RLRQ, c. Q-2, r. 22)	<p>Encadrement de l'évacuation et du traitement des eaux usées de résidences, bâtiments et lieux non raccordés à des réseaux d'égout municipaux ni à des ouvrages d'assainissement collectifs.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prohibition de rejeter dans l'environnement des eaux usées sans traitement approprié. • Demande de permis à la municipalité locale. • Établissement des variantes orientant le choix d'un dispositif de traitement des eaux usées. • Normes de localisation selon l'étanchéité des systèmes de traitement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées • Municipal

LOI, RÈGLEMENT OU POLITIQUE	FONCTIONS DU TEXTE ET ÉLÉMENTS IMPORTANTS	ENJEUX
Règlement sur la circulation de véhicules motorisés dans certains milieux fragiles (RLRQ, c. Q-2, r. 9)	<ul style="list-style-type: none"> • Interdiction de courses et de compétitions dans certains milieux fragiles, dont les milieux humides. • Interdiction de véhicules motorisés (sauf motoneiges) dans certains milieux fragiles du littoral du Saint-Laurent en aval du pont Laviolette (Trois-Rivières). <ul style="list-style-type: none"> ○ Les milieux fragiles du littoral du lac Saint-Pierre ne sont pas protégés par cette disposition. ○ Plusieurs exceptions, par exemple pour les activités reliées à la chasse, à la pêche ou au piégeage ou pour l'accès à une propriété privée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Récréotourisme
Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau (RLRQ, c. Q-2, r. 14)	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre de l'Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. • Établissement des exigences relatives au suivi et à la déclaration des quantités d'eau prélevées au Québec, entre autres : <ul style="list-style-type: none"> ○ Obligation pour tout grand premier préleveur (>75 000 L/jour) d'effectuer une déclaration générale annuelle. ○ Conditions relatives aux équipements de mesure. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement • Quantité • Industrie • Municipal
Règlement sur la protection des eaux contre les rejets des embarcations de plaisance (RLRQ, c. Q-2, r. 36)	<p>Protection des eaux de certains lacs et certaines rivières inscrits en annexe Application par les municipalités locales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interdiction de rejet de tous rebus organiques ou inorganiques (autres que les eaux grises et les rejets des systèmes de propulsion, de refroidissement et d'élimination des eaux de cales). • Obligations quant aux toilettes fixes ou portatives à bord des embarcations. • Les eaux du lac Saint-Pierre et de son archipel ne sont pas protégées par ce règlement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Navigation de plaisance • Eaux usées
Règlement sur la qualité de l'eau potable (RLRQ, c. Q-2, r. 40)	<ul style="list-style-type: none"> • Normes de qualité de l'eau potable à satisfaire pour tous les systèmes de distribution d'eau destinée à la consommation humaine. • Obligation de contrôle de la qualité de l'eau (suivi et traitement) pour les systèmes desservant plus de 20 personnes. • Exigences de qualification des opérateurs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eau potable • Municipal
Règlement sur la redevance exigible pour l'utilisation de l'eau (RLRQ, c. Q-2, r. 42.1)	<ul style="list-style-type: none"> • Assujettissement à une redevance des utilisateurs utilisant 75 m³ d'eau ou plus par jour : <ul style="list-style-type: none"> ○ Taux de 0,0025 \$/m³ pour la plupart des industries. ○ Taux de 0,07 \$/m³ pour certaines industries (p. ex. fabrication de boissons, extraction de pétrole et de gaz). • Redevances versées au Fonds vert afin d'assurer la gouvernance de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement • Quantité • Industrie
Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RLRQ, c. Q-2, r. 35.2)	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre du régime d'autorisation des prélèvements d'eau et définition des critères d'assujettissement à une autorisation • Réglementation de la protection des sources destinées à l'alimentation en eau potable. <ul style="list-style-type: none"> ○ Mesures concernant les activités d'exploration et d'exploitation pétrolières et gazières (sondage stratigraphique et sites de forages). ○ Mesures concernant les activités agricoles (distance d'épandage d'un site de prélèvement d'eau souterraine en fonction de sa vulnérabilité). 	<ul style="list-style-type: none"> • Eau potable • Eaux souterraines • Prélèvement • Industrie • Agriculture

LOI, RÈGLEMENT OU POLITIQUE	FONCTIONS DU TEXTE ET ÉLÉMENTS IMPORTANTS	ENJEUX
Règlement sur les aqueducs et égouts privés (RLRQ, c. Q-2, r. 4.01)	<ul style="list-style-type: none"> • Conformité des constructions et installations d'équipement d'aqueduc et d'égout à l'autorisation délivrée en vertu de l'article 32 de la LQE. • Permis d'exploitation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eau potable • Eaux usées
Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel (RLRQ, c. Q-2, r. 5)	<ul style="list-style-type: none"> • Assujettissement à l'obtention d'une attestation d'assainissement les établissements industriels des secteurs des pâtes et papiers et de l'industrie minérale et de l'industrie de la première transformation des métaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Industrie
Règlement sur les carrières et sablières (RLRQ, c. Q-2, r. 7)	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des activités nécessitant un certificat d'autorisation ou sa modification en vertu de l'article 22 de la LQE. • Détermination de normes de localisation. <ul style="list-style-type: none"> ○ Distance minimale de 30 m d'un milieu hydrique ou d'un marécage et de 100 m d'une tourbière ouverte. ○ Distance de 1 km d'une prise d'eau potable (sauf exception). • Prévention de la pollution des eaux (normes de pH et de concentrations en hydrocarbures pétroliers et matières en suspension). • Définition des conditions de restauration du sol. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées • Industrie
Règlement sur les déchets biomédicaux (RLRQ, c. Q-2, r. 12)	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion et transport des déchets biomédicaux. <ul style="list-style-type: none"> ○ Interdiction de tout rejet dans un réseau d'égout. • Définition des activités nécessitant un certificat d'autorisation et une étude d'impact. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées • Industrie
Règlement sur les effluents liquides des raffineries de pétrole (RLRQ, c. Q-2, r. 16)	<ul style="list-style-type: none"> • Définition des normes pour les rejets d'huiles, de graisses, de phénols, de matières en suspension et d'autres contaminants dans l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées • Industrie
Règlement sur les exploitations agricoles (REA) (RLRQ, c. Q-2, r. 26)	<p>Protection de l'environnement contre la pollution causée par certaines activités agricoles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normes sur les distances qui doivent séparer les cours d'eau des zones d'épandage de matières fertilisantes ou des installations d'élevage. • Utilisation des rampes d'épandage. • Exigences quant aux installations de stockage des déjections animales. • Gestion des matières fertilisantes à l'aide du Plan agroenvironnemental de fertilisation. • Retrait du bétail des plans d'eau et des bandes riveraines. • Interdiction d'augmenter les superficies en culture pour certaines municipalités dans des bassins versants dégradés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Agriculture
Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers (RLRQ, c. Q-2, r. 27)	<ul style="list-style-type: none"> • Règlementation quant aux eaux usées, dont celles liées à la gestion des matières résiduelles de fabrique. • Obligations de respect de normes environnementales de la qualité des effluents et d'autosurveillance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées • Industrie

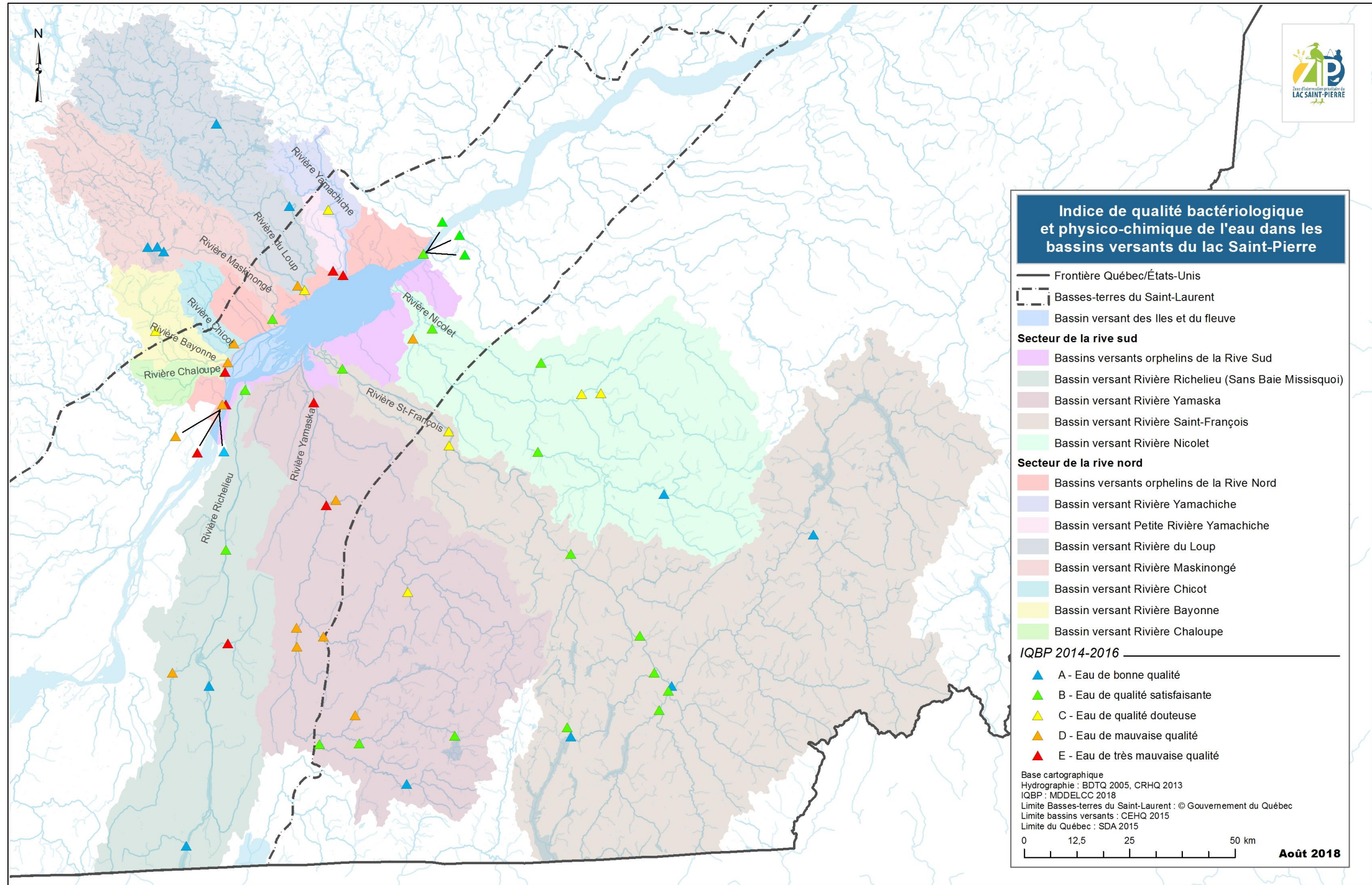
LOI, RÈGLEMENT OU POLITIQUE	FONCTIONS DU TEXTE ET ÉLÉMENTS IMPORTANTS	ENJEUX
Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (ROMAEU) (RLRQ, c. Q-2, r. 34.1)	<ul style="list-style-type: none"> • Attestations d'assainissement pour chaque ouvrage municipal d'assainissement des eaux usées. • Intégration des exigences de la Stratégie pancanadienne sur la gestion des effluents d'eaux usées municipales du Conseil canadien des ministres de l'Environnement. • Normes de rejet à l'effluent et normes applicables aux débordements d'eaux usées brutes. • Suivi des rejets et des débordements. <ul style="list-style-type: none"> ○ Obligation pour tout réseau d'égout domestique, pseudo-domestique ou unitaire d'être relié à une station d'épuration. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées • Municipal
Règlement sur les usines de béton bitumineux (RLRQ, c. Q-2, r. 48)	<ul style="list-style-type: none"> • Exigence d'un certificat d'autorisation conformément à l'article 22 de la LQE. • Normes de localisation. <ul style="list-style-type: none"> ○ Distance minimale de 100 m de tout lac naturel et de 60 m de tout ruisseau, rivière, fleuve et milieu humide (sauf exception). • Prévention de la pollution des eaux (normes de pH et de concentrations en huiles, graisses, goudrons d'origine minérale et matières en suspension). 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux usées • Industrie
Loi sur le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (RLRQ, c. M-30.001)	<p>Application relevant du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rôle du ministre dans le maintien des fonctions écologiques rendues par les écosystèmes composant le patrimoine naturel. • Rôle du ministre dans la mise en place de mesures relatives à la conservation, la restauration ou la création de milieux humides et hydriques. • Rôle du ministre pour la protection, l'utilisation durable et la surveillance des aires protégées qui relèvent de sa responsabilité et des autres milieux bénéficiant de mesures particulières de conservation, notamment les milieux humides et hydriques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation • Qualité • Quantité
Loi sur le régime des eaux (RLRQ, c. R-13)	<p>Application relevant du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et du ministre des Ressources naturelles et de la Faune.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accorde une priorité d'usage pour l'exploitation des forces hydrauliques, la régularisation de l'eau et le flottage du bois. • Encadrement de la construction et du maintien d'ouvrages dans les lacs et cours d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux pluviales • Quantité
Loi sur les compétences municipales (LCM) (RLRQ, c. C-47.1)	<p>Application relevant du ministre des Affaires municipales et de l'Habitation.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Énoncé des compétences des municipalités locales et des municipalités régionales de comté, notamment en ce qui concerne les cours d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux pluviales • Municipal
Loi sur les pesticides (RLRQ, c. P-9.3)	<p>Application relevant du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Agriculture
Code de gestion des pesticides (RLRQ, c. P-9.3, r. 1)	<ul style="list-style-type: none"> • Normes d'entreposage, de vente et d'utilisation des pesticides. 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité • Agriculture

Annexe 2. Indice de qualité bactériologique et physicochimique des stations situées dans la zone littorale du lac Saint-Pierre, pour la période 2014 à 2016

Cours d'eau	Valeur IQBP	Classe IQBP	Paramètres problématiques déclassant (autres paramètres problématiques)
Rive nord			
La Chaloupe, Rivière	10	E	Nitrates-nitrites (NO _x) Phosphore (PTOT)
Bayonne, Rivière	33	D	Phosphore (PTOT) Matières en suspension (MES), nitrates-nitrites (NO _x)
Chicot, Rivière	36	D	Phosphore (PTOT) Matières en suspension (MES), nitrates-nitrites (NO _x)
Maskinongé, Rivière	71	B	Matières en suspension (MES)
Du Loup, Petite rivière	20	D	Matières en suspension (MES) Phosphore (PTOT), nitrates-nitrites (NO _x), coliformes fécaux (CF)
Du Loup, Rivière	53	C	Matières en suspension (MES)
Yamachiche, Petite rivière	0	E	Matières en suspension (MES) Phosphore (PTOT), nitrates-nitrites (NO _x), coliformes fécaux (CF)
Yamachiche, Rivière	19	E	Matières en suspension (MES) Phosphore (PTOT), nitrates-nitrites (NO _x)
Rive sud			
Richelieu, Rivière	62	B	Matières en suspension (MES)
Yamaska, Rivière	0	E	Chlorophylle-a (CHLA) Phosphore (PTOT), nitrates-nitrites (NO _x), matières en suspension (MES)
Saint-François, Rivière	69	B	Matières en suspension (MES)
Saint-Zéphirin, Rivière	25	D	Phosphore (PTOT) Phosphore (PTOT), nitrates-nitrites (NO _x), chlorophylle-a (CHLA)
Nicolet Sud-Ouest, Rivière	49	C	Chlorophylle-a (CHLA)
Nicolet, Rivière	63	B	Nitrates-nitrites (NO _x)
Fleuve (amont)			
Sorel-Tracy (nord)	39	D	Coliformes fécaux (CF)
Sorel-Tracy (centre)	6	E	Coliformes fécaux (CF)
Sorel-Tracy (sud)	88	A	Matières en suspension (MES)
Fleuve (aval)			
Trois-Rivières (nord)	67	B	Coliformes fécaux (CF)
Trois-Rivières (centre)	67	B	Coliformes fécaux (CF)
Trois-Rivières (sud)	76	B	Coliformes fécaux (CF)

Source des données : Données extraites et adaptées de la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) (2018⁴⁴).




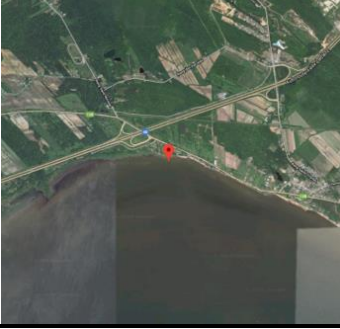
Annexe 3. Indice de qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, pour la période 2014-2016⁴⁴



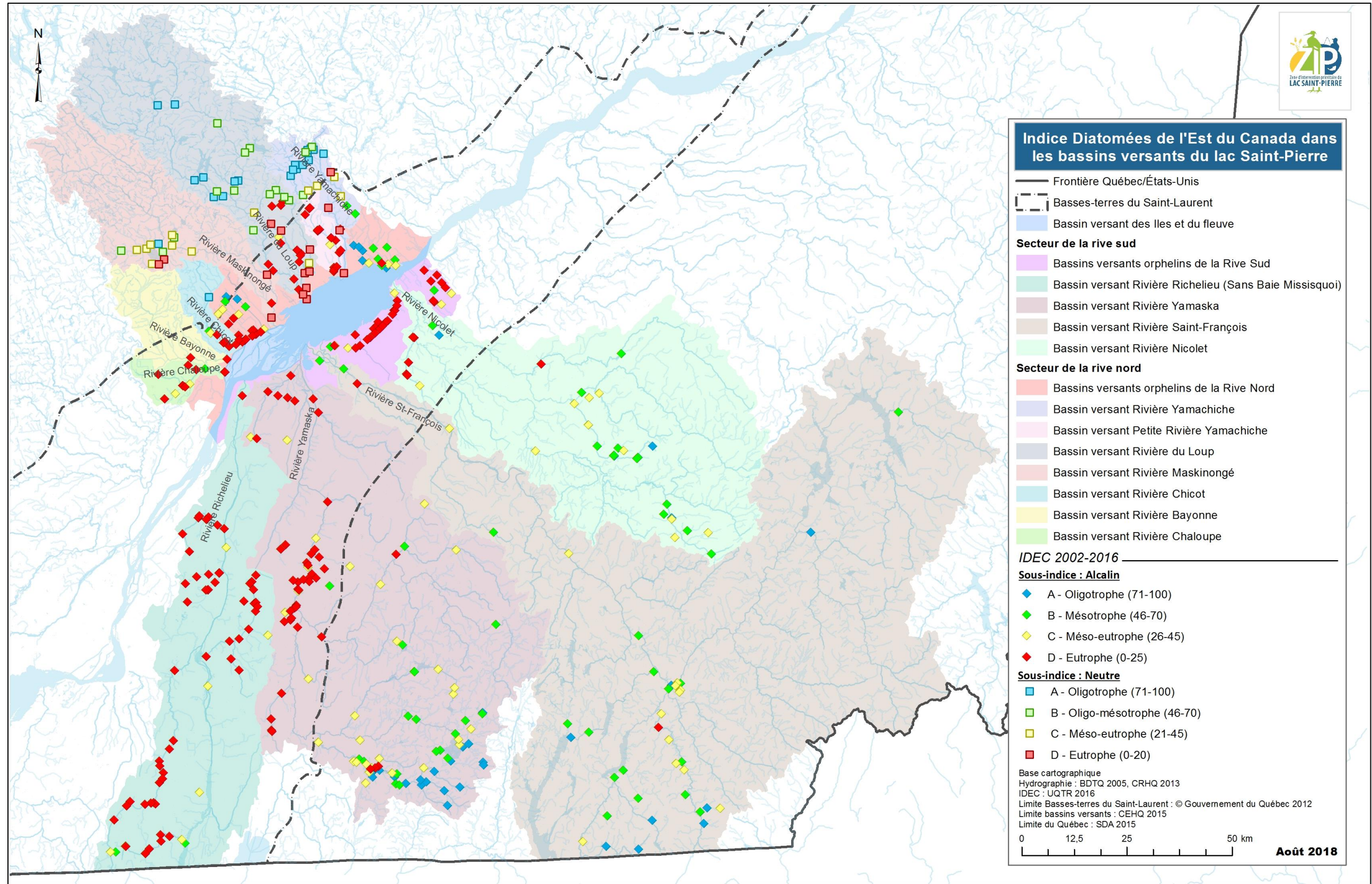
Annexe 4. Suivi effectué dans le cadre du programme de suivi bactériologique de l'eau le long des rives du Saint-Laurent³⁶

Tableau 26. Classes de qualité bactériologique

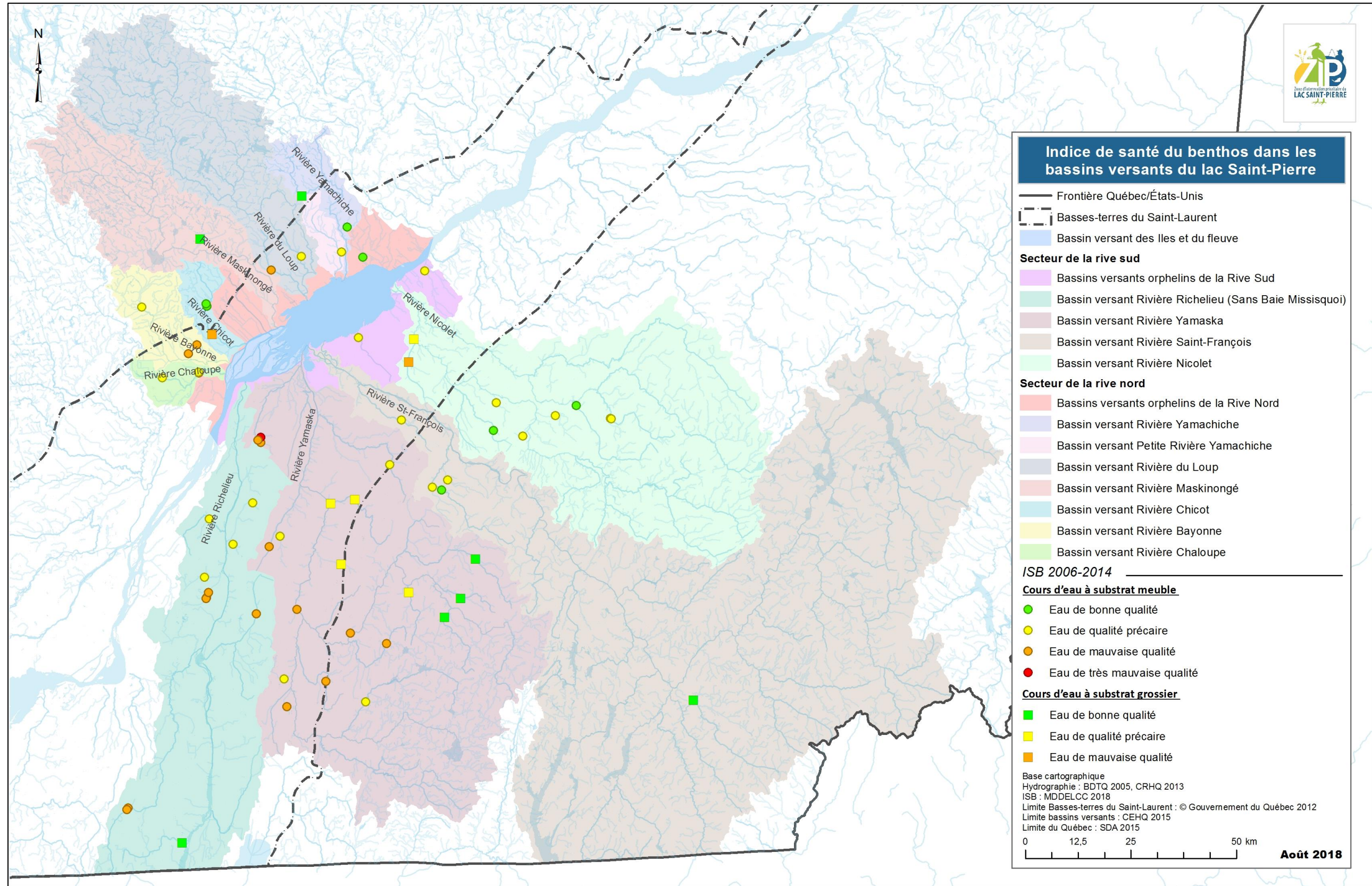
Classe	Qualité de l'eau	E.coli/100 ml
A	Excellente	0-20
B	Bonne	21-100
C	Médiocre	101-200
D	Mauvaise	Plus de 200

Localisation	Station	Année	E. Coli / 100 ml		Cote
			Min	Max	
	n° 00001060 Saint-Laurent à Sainte-Anne de Sorel (île Lapierre)	2003	265	5537	D
		2004	178	3551	D
		2005	586	6000	D
		2006	523	5574	D
		2007	879	3650	D
		2008	601	3126	D
		2009	503	2625	D
		2017	1195	4200	D
		2018	765	3850	D
	n° 00001070 Saint-Laurent à Nicolet (Ouest du quai de Port-Saint- François)	2003	26	2622	D
		2004	64	4301	D
		2005	13	603	B
		2006	40	692	D
		2007	20	674	B
		2008	52	357	C
		2009	29	1568	D
		2017	42	505	B
2018	17	5350	D		
	n° 00002050 Saint-Laurent à Sainte-Anne-de- Sorel du côté ouest de l'île des barques	2003	49	1350	D
		2004	29	236	B
		2005	29	696	C
		2006	54	2372	D
		2007	29	451	B
		2008	6	82	B
		2009	8	288	B
		2017	15	485	B
		2018	16	320	C
	n° 00002060 Saint-Laurent à Pointe-du-Lac au centre nautique de Francheville	2003	10	210	B
		2004	11	1193	B
		2005	5	862	B
		2006	30	1636	C
		2007	26	925	C
		2008	81	719	C
		2009	76	852	D
		2017	30	900	C
2018	22	1235	C		

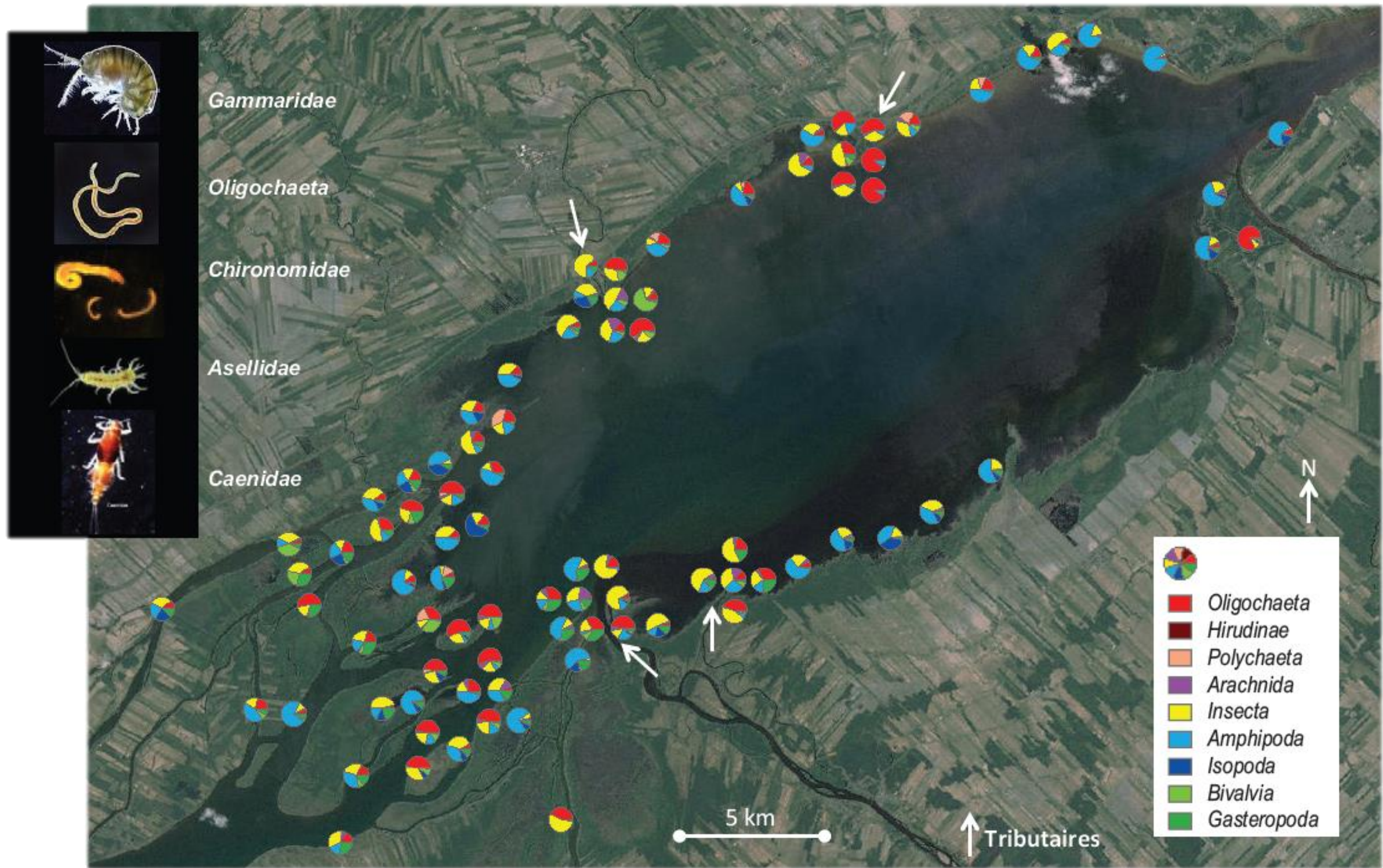
Annexe 5. Indice Diatomées de l'Est du Canada dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, échantillonnages entre 2002 et 2016⁴⁵



Annexe 6. Indice de santé du benthos dans les tributaires directs du lac Saint-Pierre, échantillonnages entre 2003 et 2015⁴⁴



Annexe 7. Répartition des macroinvertébrés dominants au lac Saint-Pierre, entre 2004 et 2011³⁹



Annexe 8. Bilan des charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension dans les principaux tributaires directs du lac Saint-Pierre, pour la période 2009-2012

Bassin versant	Superficie		Phosphore (P)			Azote (N)			Matières en suspension (MES)		
	km ²	%	Charge kg/an	Contribution relative (%)	Charges exportées (kg/ha)	Charge kg/an	Contribution relative (%)	Charges exportées (kg/ha)	Charge kg/an	Contribution relative (%)	Charges exportées (kg/ha)
Rive nord^a	3 674	15,0	203 893	14,1	0,82	2 424 000	9,0	13,31	116 053 000	11,7	596,29
La Chaloupe	142	0,6	10 504	0,7	0,74	408 000	1,5	28,73	6 071 000	0,6	427,54
Bayonne	364	1,5	34 053	2,4	0,94	595 000	2,2	16,35	24 816 000	2,5	681,76
Chicot	175,0	0,7	10 585	0,7	0,60	135 000	0,5	7,71	5 775 000	0,6	330,00
Maskinongé	1 095	4,5	37 932	2,6	0,35	343 000	1,3	3,13	17 208 000	1,7	157,15
Du Loup	1 523	6,2	60 597	4,2	0,40	458 000	1,7	3,01	18 295 000	1,9	120,12
Petite rivière Yamachiche	109	0,4	14 737	1,0	1,35	296 000	1,1	27,16	14 913 000	1,5	1 368,17
Yamachiche	266	1,1	35 485	2,5	1,33	189 000	0,7	7,11	28 975 000	2,9	1 089,29
Rive sud^a	20 863	85,0	1 239 944	85,9	0,82	24 593 000	91,0	17,12	872 032 000	88,3	585,46
Richelieu	2 488	10,1	431 101	29,9	1,73	10 045 000	37,2	40,37	345 526 000	35,0	1 388,77
Yamaska	4 771	19,4	409 306	28,3	0,86	7 028 000	26,0	14,73	187 306 000	19,0	392,59
Saint-François	10 203	41,6	248 875	17,2	0,24	4 452 000	16,5	4,36	222 864 000	22,6	218,43
Nicolet	3 401	13,9	150 662	10,4	0,44	3 068 000	11,4	9,02	116 336 000	11,8	342,06
Total^b	24 537	100	1 443 837	100	0,82	27 017 000	100	15,22	988 085 000	100	590,88

a : Les sous-totaux de superficies, des charges (kg/an) et de la contribution relative (%) ont été calculés pour chacun des tributaires directs des rives nord et sud du lac Saint-Pierre. Les charges exportées (kg/ha) des tributaires directs de chaque rive du lac Saint-Pierre (sud et nord) correspondent à la moyenne calculée pour chaque bassin versant.

b : Le total a été calculé à partir des sous-totaux (en gras) de la rive nord et de la rive sud, selon la même méthode de calcul que pour les sous-totaux.

Source des données : Données adaptées de Patoine (2017⁴⁸).

Annexe 9. Municipalités des bassins versants des tributaires directs du lac Saint-Pierre qui règlementent l'usage des pesticides, en date de juin 2019

Région administrative	Municipalité
Centre-du-Québec	<ul style="list-style-type: none"> • Drummondville • Nicolet • Saint-Ferdinand • Saint-Rémi-de-Tingwick
Chaudière-Appalaches	<ul style="list-style-type: none"> • Adstock • Disraeli • Saint-Joseph-de-Coleraine
Estrie	<ul style="list-style-type: none"> • Asbestos • Austin • Ayer's Cliff • Dudswell • East Angus • Magog • North Hatley • Orford • Saint-Denis-de-Brompton • Saint-Herménégilde • Sherbrooke
Lanaudière	<ul style="list-style-type: none"> • Notre-Dame-des-Prairies
Montérégie	<ul style="list-style-type: none"> • Beloeil • Bolton-Ouest • Boucherville • Brossard • Granby • Lac-Brome • Lacolle • Longueuil • Mont-Saint-Hilaire • Napierville • Otterburn Park • Saint-Bruno-de-Montarville • Saint-Liboire • Saint-Marc-sur-Richelieu • Shefford • Waterloo

Source des données : Liste du MDDELCC des municipalités règlementant l'usage des pesticides⁵³ et données du recensement national de 2016¹⁴.

Annexe 10. Fréquence de détection (%) et nombre de pesticides détectés dans le lac Saint-Pierre en 2008, 2014 et 2015, par station d'échantillonnage

Pesticide	Année	2008		2014					2015			
	Stations	A	B	1	2	3	4	5	1	3	4	6
Herbicides												
Atrazine		83,3	88,2	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DEA		27,8	35,3	77,8	100	88,9	88,9	77,8	40	50	80	50
DIA		11,1	11,7	11,1	22,2	11,1	11,1	—	—	—	10	—
S-métolachlore		77,8	82,3	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Métribuzine		16,7	5,9	55,5	55,5	33,3	55,5	55,5	10	10	10	—
Diméthénamide		5,5	5,9	44,4	22,2	44,4	33,3	44,4	—	—	—	—
Simazine		5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EPTC		5,5	5,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Glyphosate		27,8	29,4	33,3	22,2	33,3	33,3	11,1	50	60	30	20
AMPA		—	11,7	11,1	11,1	11,1	11,1	—	10	—	—	—
Glufosinate		NA	NA	—	—	—	—	—	10	—	—	—
Bentazone		33,3	29,4	33,3	22,2	33,3	33,3	33,3	10	10	10	20
Dicamba		33,3	23,5	55,5	33,3	33,3	33,3	33,3	10	10	—	—
2,4-D		11,1	11,8	22,2	—	—	11,1	11,1	—	—	—	—
MCPA		5,5	5,9	33,3	11,1	22,2	22,2	11,1	10	10	20	10
Bromoxnyl		—	—	11,1	—	22,2	22,2	—	10	—	—	—
Mésotrione		NA	NA	55,5	33,3	44,4	33,3	22,2	50	60	50	60
Imazéthapyr		NA	NA	55,5	33,3	55,5	44,4	55,5	20	20	30	30
Flumetsulam		NA	NA	22,2	22,2	11,1	22,2	11,1	10	—	—	—
Rimsulfuron		NA	NA	44,4	33,3	22,2	33,3	22,2	—	—	10	—
Nicosulfuron		NA	NA	22,2	22,2	22,2	33,3	11,1	—	—	10	—
Imazapyr		NA	NA	—	—	—	—	—	—	—	10	—
Insecticides												
Thiaméthoxame		NA	NA	100	66,7	66,7	66,7	77,8	70	90	80	70
Clothianidine		NA	NA	77,8	33,3	66,7	55,5	55,5	50	90	70	90
Chlorantraniliprole		NA	NA	22,2	11,1	11,1	22,2	22,2	—	—	—	—
Chlorpyrifos		—	5,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbaryl		5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1-Naphtol		5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fongicides												
Myclobutanil		11,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n^{bre} d'échantillons		18	17	9	9	9	9	9	10	10	10	10
n^{bre} de pesticides détectés		16	14	21	19	20	21	18	16	12	15	10

Note : — : Produit non détecté; NA : produit non analysé.

Source : des données : Données adaptées de Giroux (2018⁵¹).

Annexe 11. Concentrations maximales mesurées ($\mu\text{g/L}$) des pesticides détectés dans le lac Saint-Pierre en 2008, 2014 et 2015, par station d'échantillonnage

Pesticide	CVAC ($\mu\text{g/L}$)	2008		2014					2015			
		A	B	1	2	3	4	5	1	3	4	6
Herbicides												
Atrazine	1,8	1,4	1,1	1,8	0,98	1,8	1,9	0,24	0,41	0,23	0,62	0,11
DEA	—	0,18	0,1	0,12	0,09	0,16	0,14	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05
DIA	—	0,1	0,05	0,03	0,02	0,04	0,03	—	—	—	0,01	—
S-Métolachlore	7,8	2,3	1,08	3,9	2,1	3,6	4,4	0,33	0,4	0,4	0,88	2,2
Métribuzine	1	0,08	0,02	0,28	0,86	0,28	0,46	0,05	0,01	0,01	0,02	—
Diméthénamide	5,6	0,1	0,07	0,17	0,07	0,16	0,24	0,06	—	—	—	—
Simazine	10	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EPTC	39	0,03	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Glyphosate	800	0,09	1,1	1,4	0,81	1,6	1,6	0,16	0,22	0,14	0,48	0,08
AMPA	—	—	0,36	0,31	0,23	0,35	0,3	—	—	—	—	—
Glufosinate	—	NA	NA	—	—	—	—	—	0,05	—	—	—
Bentazone	510	0,09	0,12	0,39	0,37	0,53	0,45	0,06	0,45	0,1	0,1	0,1
Dicamba	10	0,21	0,06	0,1	0,09	0,1	0,12	0,08	0,08	0,05	—	—
2,4-D	220	0,08	0,07	0,33	—	—	0,08	0,02	—	—	—	—
MCPA	2,6	0,02	0,02	0,12	0,05	0,08	0,11	0,03	0,24	0,01	0,11	0,02
Bromoxynil	5	—	—	0,05	—	0,03	0,03	—	0,03	—	—	—
Mésotrione	—	NA	NA	0,47	0,17	0,4	0,61	0,23	0,11	0,1	0,18	0,69
Imazéthapyr	8,1	NA	NA	0,31	0,16	0,24	0,23	0,078	0,11	0,046	0,094	0,17
Flumetsulam	3,1	NA	NA	0,014	0,019	0,01	0,024	0,008	0,009	—	—	—
Rimsulfuron	4,6	NA	NA	0,008	0,004	0,005	0,007	0,003	—	—	0,002	—
Nicosulfuron	—	NA	NA	0,003	0,002	0,004	0,005	0,002	—	—	0,003	—
Imazapyr	—	NA	NA	—	—	—	—	—	—	—	0,009	—
Insecticides												
Thiaméthoxame	0,008 3	NA	NA	0,24	0,076	0,13	0,19	0,085	0,018	0,016	0,04	0,01
Clothianidine	0,008 3	NA	NA	0,077	0,043	0,071	0,11	0,047	0,018	0,014	0,037	0,038
Chlorantraniliprole	—	NA	NA	0,012	0,002	0,007	0,013	0,003	—	—	—	—
Chlorpyrifos	0,002	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbaryl	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1-Naphtol	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fongicides												
Myclobutanil	11	0,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Note₁ : — : Produit non détecté; NA : Produit non analysé.

Note₂ : Les chiffres en gras sont équivalents ou supérieurs à leur valeur respective de CVAC.

Source des données : Données adaptées de Giroux (2018⁵¹).

Annexe 12. Municipalités sans réseau d'égout et leur population en 2016

Bassin Versant	Municipalités	Population totale	Bassin Versant	Municipalités	Population totale
Rive nord		10 624		Saint-Pie-de-Guire	451
Bayonne, Rivière		5 645		Sainte-Praxède	327
	Notre-Dame-de-Lourdes	2 783		Disraeli	1 123
	Saint-Cléophas-de-Brandon	227		Lefebvre	904
	Saint-Gabriel-de-Brandon	2 635		Cleveland	1 541
Maskinongé, Rivière		2 841		Ulverton	418
	Mandeville	2 189		Lingwick	428
	Saint-Didace	652		Westbury	1 006
Du Loup, Rivière		302		Maricourt	416
	Saint-Sévère	302		Saint-Hilaire-de-Dorset	95
Yamachiche, Rivière		1 836		Melbourne	1 063
	Saint-Élie-de-Caxton	1 836		Stanstead-Est	584
Rive sud		42 770		Barnston-Ouest	816
Richelieu, Rivière		5 881		Austin	1 485
	Calixa-Lavallée	523		Hatley	2 106
	Hemmingford	1 900		Ogden	741
	Saint-Blaise-sur-Richelieu	1 909		Hampden	176
	Saint-Bernard-de-Lacolle	1 549		Newport	733
Yamaska, Rivière		11 310	Nicolet, Rivière		9 508
	Béthanie	322		Ham-Sud	235
	Bolton-Ouest	630		Notre-Dame-de-Ham	411
	Brome	296		Notre-Dame-du-Bon-Conseil	949
	Durham-Sud	1 043		Saint-Camille	529
	East Farnham	554		Saint-Christophe-d'Arthabaska	3 021
	Roxton	1 086		Sainte-Élizabeth-de-Warwick	372
	Sainte-Cécile-de-Milton	2 160		Sainte-Hélène-de-Chester	374
	Sainte-Christine	730		Sainte-Séraphine	355
	Saint-Edmond-de-Grantham	762		Saint-Lucien	1 647
	Saint-Eugène	1 126		Saint-Norbert-d'Arthabaska	1 157
	Saint-Gérard-Majella	242		Saint-Rémi-de-Tingwick	458
	Saint-Joachim-de-Shefford	1 301	Bassins versants orphelins		270
	Stukely-Sud	1 058		Saint-Elphège	270
Saint-François, Rivière		15 801	Fleuve		626
	Saint-Majorique-de-Grantham	1 388		La Visitation de l'Île-Dupas	626

Note : Les valeurs en gras correspondent à la population totale pour chaque bassin versant ainsi que pour chaque rive et le fleuve.

Source des données : Données extraites et modifiées de la couche d'informations géographique vectorielle du MDDELCC et du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (2016¹⁹⁵) et données du recensement national de 2016¹⁴.

RÉFÉRENCES

- 1 MASSICOTTE, P. et J.-J. FRENETTE. 2013. A mechanistic-based framework to understand how dissolved organic carbon is processed in a large fluvial lake. *Limnology and Oceanography : Fluids and Environments*, 3, p. 139-155.
- 2 SIMONEAU, M. 2016. Qualité de l'eau du lac Saint-Pierre et de ses tributaires : évolution 1979-2014 et portrait 2012-2014. Présentation. Réunion de la Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre. 12 avril 2016, Baie-du-Febvre.
- 3 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP). 2013. Le lac Saint-Pierre : un joyau à restaurer. MDDEFP. 34 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/doc-synthese.pdf>
- 4 CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2015. Bassins hydrographiques multiéchelles du Québec. Version 1.0. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Dernière mise à jour en janvier 2015. Couche d'informations géographique vectorielle.
- 5 FRENETTE, J.-J., M. T. ARTS et J. MORIN. 2003. Spectral gradient of downwelling light in a fluvial lake (Lake Saint-Pierre, St. Lawrence River). *Aquatic Ecology*, 37, p. 77-85.
- 6 FRENETTE, J.-J., M. T. ARTS, J. MORIN, D. GRATTON et C. MARTIN. 2006. Hydrodynamic control of the underwater light climate in fluvial Lac Saint-Pierre. *Limnology and Oceanography*, 51, p. 2632-2645.
- 7 MINGELBIER, M., P. BRODEUR et J. MORIN. 2005. Recommandations concernant les poissons et leurs habitats dans le Saint-Laurent fluvial et évaluation des critères de régularisation du Système lac Ontario–Saint-Laurent. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune. 141 p. Disponible en ligne. URL : ftp://ftp.mrnf.gouv.qc.ca/Public/Defh/Sfa/PDF_OGSL/Mingelbier%20et%20al.%202005%20CMI-IJC.pdf
- 8 FRENETTE, M., C. BARBEAU et J.-L. VERRETTE. 1989. Aspects quantitatifs, dynamiques et qualitatifs des sédiments du Saint-Laurent. Hydrotech Inc. Experts-conseils, pour Environnement Canada et Gouvernement du Québec, Projet de mise en valeur du Saint-Laurent, Québec. 185 p.
- 9 HUDON, C. et R. CARIGNAN. 2008. Cumulative impacts of hydrology and human activities on water quality in the St. Lawrence River (Lake Saint-Pierre, Quebec, Canada). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, p. 1165-1180.
- 10 ORGANISME DES BASSINS VERSANTS DE LA CAPITALE (OBV de la Capitale). 2015. Marnage. OBV de la Capitale. URL : <http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-3-problematiques-associees-a-la-quantite-et-a-la-securite/3-3-marnage>.
- 11 CHOQUETTE, C., E. GUILHERMONT et M.-P. GOYETTE NOËL. 2011. La gestion du niveau d'eau des barrages-réservoirs au Québec : aspects juridiques et environnementaux. *Les Cahiers de droit*, 51(3-4), p.827-857.
- 12 COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE (CMI). 2014. Plan 2014 : Régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent, Protection contre les niveaux extrêmes, restauration des milieux humides et préparation aux changements climatiques. CMI. 54 p. Disponible en ligne. URL : http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ijc/E95-2-18-2014-fra.pdf
- 13 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2018. Stations d'épuration - Émissaire. Système de suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (SOMAEU) du MELCC et Système d'aide à la gestion des opérations (SAGO) du MELCC. Couche d'informations géographiques extraite le 8 mars 2018 du navigateur cartographique ministériel.
- 14 STATISTIQUE CANADA. s. d. Provinces, divisions de recensement, municipalités. Base de données du recensement de 2016, version mise à jour le 21 juillet 2017. URL : <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp->

- pd/prof/search-recherche/Lst/results-resultats.cfm?Lang=F&TABID=1&G=1&Geo1=&Code1=&Geo2=&Code2=&GEOCODE=24#
- 15 SIMONEAU, M. 2017. Qualité de l'eau des tributaires du lac Saint-Pierre : évolution temporelle 1979-2014 et portrait récent 2012-2014. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement. 54 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/qualite-eau-tributaires.pdf>
 - 16 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2014. Utilisation du territoire : Méthodologie et description de la couche d'information géographique. Version 1.0. Gouvernement du Québec. Couche d'informations géographique matricielle obtenue via l'entente ACRIgéo.
 - 17 ALLIANCE POUR UNE GESTION INTÉGRÉE ET RESPONSABLE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE DU DIABLE. s. d. Plan directeur de l'eau. Disponible en ligne. URL : http://www.agirpouurladiable.org/portail/liens/Localisation_et_description_bv.pdf
 - 18 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2012. Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008. Québec. MDDEP, Direction du suivi de l'état de l'environnement. 97 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/Portrait_Quebec1999-2008.pdf
 - 19 Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques, projet de loi n° 132, 2017, c. 14 (RLRQ, c. Q-2, art. 22).
 - 20 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). s. d. Projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole – Rivière la Chaloupe. URL: http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/la_chaloupe.pdf
 - 21 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). s. d. Projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu agricole- Rivière Chicot. MELCC. URL: http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/fiches/chicot.pdf
 - 22 ORGANISME DE BASSIN VERSANT DE LA ZONE BAYONNE. 2011. Portrait du bassin versant de la rivière Bayonne. Plan directeur de l'eau du bassin versant de la rivière Bayonne, Saint-Cléophas-de-Brandon. 160 p.
 - 23 ASSOCIATION DE LA GESTION INTÉGRÉE DE LA RIVIÈRE MASKINONGÉ (AGIR Maskinongé). 2017. Plan directeur de l'eau. AGIR Maskinongé. URL : <http://www.agirmaskinonge.com/plan-directeur-de-leau>
 - 24 ORGANISME DES BASSINS VERSANTS DES RIVIÈRES DU LOUP ET DES YAMACHICHE (OBVRLY). 2016. Caractérisation terrain des principaux cours d'eau de l'OBVRLY, 2012 à 2014. Rapport final, Yamachiche, 134 p. Disponible en ligne. URL : https://docs.wixstatic.com/ugd/0b7df5_249ac601d5c24a8fa476a35ef5d3ee3d.pdf
 - 25 COMITÉ DE CONCERTATION ET DE VALORISATION DE LA RIVIÈRE RICHELIEU (COVABAR). 2014. Plan directeur de l'eau – Version Préliminaire. Portrait et diagnostic du bassin versant de la Rivière Richelieu et de la zone Saint-Laurent. COVABAR, Beloeil. 362 p.
 - 26 CONSEIL DE GOUVERNANCE DE L'EAU DES BASSINS VERSANTS DE LA RIVIÈRE SAINT-FRANÇOIS (COGESAF). 2006. Analyse du bassin versant de la rivière Saint-François : Partie 1 – Portrait. URL : <http://cogesaf.qc.ca/analyse-du-bassin-versant-de-la-riviere-saint-francois/>
 - 27 ORGANISME DE BASSIN VERSANT DE LA YAMASKA (OBV Yamaska). 2014. Plan directeur de l'eau, 2e version. Organisme de bassin versant de la Yamaska, 409 p. Disponible en ligne. URL : <https://drive.google.com/file/d/0B6llpmejajxjCWFFBYUo3MnBZVTQ/view>
 - 28 ORGANISME DE CONCERTATION POUR L'EAU DES BASSINS VERSANTS DE LA RIVIÈRE NICOLET (COPERNIC). 2015.

-
- Plan directeur de l'eau (PDE) de la zone Nicolet - Section Portrait. URL : http://www.copernicinfo.qc.ca/COPERNIC_Portrait_Final.pdf
- 29 Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, RLRQ, c. Q-2, r. 35.
- 30 MINISTÈRES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2015. Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables. MDDELCC, Direction des politiques de l'eau. 131p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/EAU/rives/guide-interpretationPPRLPI.pdf>
- 31 LALIBERTÉ, D. 2011. Teneurs en polybromodiphényléthers (PBDE) dans les poissons du fleuve Saint-Laurent et des lacs et rivières du Québec (2002-2008). Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. 48 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/toxique/pbde2002-2008/rapport.pdf
- 32 MINGELBIER, M. et collab. 2008. Les communautés de poissons d'eau douce du Saint-Laurent (suivi de l'état du Saint-Laurent). Plan Saint-Laurent pour un développement durable. 8 p. Disponible en ligne. URL : http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/site_documents/documents/PDFs_accessible/commu_poissons_2008_f_FIN AL_v1.0.pdf
- 33 GROUPE DE TRAVAIL SUIVI DE L'ÉTAT DU SAINT LAURENT. 2014. Portrait global de l'état du Saint Laurent 2014. Plan Saint Laurent. Environnement Canada, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Parcs Canada, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint Laurent. 53 p. Disponible en ligne. URL : http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/portrait/Portrait_global_2014_300_FR.pdf
- 34 HÉBERT, S. 1996. Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec. Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques. 20 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/indice/IQBP.pdf
- 35 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). s. d. La qualité de l'eau et les usages récréatifs. MELCC. URL : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/recreative/index.htm>
- 36 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2019. Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA). MELCC, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement.
- 37 LAVOIE, I., S. CAMPEAU, M. GRENIER et P. DILLON. 2006. A diatom-based index for the biological assessment of Eastern Canadian rivers: an application of correspondence analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63, p. 1793-1811.
- 38 CAMPEAU, S., I. LAVOIE et M. GRENIER. 2013. Le suivi de la qualité de l'eau des rivières à l'aide de l'indice IDEC. Guide d'utilisation de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (version 3). Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières. 25 p. Disponible en ligne. URL : https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/GSC1902/F1076843089_Guide_IDEC_2013.pdf
- 39 SAVAGE, C., A. ARMELLIN et M. JEAN. 2013. Les communautés de macroinvertébrés benthiques : un indicateur de la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques appliqué au fleuve Saint-Laurent. 2e édition. Fiche du Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent. 10 p. Disponible en ligne. URL : http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ec/En84-81-1-2013-fra.pdf
- 40 ARMELLIN, A. 2010. Les communautés de macroinvertébrés benthiques : un indicateur de la qualité de l'eau au lac Saint-Pierre. Fiche du Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent. 8 p. Disponible en ligne. URL : http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ec/En84-81-2010-fra.pdf
- 41 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). s. d.

- Benthos – Des macroinvertébrés benthiques comme indicateurs de la santé des cours d'eau. MELCC. URL : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/benthos/index.htm
- 42 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. 2e édition. Québec. MDDEFP, Direction du suivi de l'état de l'environnement), 90 p.
- 43 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP). 2012. Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole – Cours d'eau peu profonds à substrat meuble. MDDEFP, Direction de suivi de l'état de l'environnement. 62 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/indice-integrite/rapport-substrat-meuble.pdf
- 44 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2018. Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA). MELCC, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement.
- 45 CAMPEAU, S. 2017. Indice diatomées de l'Est du Canada (IDEC). Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières. Couche d'informations géographique vectorielle transmise en janvier 2017. URL : www.uqtr.ca/IDEC
- 46 HIRSCH, R. M., D. L. MOYER et S. A. ARCHFIELD. 2010. Weighted regressions on time, discharge, and season (WRTDS), with an application to Chesapeake Bay river inputs. *Journal of the American Water Resources Association*, 46, p. 857-880.
- 47 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017. Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA). Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement.
- 48 PATOINE, M. 2017. Charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension à l'embouchure des rivières du Québec – 2009 à 2012. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement. 39 p.
- 49 HÉBERT, S. et D. BLAIS. 2017. Territoire et qualité de l'eau : développement de modèles prédictifs. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement et Direction de l'expertise en biodiversité. 30p.
- 50 GIROUX, I. 2015. Présence de pesticides dans l'eau au Québec : portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya – 2011 à 2014. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 47 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/maïs_soya/portrait2011-2014/rapport2011-2014.pdf
- 51 GIROUX, I. 2018. État de situation sur la présence de pesticides au lac Saint-Pierre. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques. 36 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/etat-presence-pesticides.pdf>
- 52 RONCO, A.E., D.J. G. MARINO, M. ABELANDO, P. ALMADA et C.D. APARTIN. 2016. Water quality of the main tributaries of the Parana basin: glyphosate and AMPA in surface water and bottom sediments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, p. 58-471.
- 53 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2019. Municipalités du Québec qui réglementent l'usage des pesticides. MELCC. Disponible en ligne. URL :

-
- <http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/Liste-municipalites.pdf>
- 54 MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC (MAPAQ). 2018. Protection des cultures. MAPAQ. URL : <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Protectiondescultures/Pages/Protectiondescultures.aspx>
- 55 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2018. Règlement modifiant le Code de gestion des pesticides, Règlement modifiant le Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides : Agir ensemble pour protéger la santé, les pollinisateurs et l'environnement – Les faits saillants. MELCC. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/permis/modif-reglements2017/index.htm>
- 56 DUCHEMIN, M. et S. HÉBERT. 2014. Les métaux dans les rivières du sud-ouest du Québec (2008-2011). Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement. 24 p. Disponible en ligne. URL: <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/metaux-rivieres.pdf>
- 57 CARON, S., M. LUCOTTE et R. TEISSERENC. 2008. Mercury transfer from watersheds to aquatic environments following the erosion of agrarian soils: a molecular biomarker approach. *Canadian Journal of Soil Science*, 88, p. 801-811.
- 58 CARON, S. et M. LUCOTTE. 2008. Regional and seasonal inputs of mercury into Lake St. Pierre (St. Lawrence River), a major commercial and sports fisheries. *Water, Air, and Soil Pollution*, 195, p. 85-97.
- 59 PELLETIER, M. 2008. Évolution spatiale et temporelle de la dynamique et de la géochimie des sédiments du lac Saint-Pierre. Environnement Canada – Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec. Rapport scientifique et technique ST-240, 94 p.
- 60 ENVIRONNEMENT CANADA et MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. 2007. Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration. Plan d'action Saint-Laurent. 41 p. Disponible en ligne. URL: http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/diverses/Qualite_criteres_sediments_f.pdf
- 61 SAULNIER I. et C. GAGNON. 2006. Background Levels of Metals in St. Lawrence River Sediments: Implications for Sediment Quality Criteria and Environmental Management. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2, p.126-141.
- 62 SAINT-LAURENT, D., M. HÄHNI et S. A. BARRETT. 2010. Analyse des sédiments contaminés de la portion sud-ouest du lac Saint-Pierre (Québec, Canada). *Revue des sciences de l'eau*, 23, p.119-131.
- 63 PELLETIER, M. et M. RONDEAU. 2013. Les polybromodiphényléthers (PBDE) dans les matières en suspension et les sédiments du fleuve Saint-Laurent. Suivi de l'état du Saint-Laurent. 12 p. Disponible en ligne. URL : http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/site_documents/documents/SESL/PBDE_f.pdf
- 64 BERRYMAN, D. et collab. 2009. Les polybromodiphényléthers (PBDE) dans quelques cours d'eau du Québec méridional et dans l'eau de consommation produite à deux stations de traitement d'eau potable. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. 28 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/toxique/Rapport_PBDE.pdf
- 65 GIROUX, I., S. HÉBERT et D. BERRYMAN. 2016. Qualité de l'eau du Saint-Laurent de 2000 à 2014 : paramètres classiques, pesticides et contaminants émergents. *Le Naturaliste Canadien*, 140, p.26-34.
- 66 BERRYMAN, D., M. RONDEAU et V. TRUDEAU. 2014. Concentration de médicaments, d'hormones et de quelques autres contaminants d'intérêt émergent dans le Saint-Laurent et dans trois de ses tributaires. Plan d'action Saint-Laurent. Environnement Canada et ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Québec. 14 p. Disponible en ligne. URL :

-
- http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/Resultats_2011-2016/Qualite_eau/10_1_2/Fiche_qualite_de_l_eau_fr_2015.pdf
- 67 PELLETIER, M., M. DESROSIERS, S. LEPAGE et Y. DE LAFONTAINE. 2014. Les butylétains dans les sédiments du fleuve Saint-Laurent. Fiche du suivi de l'état du Saint-Laurent. 7 p. Disponible en ligne. URL : http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/ec/En14-111-2013-fra.pdf
- 68 STATISTIQUE CANADA. s. d. Population et structure par âge et sexe – Régions administratives : Population totale, 1986-2017. URL : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/structure/index.html>
- 69 DONNÉES QUÉBEC. 2016. Système de référence linéaire- Transport Québec. URL : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/systeme-de-reference-lineaire-transports-quebec/resource/aca68531-930a-49bf-b28d-c688b388c761>
- 70 DONNÉES QUÉBEC. 2016. Réseau ferroviaire du Québec. URL : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/reseau-ferroviaire/resource/bdf44b86-acdb-4e81-b4aa-0b0232e0a47f>
- 71 RIVARD, G. 2011. Guide de gestion des eaux pluviales : Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain. Gouvernement du Québec. 386 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide-gestion-eaux-pluviales.pdf>
- 72 ENVIRONNEMENT CANADA (EC) et SANTÉ CANADA (SC). 2001. Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation – Sels de voirie. EC et SC. 188 p. Disponible en ligne. URL : https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl2-lsp2/road_salt_sels_voirie/road_salt_sels_voirie-fra.pdf
- 73 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2003. Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige et mise en œuvre du Règlement sur les lieux d'élimination de neige. Québec. MDDEP. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/neiges_usees/guide.htm
- 74 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). s. d. Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige et mise en œuvre du Règlement sur les lieux d'élimination de neige. MELCC. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/neiges_usees/gestion_partie1chap5-6.htm#gestion-environnementale
- 75 SYSTÈME D'AIDE À LA GESTION DES OPÉRATIONS DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. Mise à jour en continu. Consulté en avril 2018.
- 76 SYSTÈME D'INFORMATION ET DE GESTION EN AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE DU MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE. Mise à jour en novembre 2015. Consulté en avril 2018.
- 77 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017. Localisation des émissaires municipaux. Banque de données sur la localisation des émissaires municipaux du MDDELCC et Système d'aide à la gestion des opérations du MDDELCC. Couche d'informations géographique extraite le 20 mars 2017 du navigateur cartographique ministériel.
- 78 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). s. d. Suivi des ouvrages individuels de traitement des eaux usées SOITEAU. MELCC. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/SOITEAU/index.htm>
- 79 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2018. Description des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (DOMAEU) – Guide de rédaction. MDDELCC, Direction générale des politiques de l'eau, Direction des eaux usées. 80 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/domaeu->

-
- guide-redaction.pdf
- 80 Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées, RLRQ, c. Q-2, r. 34.1.
- 81 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2014. Données transmises par le MDDELCC concernant les charges annuelles de phosphore aux émissaires des stations d'épuration des eaux usées. MDDELCC, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, Direction de l'information sur les milieux aquatiques.
- 82 MARCOGLIESE, D.J. et collab. 2014. Effets of a major municipal effluent on the St. Lawrence River: A case study. *Ambio*, 44(4), p. 257-274.
- 83 HUDON, C. et R. CARIGNAN. 2008. Le fleuve Saint-Laurent, témoin de la situation environnementale du Québec. Colloque en agroenvironnement. Le respect de l'environnement : tout simplement essentiel! 27 novembre 2008. Drummondville.
- 84 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2014. Guide d'interprétation du règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées. MDDELCC, Direction générale des politiques de l'eau. 63 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/guide-interpretation.pdf>
- 85 MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE (MAMOT). 2014. Ouvrages de surverses et stations d'épuration – Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2013. MAMOT, Direction des infrastructures. 229 p.
- 86 VILLE DE SHERBROOKE. 2003. Guide des pratiques préventives : Comment prévenir les inondations dans le sous-sol de ma résidence. 66 p. Disponible en ligne. URL : https://www.ville.sherbrooke.qc.ca/fileadmin/fichiers/environnementsherbrooke.ca/Gouttieres/guide_inondation.pdf
- 87 GARANT, D. 2009. La problématique des surverses dans l'agglomération montréalaise; les aménagements alternatifs et complémentaires aux bassins de rétention. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.), Université de Sherbrooke, Maîtrise en environnement. 81 p.
- 88 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2014. État de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec : L'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques, La qualité de l'eau – Que fait-on pour y remédier? URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique-qualite-eau-remedier.htm>
- 89 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017. Système SOMAEU – Module 1.1 Inscription 2017. MDDELCC. 47 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/somaeu/Module11.pdf>
- 90 MCFADDEN, N. 2006. Guide d'élaboration d'un plan d'action pour l'élimination des raccordements inversés dans les réseaux de collecte d'eaux usées municipales. Ministère des Affaires municipales et des Régions, Direction des infrastructures. 19p. Disponible en ligne. URL : https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/infrastructures/plan_intervention_renouvellement/guide_plan_action_raccordements_inverses.pdf
- 91 LAVOIE, A. 2006. Guide méthodologique pour la recherche et l'élimination des raccordements inversés dans les réseaux de collecte d'eaux usées municipales. Québec, ministère des Affaires municipales et des Régions, Direction des infrastructures. 43p.
- 92 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2015. Position ministérielle sur la réduction du phosphore dans les rejets d'eaux usées d'origine domestique. Dernière mise à jour le 16 juillet 2015. MDDELCC. URL :

-
- <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/reduc-phosphore/index.htm>
- 93 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2016. Répertoire de tous les réseaux municipaux de distribution d'eau potable. Dernière mise à jour le 18 mars 2016. MDDELCC. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/index.asp>
- 94 BARBEAU, B., A. CARRIÈRE, M. PRÉVOST, A. ZAMYADI et P. CHEVALIER. 2008. Changements climatiques au Québec méridional, Analyse de la vulnérabilité des installations québécoises de production d'eau potable aux cyanobactéries toxiques : résumé. Institut national de santé publique du Québec. 15p. Disponible en ligne. URL : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/867_res_eaucyanobac_web.pdf
- 95 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2016. Guide sur les principes d'atténuation et de compensation des activités agricoles relativement aux installations de prélèvement d'eau. MDDELCC. 42 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/guide_compensation.pdf
- 96 Code de gestion des pesticides, R.L.R.Q. c. P-9.3, r.1.
- 97 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017. Système d'aide à la gestion des opérations (SAGO) du MDDELCC. Couche d'informations géographique extraite le 17 avril 2017 du navigateur cartographique ministériel.
- 98 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2016. Sites et effluents industriels. Bilans de conformité environnementale, attestations d'assainissement pour les secteurs industriels assujettis au programme de réduction des rejets industriels. Couche d'informations géographique extraite en août 2016 du navigateur cartographique ministériel.
- 99 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). s. d. Le Programme de réduction des rejets industriels et l'attestation d'assainissement. MDDELCC. URL : <http://mdelcc.gouv.qc.ca/programmes/prri/index.htm>
- 100 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2012. Données du Programme de réduction des rejets industriels (PRRI). MDDELCC, Direction des eaux usées.
- 101 GOUVERNEMENT DU CANADA. 2017. Foire aux questions : l'Inventaire national des rejets de polluants. Canada. URL : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/inventaire-national-rejets-polluants/foire-questions.html#ws7786DB31>
- 102 ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (ECCC). 2017. Données déclarées par les installations à l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) pour 2016.
- 103 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV). 1999. 25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec : un bilan. Québec, Les Publications du Québec. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/industrielles/index.htm>
- 104 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2010. Évaluation des rejets d'eaux usées des usines de pâtes et papiers du Québec en fonction du milieu récepteur. Québec. MDDEP, Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés. 111 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/prri/eval-rejet-eauxusees-usinepp.pdf>
- 105 ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA. 2017. Données déclarées par les installations à l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP) pour 2014.
- 106 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2016. Bilan des plans de réduction des pesticides sur les terrains de golf au Québec

-
- pendant la période 2012-2014. MDDELCC. 36 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/permis/code-gestion/guide-golf/Bilan2012-2014.pdf>
- 107 RUIZ, J. et G. DOMON. 2005. Les paysages de l'agriculture en mutation. Presses de l'Université de Montréal, série « Paysages », Montréal, p. 47-97. Disponible en ligne. URL : http://www.caaaq.gouv.qc.ca/userfiles/File/Ruiz_Domon1.pdf
- 108 DAUPHIN, D. et B. JOBIN. 2016. Changements de l'occupation du sol dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre entre les années 1950 et 1997. *Le Naturaliste Canadien*, 140, p. 42-52.
- 109 FORTIER, J. 2014. La santé agroriveraine : Théorie, concepts et indicateurs potentiels. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale. 65 p. Disponible en ligne. URL : http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/aac-aafc/A59-14-2014-fra.pdf
- 110 LATENDRESSE, C., B. JOBIN, C. MAISONNEUVE, A. SEBBANE et M. GRENIER. 2008. Changements de l'occupation du sol dans le Québec méridional entre 1993 et 2001. *Le Naturaliste Canadien*, 132. P. 14-23.
- 111 RICHARD, G., D. CÔTÉ, M. MINGELBIER, B. JOBIN, J. MORIN et P. BRODEUR. 2011. Utilisation du sol dans la plaine inondable du lac Saint-Pierre (fleuve Saint-Laurent) durant les périodes 1950, 1964 et 1997 : interprétation de photos aériennes, numérisation et préparation d'une base de données géoréférencées, Rapport technique préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune et Environnement Canada, Québec. 46 p.
- 112 GROUPE AGÉCO. 2014. Structures des exploitations agricoles au Québec : Évolution, diversité et comparaison avec certains concurrents. Rapport synthèse. 45p.
- 113 MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC. 2013. Données extraites à partir des fiches d'enregistrements des exploitations agricoles du Québec.
- 114 CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC INC (CPVQ). 2000. Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Module 4 – Fertilisation, 4-B-1 à 4-B-16. 16 p. Disponible en ligne. URL : <https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Feuillet4B.pdf>
- 115 TREMBLAY, G. 2002. Le soya peut-il se passer d'engrais chimique? Centre de recherche sur les grains inc., bulletin technique No 3.03. 4 p. Disponible en ligne. URL : <https://cerom.qc.ca/assets/contenu/docs/bulletins/B303.pdf>
- 116 NOLET, J., M. HERNANDEZ, R. SANCHEZ, L.-S. JACQUES et C. SAUVÉ. 2007. Évaluation des impacts de la réglementation concernant la pratique du stockage de fumier au champ dans le secteur agricole – Rapport final. 70p. Disponible en ligne. URL : http://www.caaaq.gouv.qc.ca/userfiles/File/DOC%20REFERENCE/Evaluation_impacts_reglementation_stockage_fumier.pdf
- 117 FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC (FFQ) et UNION DES PRODUCTEURS AGRICOLES (UPA). 2011. Manuel d'accompagnement pour la mise en valeur de la biodiversité des cours d'eau en milieu agricole. FFQ et UPA. 122 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.coursdeauagricoles.com/pdf-chapitre/manuel-biodiversite-agricole.pdf>
- 118 CANTIN, P.-M. s. d. La production des céréales, savoir contrôler. La COOP fédérée. Présentation.
- 119 MAROIS-MAINGUY, O. 2014. Préparation du sol : le coût des systèmes. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Montérégie Ouest. Comparaison des systèmes de travail du sol et semis. 4 p. Disponible en ligne. URL : https://www.agrireseau.net/documents/Document_88909.pdf
- 120 TRUDEAU, V., M. RONDEAU et A. SIMARD. 2010. Pesticides aux embouchures de tributaires du lac Saint-Pierre (2003-2008). Montréal, Environnement Canada, Direction des sciences de la technologie de l'eau, Section Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec. 62 p. Disponible en ligne. URL : http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/ec/En84-82-2010-fra.pdf
- 121 JEAN, C. et J. BOISCLAIR. 2001. Ravageurs et maladies du maïs sucré : manuel de l'observateur. Institut de

-
- recherche et développement en agroenvironnement, Sainte-Foy, Québec. 95 p. Disponible en ligne. URL : https://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/jean-boisclair-2001_guide_ravageurs_maladies_mais-sucre.pdf
- 122 MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES DE L'ONTARIO. 2016. Déprédateurs des grandes cultures : ravageurs du soya. URL : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub811/13soybean.htm>
- 123 RIOUX, S. 2013. Évaluation de fongicides dans les cultures de céréale à paille en stations expérimentales, CERO-1-LUT-11-1531. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 7 p. Disponible en ligne. URL : https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Recherche_Innovation/Grandescultures/1531.pdf
- 124 SAVOIE, V. 2009. Le drainage de surface – Formation pour OAQ. 37p.
- 125 TRUDELLE, M. 2002. Le contenu du PAEF et du PAEV de l'entreprise agricole : pertinence et difficultés rencontrées. Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec. 4 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/prod-porcine/documents/FULI6.pdf>
- 126 MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC (MAPAQ). s. d. L'accompagnement agroenvironnemental : Des Solutions à votre portée. Dépliant informatif. MAPAQ. 2p.
- 127 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV). 2003. Synthèse des informations environnementales disponibles en matière agricole au Québec. MENV, Direction des politiques du secteur agricole. Envirodoq ENV/2003/0025. 143 p. Disponible en ligne. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/synthese-info-enviro-agricole.pdf
- 128 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES et MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS. 2015. Bilan des travaux d'entretien de cours d'eau en milieu agricole réalisés en 2011 et 2012 – Avis portant sur la mise en place de la Procédure d'entretien de cours d'eau en milieu agricole. 95 p. Disponible en ligne. URL : https://mffp.gouv.qc.ca/ministere/acces/documents/201701-22_DO.pdf
- 129 BIRON, P. et collab. 2013. Espace de liberté : un cadre de gestion intégrée pour la conservation des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques. Ouranos. 140p.
- 130 MARCOUX-VIEL, P. 2015. Espace de liberté des cours d'eau : s'inspirer des meilleures pratiques pour définir un cadre de gestion québécois. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.), Université de Sherbrooke, Maîtrise en environnement. 78 p.
- 131 BEAULIEU, R. 2001. Historique des travaux de drainage au Québec et état du réseau hydrographique – Colloque régional sur les cours d'eau. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Montérégie, secteur Ouest, 12 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/prod-porcine/documents/Bio115.pdf>
- 132 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC) et MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2016. Procédure relative à l'entretien de cours d'eau en milieu agricole. Direction générale des politiques de l'eau pôle d'expertise des secteurs hydriques et naturel du MDDELCC et direction générale adjointes des politiques, des programmes et des partenariats du MFFP. 17p. Disponible en ligne. URL : <https://agrcq.ca/wp-content/uploads/2012/04/ProcEDURE-entretien-des-cours-deau-en-milieu-agricole-24-f%C3%A9vrier-2016.pdf>
- 133 MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES DE L'ONTARIO. 2015. L'érosion du sol – Causes et effets. OMAFRA. URL : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/12-054.htm>
- 134 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). s. d. Le

-
- réseau de surveillance volontaire des lacs. MELCC. URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm#surveiller>
- 135 GOYETTE, J.-O., E. M. BENNETT, R. W. HOWARTH et R. MARANGER. 2016. Changes in anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to the St. Lawrence sub-basin over 110 years and impacts on riverine export. *Global Biogeochemical Cycles*, 30(7), p. 1000-1014.
- 136 GASSER, M.-O. et collab. 2010. Impacts agroenvironnementaux associés à la culture et au prélèvement de biomasses végétales agricoles pour la production de bioproduits industriels. Rapport final. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement. Québec. 200 p.
- 137 DALTON, R.L. et C. BOUTIN. 2010. Evaluation of phytotoxicity testing: Comparing the effects of herbicides on non-target plants grown singly and in microcosms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(10), p. 2304-2315.
- 138 TALBOT, A. 2006. Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le fleuve Saint-Laurent – Synthèse environnementale. Environnement Canada, Montréal. 215 p. Disponible en ligne. URL : http://publications.gc.ca/collections/collection_2010/ec/En154-43-2006-fra.pdf
- 139 PEREZ G.L. et collab. 2007. Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecological Applications*, 17, p. 2310-2322.
- 140 WANG, S. et collab. 2016. (Bio) degradation of glyphosate in water-sediment microcosms – A stable isotope co-labeling approach. *Water Research*, 99, p. 91-100.
- 141 VIS, C., A. CATTANEO et C. HUDON. 2008. Shift from chlorophytes to cyanobacteria in benthic macroalgae along a gradient of nitrate depletion. *Journal of Phycology*, 44, p. 38-44.
- 142 HUDON, C., A. CATTANEO et P. GAGNON. 2009. Epiphytic cyanobacterium *Gloeotrichia pismus* as an indicator of nitrogen depletion. *Aquatic Microbial Ecology*, 57, p. 191-202.
- 143 HUDON, C., M. DE SÈVE et A. CATTANEO. 2014. Increasing occurrence of the benthic filamentous cyanobacterium *Lyngbya wollei*: a symptom of freshwater ecosystem degradation. *Freshwater Science*, 33, p. 606-618.
- 144 HUDON, C. et collab. 2012. Oligotrophication from wetland epuration alters the riverine trophic network and carrying capacity for fish. *Aquatic Sciences*, 74(3), p. 495-511.
- 145 MASSICOTTE, P., A. BERTELO, P. BRODEUR, C. HUDON, M. MINGELBIER et P. MAGNAN. 2015. Influence of the aquatic vegetation landscape on larval fish abundance. *Journal of Great Lakes Research*, 41, p. 873-880.
- 146 DE LA CHENELIÈRE, P. BRODEUR et M. MINGELBIER. 2014. Restauration des habitats du lac Saint-Pierre : un prérequis au rétablissement de la perchaude. *Le Naturaliste canadien*, 138(2), p. 50-61.
- 147 HUDON, C. M. JEAN et G. LÉTOURNEAU. 2018. Temporal (1970-2016) changes in human pressures and wetland response in the St. Lawrence River (Québec, Canada). *Science of the Total Environment*, 643, p.1137-1151.
- 148 HUDON, C. et collab. 2017. Hydrological and biological processes modulate carbon, nitrogen and phosphorus flux from the St. Lawrence River to its estuary (Québec, Canada). *Biogeochemistry*, 135, p. 251-276.
- 149 PEREZ, G.L., M.S. VERA et L. MIRANDA. 2011. Effects of herbicide glyphosate and glyphosate-based formulations on aquatic ecosystems, Herbicides and Environment. *InTech*, 16, p. 343-368.
- 150 FÉDÉRATION QUÉBÉCOISE DE LA FAUNE et INFO SÉCURE. s. d. Impact des véhicules récréatifs motorisés sur la faune et les habitats aquatiques et riverains. Dépliant informatif. URL : <http://www.fedecp.com/media/1160/impact-des-vehicules-motorises-sur-la-faune.pdf>
- 151 PINAY, G. et collab. 2017. L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS. Ifremer, Institut national de la recherche agronomique, Irstea, France. 144 p. Disponible en ligne. URL: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00408/51903/52526.pdf>
- 152 HUDON, C. 2004. Managing St. Lawrence River discharge in times of climatic uncertainty: how water quantity

- affects wildlife, recreation and the economy. Transactions of the 69th North American Wildlife and Natural Resources Conference, p. 165-181.
- 153 MOORE, A., N. LOWER, I. MAYER et L. GREENWOOD. 2007. The impact of a pesticide on migratory activity and olfactory function in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture*, 273(2-3), p. 350-359.
- 154 TIERNEY, K.B., J.L. SAMPSON, P.S. ROSS, M.A. SEKELA et C.J. KENNEDY. 2008. Salmon olfaction is impaired by an environmentally realistic pesticide mixture. *Environmental Science & Technology*, 42(13), p. 4996-5001.
- 155 TILLIT, D.E., D.M. PAPOULIAS, J.J. WHYTE et C.A. RICHTER. 2010. Atrazine reduces reproduction in fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Aquatic Toxicology*, 99(2), p. 149-159.
- 156 HAYES, T. K. HASTON, M. TSUI, A. HOANG, C. HAEFFELE et A. VONK. 2003. Atrazine-induced hermaphroditism at 0.1 ppb in American leopard frogs (*Rana pipiens*): laboratory and field evidence. *Environmental Health Perspectives*, 111(4), p. 568-575.
- 157 SMEDBOL, E. 2013. Toxicité d'un herbicide à base de glyphosate sur des cellules et des communautés d'algues et de cyanobactéries. Mémoire de maîtrise présenté à l'Université de Montréal. Québec, Canada. Maîtrise en biologie. 100 p.
- 158 CHRÉTIEN, F., I. GIROUX, G. THÉRIAULT, P. GAGNON et J. CORRIVEAU. 2017. Surface runoff and subsurface tile drain losses of neonicotinoides and companion herbicides at edge-of-field. *Environmental Pollution*, 224, p. 255-264.
- 159 MAIN, A.R., N.L. MICHEL, M.C. CAVALLARO, J.V. HEADLEY, K.M. PERU et C.A. MORISSEY. 2016. Snowmelt transport of neonicotinoid insecticides to Canadian Prairie wetlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 215, p. 76-84.
- 160 VAN DER SLUIJS et collab. 2015. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, p. 148-154.
- 161 VAN DIJK, T.C., M.A. VAN STAALDUINEN et J.P. VAN DER SLUIJS. 2013. Macro-invertebrate decline in surface water polluted with Imidacloprid. *PLoS One*, 8(5), p. 1-10.
- 162 ROESSINK, I., L.B. MERGA, H.L. ZWEERS et P.J. VAN DER BRINK. 2013. The neonicotinoid imidacloprid shows high chronic toxicity to mayfly nymphs. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32, p. 1096-1100.
- 163 GIBBONS, D., C. MORRISSEY, et P. MINEAU. 2015. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, p. 103-118.
- 164 PAQUET-WALSH, A. et collab. 2016. Effets des néonicotinoïdes et du rayonnement ultraviolet sur la survie de la perchaude. Affiche présentée au 20e colloque annuel du Chapitre Saint-Laurent, 2 et 3 juin, Québec.
- 165 MAGNAN, P. et collab. 2017. État du stock de perchaudes du lac Saint-Pierre en 2016. Comité scientifique sur la gestion de la perchaude du lac Saint-Pierre. Chaire de recherche du Canada en écologie des eaux douces. Université du Québec à Trois-Rivières et ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. 34 p.
- 166 MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2017. Pêche à la perchaude au lac Saint-Pierre – Reconduction du moratoire jusqu'en 2022. Communiqué de presse. Disponible en ligne. URL : <https://mffp.gouv.qc.ca/peche-perchaude-lac-saint-pierre-moratoire-2022/>
- 167 MINISTÈRE DES TRANSPORT DU QUÉBEC (MTQ). 2013. Guide de gestion des zones vulnérables aux sels de voirie – Une démarche à l'intention des municipalités. MTQ, Direction de l'environnement et de la recherche, Direction des communications du ministère des Transport du Québec. 35 p.
- 168 CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT. 1999. Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique – mercure. Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, Winnipeg. 5 p. Disponible en ligne. URL : <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/fr/153>

-
- 169 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). s. d. Suivi des rivières et petits cours d'eau. MELCC. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/parties1-2.htm
- 170 COMITÉ ZONE D'INTERVENTION PRIORITAIRE DU LAC SAINT-PIERRE (Comité ZIPLSP). 2010. Mémoire sur l'utilisation du territoire. Présenté dans le cadre de la proposition pour la consultation publique sur le plan d'affectation du territoire public de la Mauricie, lac Saint-Pierre. 81 p.
- 171 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). s. d. Critères de qualité de l'eau de surface au Québec. URL : http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp
- 172 BLAIS, S. et M. PATOINE. s. d. Le phosphore en milieu aquatique dans les agrosystèmes. Colloque sur le phosphore. 19 p. Disponible en ligne. URL : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/prod-porcine/documents/BIO98-5.pdf>
- 173 GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2014. État de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec : L'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques, La qualité de l'eau – Quels sont les effets sur vous? URL : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique-qualite-eau-Effets-sur-vs.htm>
- 174 BCDM CONSEIL INC. 2005. Rapport III : La pêche sportive au lac Saint-Pierre en 2003. Pêche sur la glace : évaluation des retombées économiques. Pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de la recherche sur la faune, Québec. 67 p.
- 175 BCDM CONSEIL INC. 2005. Rapport IV : La pêche sportive au lac Saint-Pierre en 2003. Pêche en eau libre : évaluation des retombées économiques. Pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de la recherche sur la faune, Québec. 89 p.
- 176 REGROUPEMENT DES ASSOCIATIONS POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT DES LACS ET DES BASSINS VERSANTS (RAPPEL). s. d. L'eutrophisation (vieillesse) des lacs. RAPPEL. URL : <https://www.rappel.qc.ca/publications/informations-techniques/lac/eutrophisation.html>
- 177 STEFFENSEN, D. A. 2008. Economic cost of cyanobacterial blooms. Dans cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs. *New-York*. p. 855-866.
- 178 INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC. 2012. Dimensions sociales associées à la prolifération des cyanobactéries au Québec : Résultats d'une étude ethnographique auprès des acteurs sociaux de trois lacs québécois. Gouvernement du Québec, 7 p.
- 179 PRETTY, J. N., C. F. MASON, D. B. NEDWELL, R. E. HINE, S. LEAF et R. DILS. 2003. Environmental costs of Freshwater eutrophication in England and Wales. *Environmental Science & Technology*, 37(2), p. 201-208.
- 180 BEAUDIN, I. 2006. Revue de littérature. La mobilité du phosphore. Version finale. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). Québec. 137 p.
- 181 MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC (MAPAQ). 2008. Les algues bleu vert et l'eau de consommation. MAPAQ. URL : <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Guidecyanobacteries.pdf>
- 182 SANTÉ CANADA. 2006. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique. – Les coliformes fécaux Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, Direction générale de la santé environnemental et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada. Ottawa. 35p.
- 183 FOURNIER, E. 2014. Détermination de la valeur ultime du prélèvement d'eau brute en rivière pour une ville du sud-ouest québécois. Mémoire présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.), Université de Sherbrooke, Maîtrise

-
- en environnement. 269 p.
- 184 BOUCHARD, A. et J.-F. CANTIN. 2015. Évolution des niveaux et débits du fleuve Saint-Laurent. Suivi de l'état du Saint-Laurent. Gouvernement du Canada et gouvernement du Québec. 8 p. Disponible en ligne. URL : http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/fiches_indicateurs/Fiche-debits_niveaux_eau_F_final.pdf
- 185 MORTSCH, L. et collab. 2000. Climate change impacts on the hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence system. *Revue canadienne des ressources hydriques*, 25(2), p 153-179.
- 186 DESJARLAIS, C. et collab. 2010. Savoir s'adapter aux changements climatiques. Consortium de recherche sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques, initiative conjointe du gouvernement du Québec, d'Hydro-Québec et du Service météorologique du Canada avec la participation d'OURANOS. Montréal, 128 p.
- 187 CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2015. Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050. CEHQ. 81 p. Disponible en ligne. URL : https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydropmetrie/atlas/atlas_hydroclimatique.pdf
- 188 KLING, G. W. et collab. 2003. Confronting climate change in the Great Lakes region: impacts on our communities and ecosystems. Union of Concerned Scientists. 104 p.
- 189 LEFAIVRE, D. 2005. Effet des changements climatiques sur les niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec : Projections pour les années 2050. Pêches et Océans Canada. Préparé pour le Comité de concertation Navigation – Plan d'action Saint-Laurent, phase 4.
- 190 CARIGNAN, R. 2004. Le lac Saint-Pierre en péril. Québec Science. p .20-27.
- 191 LÉVESQUE, D. 2015. Écologie et implications trophiques de la cyanobactérie *Lyngbya wollei* dans le fleuve Saint-Laurent. Thèse de doctorat présentée à l'Université de Montréal. Québec, Canada. 178 p.
- 192 DE TONI, A., A. TOURON-BODILIS et F. WALLET. 2009. Effet du changement climatique sur les micro-organismes aquatiques pathogènes : quelques exemples. *Environnement, Risques & Santé*, 8(4), p. 311-321.
- 193 MINISTÈRE DE LA SÉCURITÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (MSP). 2012. Incidence des changements climatiques. MSP. URL : <https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/surveillance-du-territoire/erosion-cotiere/incidence-climat.html>
- 194 MAILHOT, A. S. DUCHESNE, G. TALBOT, A.N. ROUSSEAU et D. CHAUMONT. 2008. Changements climatiques au Québec méridional, Approvisionnement en eau potable et santé publique : projections climatiques en matière de précipitations et d'écoulements pour le sud du Québec (résumé). Gouvernement du Québec, Institut national de santé publique du Québec. 16p. Disponible en ligne. URL : <https://www.inspq.qc.ca/publications/866>
- 195 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES et MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE. 2016. Municipalités sans réseau d'égout sanitaire. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Couche d'informations géographique vectorielle acquises le 20 mars 2017 sur le système géomatique de gouvernance de l'eau. Dernière mise à jour effectuée en juillet 2016. Gouvernement du Québec.