Qualité de l'eau des tributaires du lac Saint-Pierre :

Évolution temporelle 1979-2014 et portrait récent 2012-2014

PRÉLIMINAIRE

ENSEMBLE on fait avancer le Québec

Québec

Photo 1 : Embouchures des rivières Saint-François et Yamaska à la hauteur du lac Saint-Pierre (crédit photo : Philippe Brodeur, MFFP)

Coordination et rédaction
Cette publication a été réalisée sous la coordination de la Direction du suivi de l'état de l'environnement du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Renseignements
Pour tout renseignement, vous pouvez remplir le formulaire à cette adresse :
www.mddelcc.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp

Par téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Par télécopieur : 418 656-5974

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

Référence à citer
SIMONEAU, MARC (2017). *Qualité de l'eau des tributaires du lac Saint-Pierre : évolution temporelle 1979-2014 et portrait récent 2012-2014.* Québec, 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, ISBN 978-2-550-76229-4 (PDF), 54 p. + 13 ann. [En ligne]. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/qualite-eau-tributaires.pdf

Dépôt légal – 2017
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-76229-4 (en ligne)
© Gouvernement du Québec, 2017

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Analyse et rédaction	Marc Simoneau[1]
Collaboration	
Préparation des données physicochimiques	Mario Bérubé[1]
Préparation des données hydrométriques	Simon Lachance-Cloutier[2]
Analyse des données	Marc Duchemin[1]
Analyse des données – Progiciel R	François d'Auteuil-Potvin[1]
Collaboration spéciale	
Progiciel EGRET	Laura A. De Cicco[3] Robert M. Hirsch[3] Laura Medalie[4]
Révision scientifique	Daniel Blais[6] Marie-Josée Côté[6] Jean-Thomas Denault[7] Serge Hébert[1] Bert Klein[8]
Analyses de laboratoire	Direction de l'analyse chimique, CEAEQ[5]
Graphisme et cartographie	Mona Frenette[1] France Gauthier[1] Sophie Benoît[6]

1 MDDELCC, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement
2 Centre d'expertise hydrique du Québec
3 National Research Program, U.S. Geological Survey, Reston, États-Unis
4 U.S. Geological Survey, P.O. Box 628, Montpelier, VT 05602, États-Unis
5 Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Laboratoire de Québec, 2700, rue Einstein, bureau E-2-220, Québec (Québec) G1P 3W8, Canada
6 MDDELCC, Direction générale de l'écologie et de la biodiversité
7 MDDELCC, Direction des politiques agroenvironnementales et du milieu hydrique
8 Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Mots clés : lac Saint-Pierre, tributaires, qualité de l'eau, phosphore, nitrates, matières en suspension, MES, concentration, charge, portrait, évolution temporelle, EGRET, Richelieu, Yamaska, Saint-François, Nicolet, La Chaloupe, Bayonne, Chicot, Maskinongé, du Loup, Yamachiche, Petite rivière Yamachiche

RÉSUMÉ

Site exceptionnel reconnu en 1998 comme zone humide d'importance internationale selon la Convention de Ramsar, le lac Saint-Pierre a aussi été désigné en 2000 comme Réserve mondiale de la biosphère par l'UNESCO. Toutefois, l'état de santé de l'écosystème du lac est source de préoccupation depuis plusieurs années en raison des pressions humaines qu'il subit. La qualité de l'eau de ses tributaires et la perte d'habitats de qualité dans sa plaine inondable exercent une profonde influence sur la vie aquatique qui y règne, de même que sur ses possibilités de développement et de mise en valeur.

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques effectue depuis plusieurs années un suivi de la qualité de l'eau du fleuve à trois stations situées en amont du lac Saint-Pierre, à la hauteur de Tracy, ainsi qu'à trois stations situées en aval du lac Saint-Pierre, à la hauteur du pont Laviolette, à Trois-Rivières. Il suit aussi la qualité de l'eau de onze tributaires qui se déversent directement dans le lac Saint-Pierre. Ce sont les rivières La Chaloupe, Bayonne, Chicot, Maskinongé, du Loup, Petite Yamachiche et Yamachiche, sur la rive nord du lac, ainsi que les rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet, sur la rive sud.

Un portrait de l'évolution temporelle de la qualité de l'eau est présenté pour huit tributaires ayant fait l'objet d'un suivi régulier de 1979 à 2014. Un portrait de la situation actuelle de la qualité de l'eau du fleuve et des tributaires du lac Saint-Pierre est aussi brossé à partir des données récentes 2012-2014.

Les résultats obtenus pour les stations du fleuve situées à la hauteur de Tracy indiquent que la qualité générale de l'eau varie de satisfaisante à très mauvaise, alors que les résultats obtenus pour les stations situées à la hauteur de Trois-Rivières montrent une qualité d'eau satisfaisante.

La qualité générale de l'eau mesurée à l'embouchure des tributaires du lac Saint-Pierre varie de satisfaisante à très mauvaise. Au cours des 36 dernières années, une amélioration notable a été observée pour la qualité bactériologique de l'eau et des tendances significatives à la baisse ont été notées pour les concentrations de phosphore, un paramètre clé ciblé par les interventions d'assainissement. En dépit des améliorations constatées, la qualité actuelle de l'eau de plusieurs de ces tributaires laisse encore à désirer, comme le révèlent la fréquence et l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et de certaines valeurs repères enregistrées au cours de la période 2012-2014. Pour les tributaires du lac Saint-Pierre, la fréquence des dépassements du critère de qualité du phosphore (30 µg/L) varie de 24 % à 100 %, selon le tributaire, et l'amplitude moyenne des dépassements varie de deux à six fois la valeur du critère.

Une portion importante du bassin versant de plusieurs des tributaires du lac Saint-Pierre est occupée par les activités agricoles. Ces zones agricoles sont situées dans les basses-terres du Saint-Laurent, près de l'embouchure des rivières. Bien que des efforts aient été déployés pour réduire la pollution diffuse d'origine agricole, il subsiste une pollution résiduelle considérable associée à ces territoires. Cette pollution se manifeste au gré des précipitations qui entraînent le ruissellement de surface et provoquent l'érosion hydrique des terres cultivées. En raison de la superficie de leurs bassins versants, de la proportion importante de leur territoire agricole et de la dominance des cultures annuelles (maïs,

soya, etc.), les rivières Richelieu, Yamaska et Saint-François se démarquent des autres tributaires par les charges importantes d'éléments nutritifs et de sédiments qu'elles déversent dans le littoral sud du lac Saint-Pierre.

L'intégrité écosystémique du lac Saint-Pierre repose à la fois sur des composantes physique, chimique et biologique. Bien que l'analyse des séries chronologiques de données physicochimiques qui fait l'objet de la présente étude révèle que des gains appréciables ont été réalisés, la qualité récente (2012-2014) de l'eau du fleuve et des tributaires du lac contribue à la dégradation de ses habitats aquatiques. Des efforts additionnels seront requis pour maintenir les acquis, améliorer davantage la qualité des eaux et restaurer les habitats aquatiques.

Certaines préoccupations environnementales comme les effets appréhendés des changements climatiques sur l'hydrologie des bassins versants nous obligent d'ores et déjà à envisager des mesures d'adaptation pour réduire la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques qui s'y trouvent. Ces écosystèmes risquent en effet d'être soumis à des modifications du régime des précipitations qui auront pour effet d'exacerber certains problèmes de qualité de l'eau. Ainsi, la pollution résiduelle des cours d'eau en provenance des rejets urbains pourrait être amplifiée par des périodes d'étiage sévère qui auront pour effet de réduire leur capacité de dilution. À l'inverse, une fréquence accrue d'événements de pluies intenses pourrait se traduire par une augmentation des apports diffus de polluants liés au ruissellement de surface des territoires urbains et agricoles.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ v

INTRODUCTION 1

1 AIRE D'ÉTUDE 2

1.1 Caractéristiques physiques 2

1.2 Pressions anthropiques 6

1.2.1 Milieu urbain 6
1.2.2 Milieu industriel 8
1.2.3 Milieu agricole 10

2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE 11

2.1 Provenance des données 11

2.2 Tributaires étudiés 11

2.3 Analyses de laboratoire 11

2.4 Analyse des données 12

2.4.1 Statistiques descriptives 12
2.4.2 Évolution temporelle 1979-2014 12
2.4.3 Portrait récent 2012-2014 13

3 RÉSULTATS 14

3.1 Évolution temporelle 1979-2014 14

3.1.1 Phosphore total 15
3.1.2 Nitrates-nitrites 19
3.1.3 Matières en suspension (MES) 21

3.2 Portrait récent 2012-2014 23

3.2.1 Qualité générale ($IQBP_6$) 23
3.2.2 Phosphore total 25
3.2.3 Azote total, nitrates-nitrites et azote ammoniacal 28
3.2.4 Matières en suspension (MES) 32
3.2.5 Chlorophylle a totale 34
3.2.6 Coliformes fécaux 36

3.3 Charges moyennes annuelles 2009-2012 39

4 DISCUSSION 41

4.1 Évolution temporelle 41

4.1.1 Phosphore total 41
4.1.2 Azote des nitrates-nitrites 42
4.1.3 Matières en suspension (MES) 43

4.2 Tributaires de la rive nord 44

4.2.1 Rivière La Chaloupe 44
4.2.2 Rivière Bayonne 45
4.2.3 Rivière Chicot 45
4.2.4 Rivière Maskinongé 45
4.2.5 Rivière du Loup et Petite rivière du Loup 45
4.2.6 Petite rivière Yamachiche 46
4.2.7 Rivière Yamachiche 46
4.2.8 Tributaires orphelins de la rive nord 46

4.3 Tributaires de la rive sud 47

4.3.1 Rivière Richelieu 47
4.3.2 Rivière Yamaska 47
4.3.3 Rivière Saint-François 47
4.3.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest 48
4.3.5 Rivière Nicolet 48
4.3.6 Tributaires orphelins de la rive sud 49

CONCLUSION 50

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 52

ANNEXES 55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Superficie et utilisation du territoire dans les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre 4

Tableau 2 Nombre de municipalités et population dans les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre 7

Tableau 3 Pressions anthropiques exercées sur le territoire des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre à l'extérieur des périmètres d'urbanisation 9

Tableau 4 Importance relative du milieu agricole et composition des cultures dans les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre 10

Tableau 5 Estimation du biais[1] statistique associé aux valeurs de charges de phosphore total, de nitrates-nitrites et de MES générées par le modèle de régression WRTDS pour certains tributaires du lac Saint-Pierre 15

Tableau 6 Taux de variation des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit au cours de la période 1981-2012 17

Tableau 7 Taux de variation des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit au cours de la période 1981-2012 20

Tableau 8 Taux de variation des concentrations et des charges de MES pondérées par le débit au cours de la période 1981-2012 22

Tableau 9 Évaluation des charges moyennes annuelles de phosphore de 2009 à 2012, superficies et coefficients d'exportation de phosphore par unité de surface des tributaires du lac Saint-Pierre 39

Tableau 10 Charges annuelles moyennes et importance relative des sources de phosphore des principaux tributaires du lac Saint-Pierre au cours de la période 2009 et 2012 (tiré de Patoine, 2017) 40

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Emplacement des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre 3

Figure 2 Utilisation du territoire des bassins versants des rives nord et sud du lac Saint-Pierre 5

Figure 3 Évolution temporelle des charges moyennes annuelles estimées de phosphore total brutes (points rouges) et pondérées par le débit (trait vert) des sept tributaires majeurs du lac Saint-Pierre 18

Figure 4 Évolution temporelle des ventes d'engrais phosphatés et azotés au Québec de 1963 à 2013 18

Figure 5 Évolution temporelle des charges moyennes annuelles estimées de nitrates-nitrites brutes (points rouges) et pondérées par le débit (trait vert) des sept tributaires majeurs du lac Saint-Pierre 20

Figure 6 Évolution temporelle des charges moyennes annuelles estimées de MES brutes (points rouges) et pondérées par le débit (trait vert) des sept tributaires majeurs du lac Saint-Pierre 22

Figure 7 Qualité générale de l'eau du fleuve et des tributaires du lac Saint-Pierre, évaluée au moyen de l'$IQBP_6$ calculé à partir des données de la période 2012-2014 23

Figure 8 Distribution des mesures de l'$IQBP_6$ observées entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve situées en amont et en aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires 25

Figure 9 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de phosphore total (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de 0,030 mg P/L (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires 27

Figure 10 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) d'azote total (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère d'enrichissement de 1,0 mg N/L (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires..... 30

Figure 11 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de nitrates-nitrites (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de 2,9 mg N/L (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires 31

Figure 12 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de MES (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère de 13 mg/L, classe de qualité satisfaisante de l'$IQBP_6$ (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires..... 33

Figure 13 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de chlorophylle a totale (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère de 8,6 µg/L, classe de qualité satisfaisante de l'$IQBP_6$ (b), observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires 35

Figure 14 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de coliformes fécaux observées entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires 37

Figure 15 Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai à octobre) des critères de qualité de l'eau (a) pour contact direct (200 UFC/100 ml) et (b) pour contact indirect (1 000 UFC/100 ml) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires..... 38

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Liste des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau du fleuve, en amont et en aval du lac Saint-Pierre, et des tributaires directs du lac..... 56

Annexe 2 Liste des paramètres physicochimiques analysés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre au cours de la période 2012-2014..... 57

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre 58

Annexe 4 Tableaux des fréquences (%) et amplitudes moyennes (X fois le critère) des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre..... 65

Annexe 5 Illustration par paramètre de la fréquence et de l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre pour la période 2012-2014 72

Annexe 6 Occupation du territoire et illustration par station des fréquences (%) et amplitudes moyennes (X fois le critère) des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre au cours de la période 2012-2014 77

Annexe 7 Diagrammes en boîte illustrant les résultats du calcul de l'IQBP6 effectué à partir des données des mois de mai à octobre 2012-2014 pour les stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre 95

Annexe 8 Tendances des concentrations et des charges pondérées de phosphore total, de nitrates-nitrites et de matières en suspension (MES) de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Bootstrap (WBT; Hirsch et coll., 2015)..... 101

Annexe 9 Figures et tableaux illustrant l'évolution temporelle 1979-2014 des concentrations et des charges moyennes annuelles brutes et pondérées par le débit de phosphore total de huit tributaires du lac Saint-Pierre 105

Annexe 10 Figures et tableaux illustrant l'évolution temporelle 1979-2014 des concentrations et des charges moyennes annuelles brutes et pondérées par le débit de nitrates-nitrites de huit tributaires du lac Saint-Pierre..... 130

Annexe 11 Figures et tableaux illustrant l'évolution temporelle 1979-2014 des concentrations et des charges moyennes annuelles brutes et pondérées par le débit de matières en suspension (MES) de huit tributaires du lac Saint-Pierre 155

Annexe 12 Évolution temporelle 1979-2014 des concentrations saisonnières de phosphore total de la rivière Yamaska estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90)..... 180

Annexe 13 Évolution de la relation concentration de phosphore total – débit des tributaires du lac Saint-Pierre par saison et par intervalles de 10 ans 183

INTRODUCTION

Le lac Saint-Pierre est un site exceptionnel reconnu en 1998 comme zone humide d'importance internationale selon la Convention de Ramsar et désigné comme Réserve mondiale de la biosphère par l'UNESCO en 2000. Il représente une richesse d'un point de vue écologique en plus de procurer des biens et services écosystémiques pour la population québécoise.

L'état de santé préoccupant de l'écosystème du lac Saint-Pierre a des effets négatifs sur plusieurs espèces, notamment sur la perchaude qui est considérée comme un indicateur de l'ensemble des poissons utilisant le littoral durant leur cycle de vie. Le devenir de la perchaude témoigne de l'impact cumulatif des multiples activités humaines qui s'exercent dans le bassin versant et le littoral du lac Saint-Pierre. En 2012, la situation de cette espèce est devenue à ce point alarmante qu'un moratoire sur sa pêche a dû être instauré pour protéger la ressource, entraînant du même coup des impacts socioéconomiques importants pour la région. Ce moratoire ne constitue toutefois qu'une mesure de conservation d'urgence visant à limiter la mortalité de cette espèce. Les constats sur le degré de détérioration de l'écosystème du lac Saint-Pierre révèlent que la situation ne pourra se rétablir que lorsque les habitats de reproduction et d'alevinage des espèces auront été restaurés pour offrir à nouveau un milieu sain (MDDEFP, 2013).

Le rétablissement de la population de perchaudes nécessitera, entre autres, une intensification des initiatives de protection et de restauration de la qualité de l'eau et le rétablissement des habitats afin de retrouver la capacité de support du milieu qui prévalait dans le passé. De nombreuses mesures ont été appliquées par le gouvernement du Québec et ses partenaires au cours des 36 dernières années afin d'améliorer la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent et de ses tributaires, notamment pour subvenir aux besoins de la population en eau potable. Bien que ces efforts importants aient engendré plusieurs résultats positifs, force est de constater qu'ils sont insuffisants, car les habitats aquatiques du lac Saint-Pierre ont continué à se détériorer (MDDEFP, 2013).

Comprendre comment et pourquoi la qualité de l'eau change au fil du temps dans les ruisseaux et les rivières est essentiel pour gérer efficacement et protéger ces ressources en eau. Les variations naturelles observées dans les précipitations et les débits de même que les changements d'origine anthropique notés dans les sources de nutriments (tels que les applications d'engrais) ou les mécanismes de transport vers les cours d'eau (tels que la mise en œuvre des pratiques de gestion bénéfique comme le travail réduit du sol) peuvent influencer les concentrations de nutriments mesurées dans les cours d'eau. Les variations naturelles et les changements anthropiques se produisent souvent simultanément. Ils peuvent se neutraliser ou se compléter les uns les autres. Par exemple, les concentrations de phosphore dans un cours d'eau changeront très peu si la diminution des rejets résultant de la mise en activité d'une station de traitement des eaux usées est compensée par une baisse de la capacité de dilution du cours d'eau qui résulte d'une diminution naturelle des précipitations et du débit de la rivière (Sprague et Lorenz, 2009 ; Dubrovsky et coll., 2010).

Deux types d'analyses de tendances peuvent aider à discriminer les effets des changements naturels et anthropiques sur les concentrations d'éléments nutritifs dans les cours d'eau. L'analyse des tendances observées dans les concentrations pondérées par le débit permet d'éliminer les effets liés aux variations du débit. (Sprague et Lorenz, 2009 ; Hirsch et coll., 2010). Parce que les changements dans les débits sont liés à des changements naturels dans les précipitations et le processus d'évapotranspiration, la pondération des concentrations par le débit permet de faire ressortir plus directement les tendances imputables à des changements d'origine anthropique. Pour certains cours d'eau, la pondération par le débit peut ne pas tenir compte de toutes les influences naturelles sur les concentrations de nutriments et peut parfois expliquer certaines influences anthropiques sur les débits tels que l'irrigation ou le stockage d'un réservoir; néanmoins,

le processus d'ajustement fournira une évaluation plus directe des effets des changements anthropiques sur les sources de nutriments et les processus de transport.

Dans l'analyse des tendances des concentrations brutes, non corrigées pour prendre en compte l'effet des variations des débits, aucune correction n'est apportée pour tenir compte des influences naturelles ou d'origine anthropique. Par conséquent, les effets nets de toutes les influences simultanées sur les concentrations sont mesurés permettant ainsi une évaluation de la qualité de l'eau, à partir des grilles de critères pour la protection de la vie aquatique et des usages, et des conditions auxquelles les communautés aquatiques sont exposées (Sprague et Lorenz, 2009 ; Hirsch et coll., 2010).

L'objectif de la présente étude est de produire un portrait de l'évolution temporelle de la qualité de l'eau de huit tributaires du lac Saint-Pierre qui font l'objet d'un suivi depuis 1979, en examinant tout particulièrement la progression des concentrations et des charges brutes et pondérées par le débit de certains paramètres clés comme le phosphore, les nitrates-nitrites et les matières en suspension (MES). Elle vise aussi à brosser un portrait récent de la qualité de l'eau de l'ensemble des tributaires à partir des données de la période 2012-2014. La qualité générale de l'eau est évaluée à l'aide de l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau, communément appelé $IQBP_6$. Cet indice, qui utilise les résultats de six variables d'intérêt, permet de prendre en compte la pollution par les éléments nutritifs, les MES, les matières fécales et la productivité des cours d'eau.

L'acuité des problèmes de qualité de l'eau des stations du fleuve et des tributaires du lac Saint-Pierre est révélée par la fréquence et l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et certaines valeurs repères. Le degré de pollution résiduelle est mis en relation avec l'utilisation du territoire des bassins versants, qui traduit les pressions anthropiques existantes, et avec les interventions d'assainissement effectuées au cours des 36 dernières années.

1 AIRE D'ÉTUDE

1.1 Caractéristiques physiques

Le lac Saint-Pierre reçoit directement les eaux de plusieurs cours d'eau situés de part et d'autre de ses rives. Les bassins versants des sept principales rivières de la rive nord du lac, à savoir La Chaloupe, Bayonne, Chicot, Maskinongé, du Loup, Petite rivière Yamachiche et Yamachiche, totalisent 3 640 km^2 (figure 1; tableau 1). Alors que les bassins versants des rivières La Chaloupe et Petite Yamachiche sont entièrement situés dans la province naturelle des basses-terres du Saint-Laurent, ceux des autres tributaires chevauchent aussi la province naturelle[1] des Laurentides méridionales. Outre ces rivières, la rive nord du lac compte aussi un ensemble de petits cours d'eau qui drainent un territoire de 442 km^2 localisé dans les basses-terres. Ils ont été groupés sous l'appellation de bassins orphelins de la rive nord. Globalement, le territoire des bassins versants des tributaires de la rive nord est dominé à 62,3 % par la forêt qui est majoritairement concentrée en amont, et à 24,1 % par l'agriculture qui est principalement concentrée dans les basses-terres du Saint-Laurent qui occupe la partie aval du territoire (figure 2).

Les quatre principales rivières de la rive sud du lac, à savoir Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet, possèdent de plus grands bassins versants qui drainent une superficie totale de 42 143 km^2, dont 18 830 km^2 sont situés sur le territoire québécois (tableau 1). Le territoire de ces bassins chevauche aussi deux provinces naturelles, soit les Appalaches et la portion des basses-terres du Saint-Laurent qui jouxte le littoral sud du lac Saint-Pierre. À l'image de la rive nord, la rive

[1] Les provinces naturelles correspondent au niveau 1 du Cadre écologique de référence du Québec produit par le MDDELCC (http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/cadre-ecologique/rapports/cer_partie_1.pdf)

sud compte aussi plusieurs petits cours d'eau qui se déversent directement dans le lac Saint-Pierre. Ils drainent collectivement un territoire de 389 km^2. Aux fins de notre étude, ils ont été réunis sous l'appellation de bassins orphelins de la rive sud. Globalement, le territoire des bassins versants des tributaires de la rive sud du lac est dominé à 44,7 % par la forêt et à 41 % par le milieu agricole (figure 2). Qu'ils soient situés sur les rives nord ou sud du lac, la répartition de la superficie des bassins versants dans les provinces naturelles se reflète dans l'importance qu'occupent l'agriculture et la forêt sur leur territoire. Ainsi, les basses-terres occupant une plus grande superficie de territoire sur la rive sud, la proportion de la superficie des bassins versants consacrée à l'agriculture y est nettement plus grande.

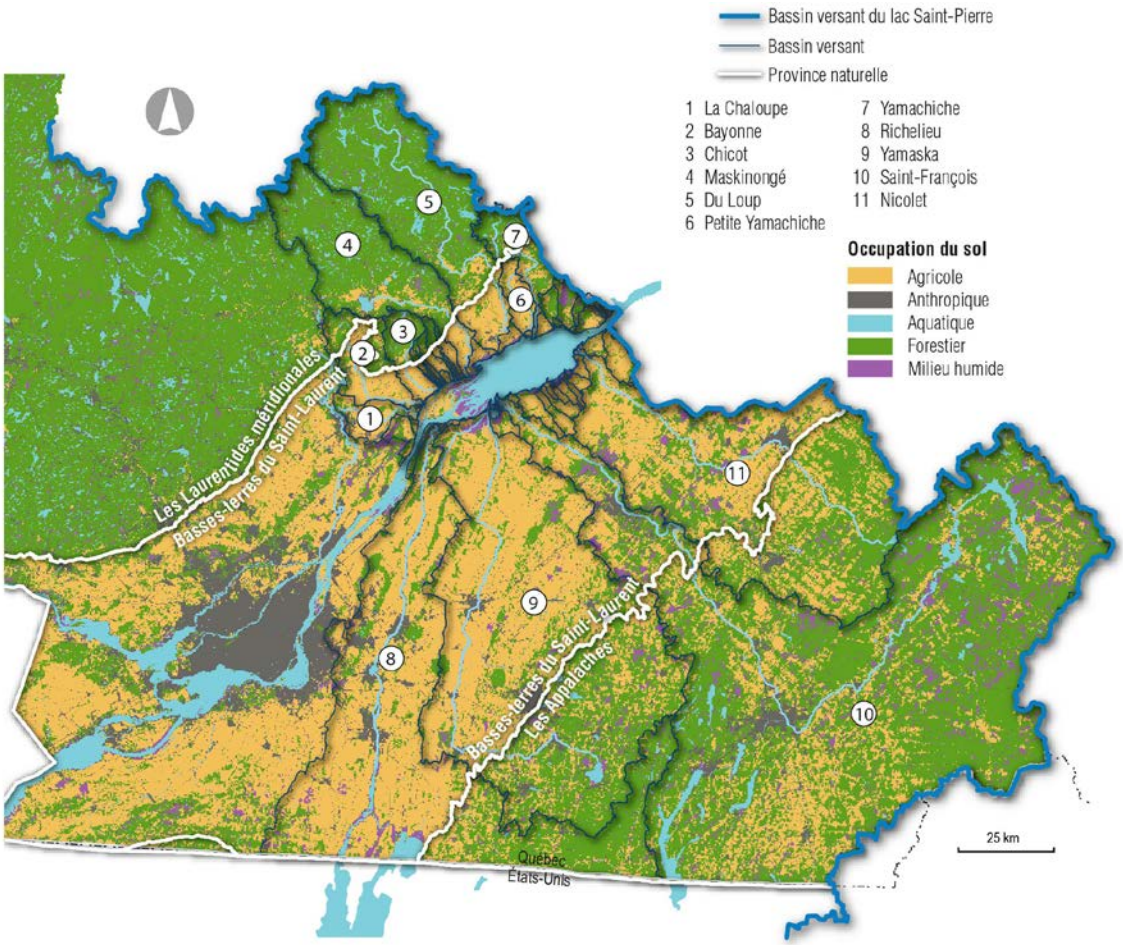


Figure 1 Emplacement des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre

À l'inverse, la proportion du territoire des bassins versants qui repose dans les Laurentides méridionales, sur la rive nord, ou dans les Appalaches, sur la rive sud, se reflète dans l'importance relative du territoire occupé par la forêt. Ainsi, le milieu forestier occupe une plus grande partie du territoire des bassins versants des rivières Maskinongé, du Loup et Yamachiche, sur la rive nord, et du bassin versant de la rivière Saint-François, sur la rive sud.

Sur le plan hydrologique, le débit moyen annuel des cours d'eau étant influencé par la superficie de leur bassin versant, les débits des tributaires de la rive nord du lac Saint-Pierre sont nettement

plus faibles que ceux des tributaires de la rive sud. Par conséquent, à concentrations égales, les tributaires de la rive sud transporteront des charges plus importantes de MES et d'éléments nutritifs que ceux de la rive nord. En revanche, les bassins versants de plus faible superficie présentent en général un temps de réponse plus court à la suite d'événements de pluies et, pour cette raison, ils affichent une qualité d'eau plus variable.

Tableau 1 Superficie et utilisation du territoire dans les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre

Bassin versant	Superficie drainée en amont de la station qualité (km^2)	Occupation du territoire (%)					
		Milieux aquatiques	Milieux humides	Sols nus et landes	Milieu forestier	Milieu agricole	Milieux anthropiques
Rive nord							
La Chaloupe	142,2	0,5	1,6	0,0	18,5	70,4	9,0
Bayonne	363,3	0,6	0,8	0,1	37,7	55,6	5,3
Chicot	164,9	0,9	3,3	0,5	58,7	33,9	2,7
Maskinongé	1 093,2	6,6	3,9	0,3	76,7	10,5	2,1
du Loup	1 504,4	7,6	3,9	0,1	79,1	8,4	0,9
Petite Yamachiche	106,9	0,0	0,0	0,0	14,8	82,0	3,2
Yamachiche	264,7	2,9	2,5	0,0	69,4	20,7	4,6
Sous-total	3 639,8						
Rive sud							
Richelieu[1]	2 480,4	2,4	3,2	0,0	15,0	69,8	9,7
Yamaska	4 451,1	1,3	3,4	0,0	35,5	54,5	5,3
Saint-François[1]	8 651,7	4,0	7,7	0,0	61,8	22,3	4,3
Nicolet Sud-Ouest	1 578,2	0,8	5,4	0,0	47,1	43,4	3,4
Nicolet	1 668,7	1,0	3,2	0,0	47,2	44,8	3,8
Sous-total	18 830,1						
Total	26 109,6						

1: territoire québécois

Source: FADQ, BDCA (2012), AAC (2012), SIEF (2012)

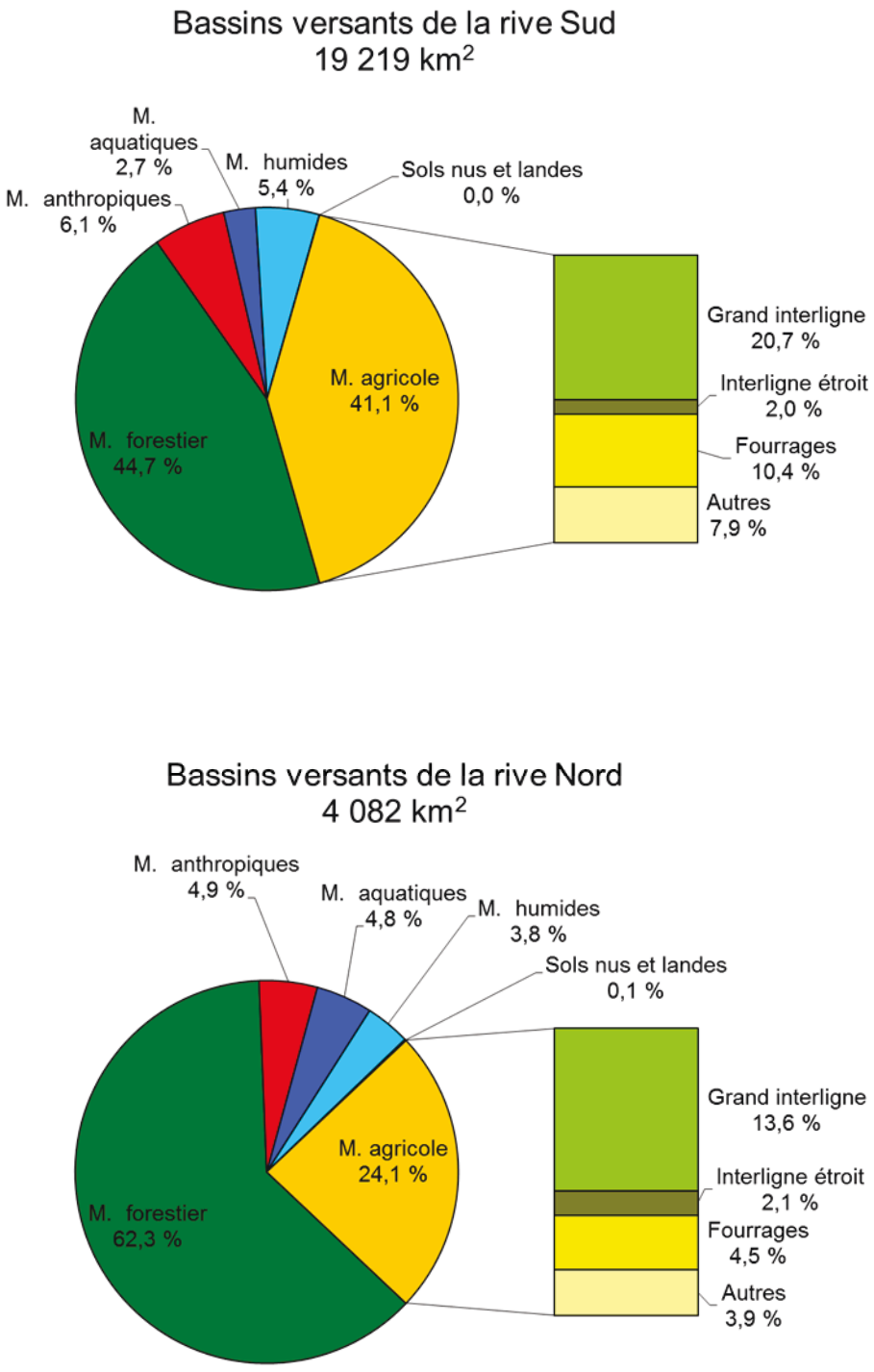


Figure 2 Utilisation du territoire des bassins versants des rives nord et sud du lac Saint-Pierre

1.2 Pressions anthropiques

Du simple fait que l'homme existe, qu'il vit en société et qu'il occupe, exploite et modifie le territoire sur lequel il habite, il exerce de multiples pressions sur son milieu. Les causes de pollution de l'eau sont multiples. À la base, elles sont de deux types : ponctuelles ou diffuses. Les sources ponctuelles de pollution sont faciles à cerner puisqu'elles correspondent à une source précise comme l'émissaire d'une station d'épuration municipale ou d'une entreprise industrielle.

Les sources diffuses de pollution correspondent à des rejets issus de toute la surface d'un territoire et transmis aux milieux aquatiques de façon indirecte, par ou à travers le sol, sous l'influence de la force d'entraînement des eaux de ruissellement en provenance des précipitations ou de la fonte des neiges. Les pratiques agricoles sur les territoires cultivés peuvent être à l'origine de pollution diffuse par l'entraînement de produits polluants dans les eaux qui percolent ou ruissellent. La pollution diffuse est d'autant plus dommageable pour la qualité de l'eau que le nombre ou la superficie des sites à l'origine des pollutions sont importants.

Les pressions anthropiques sont présentées par type d'activités, soit les milieux urbain industriel et agricole.

1.2.1 Milieu urbain

Au Québec, le bassin versant du lac Saint-Pierre touche 11 régions administratives, 58 municipalités régionales de comtés (MRC) et 654 municipalités. À lui seul, le territoire des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre regroupe en totalité ou en partie 300 municipalités et une population évaluée à près de 1,3 million de personnes (tableau 2). La présence humaine est nettement plus importante sur le territoire des bassins versants de la rive sud qui regroupent 86 % des municipalités et 90 % de la population de l'ensemble des tributaires. Les activités humaines étant plus diversifiées dans les grandes agglomérations, il en est de même pour les pressions qu'elles exercent sur leur territoire et les milieux aquatiques.

Aux fins des programmes d'assainissement, 250 municipalités regroupant environ 817 000 personnes sont susceptibles de déverser des eaux usées dans les bassins des tributaires du lac Saint-Pierre. Même traitées, les eaux usées municipales contribuent à la pollution des cours d'eau en déversant une charge résiduelle de phosphore, de matière organique biodégradable et de MES et participent à la contamination bactériologique de l'eau. Ce degré de pollution résiduelle est toutefois tolérable par temps sec parce qu'il respecte habituellement les critères de qualité établis pour la protection de la vie aquatique et les usages de l'eau (alimentation en eau potable et activités récréatives de contact direct ou indirect).

En périodes de pluie ou de fonte des neiges, la pollution résiduelle devient momentanément plus importante lorsque le ruissellement des eaux de surface vient gonfler le volume des eaux usées à traiter. Cette situation survient parce que la plupart des municipalités du Québec ont une portion de leurs réseaux d'égouts constituée de conduites unitaires qui transportent à la fois des eaux usées domestiques et des eaux pluviales. Lorsqu'une portion du réseau subit une surcharge hydraulique qui excède la capacité d'accueil de la station d'épuration, il survient alors des épisodes de débordements aux ouvrages de surverse ou des dérivations d'eaux usées qui ont pour effet d'acheminer les eaux excédentaires dans le milieu récepteur sans aucun traitement.

Par ailleurs, le traitement des eaux usées municipales n'étant pas conçu pour éliminer toutes les formes de pollution, il se pourrait que les effluents traités de certaines stations d'épuration présentent une toxicité résiduelle en raison de la présence d'une multitude de produits chimiques d'usage courant (détergents, produits de soins corporels, médicaments, etc.). C'est aussi le cas des stations d'épuration qui reçoivent des eaux usées de certaines entreprises industrielles greffées au réseau municipal.

Tableau 2 Nombre de municipalités et population dans les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre

Bassin versant		Municipalités[1]	Population 2013
RIVE NORD			
La Chaloupe		4	10 308
Bayonne		6	12 635
Chicot		3	2 386
Sarrazin		1	-
Maskinongé		10	13 317
du Loup		10	16 295
Petite rivière Yamachiche		3	3 184
Yamachiche		4	7 542
Bassins orphelins			59 736
	Total	**41**	**125 403**
RIVE SUD			
Richelieu		56	385 216
Yamaska		67	266 357
Saint-François		85	376 080
Nicolet		50	105 555
Des Frères		1	-
Bassins orphelins			28 040
	Total	**259**	**1 161 248**
TOTAL		**300**	**1 286 651**

[1] : Nombre de municipalités situées en totalité ou en partie dans les limites du bassin versant

Source : ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), Direction de la géomatique et de la statistique (2013)

1.2.2 Milieu industriel

En l'absence d'une banque centrale de données, il n'existe pas de liste complète à l'échelle des bassins versants de toutes les entreprises industrielles qui déversent des eaux usées de procédés ou autres. Toutefois, les entreprises greffées à un réseau d'égouts municipal qui contribuent des volumes importants d'eaux usées ou des charges importantes de matières organiques, de MES ou de phosphore ont été prises en compte dans le choix et le dimensionnement des ouvrages de traitement des eaux usées municipales. Leurs eaux usées subissent un traitement au même titre que les eaux usées domestiques.

Les établissements industriels hors réseau doivent effectuer un traitement complet de leurs effluents afin de respecter les normes de rejet pour un déversement dans les eaux de surface. Dans l'industrie agroalimentaire, les prétraitements généralement mis en place concernent l'ajustement du pH, l'enlèvement des MES, l'enlèvement des huiles et graisses, la régularisation du débit, etc. En complément de ces prétraitements, divers types de traitements biologiques peuvent être installés : des boues activées de type conventionnel ou par des réacteurs biologiques séquentiels (RBS), des étangs aérés, des traitements anaérobies, etc. Les RBS sont fréquemment employés dans les moyennes et grandes entreprises. Les très petites entreprises peuvent opter pour un traitement par infiltration dans le sol au moyen d'une fosse septique suivie d'éléments épurateurs pour autant que les caractéristiques des eaux à traiter soient similaires à celles des eaux domestiques (types de contaminants et concentrations).

Bien que les établissements industriels en réseau ne soient pas concernés par les lignes directrices applicables à l'industrie agroalimentaire hors réseau, ils peuvent devoir installer différents prétraitements pour respecter les normes de rejet et pour rendre leurs effluents compatibles avec le traitement municipal. Il est également possible que certains établissements industriels doivent réduire leurs charges polluantes à un certain niveau avant qu'elles ne soient traitées à la station d'épuration municipale. Des traitements physicochimiques ou biologiques plus ou moins poussés peuvent alors être installés.

Les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre touchent à six régions administratives, soit celles de Lanaudière, de la Mauricie, du Centre-du-Québec, de la Montérégie, de l'Estrie et de la Chaudière-Appalaches. À l'origine du développement industriel du Québec, ces régions ont maintenu une activité industrielle importante et variée qui les place parmi les régions manufacturières du Québec. Elles tirent avantage du large bassin de main-d'œuvre qualifiée formée dans les pôles collégiaux et universitaires des grands centres urbains. L'industrie diversifiée inclut les pâtes et papiers, les produits du bois, l'agroalimentaire, les produits chimiques, les produits en plastique et en caoutchouc ainsi que la métallurgie (MDDEFP, 2013).

Dans Lanaudière et Chaudière-Appalaches, l'industrie est dominée par la fabrication de produits en plastique, en caoutchouc et en métal ainsi que par l'agroalimentaire. En Mauricie, région forestière, les pâtes et papiers et les produits du bois dominent, suivis par l'agroalimentaire, les produits métalliques et la construction de machines. Au Centre du Québec, ce sont l'agroalimentaire et la construction de machines qui dominent, suivis par les pâtes et papiers, les produits du bois et les produits métalliques. En Estrie, viennent dans l'ordre les produits en plastique et en caoutchouc, les pâtes et papiers, la construction de machines ainsi que les produits métalliques et chimiques. En Montérégie, la vocation agricole a entraîné l'essor d'un fort secteur agroalimentaire et le pôle industriel de Sorel-Tracy s'est développé autour de la métallurgie. Mais les secteurs de la chimie, des plastiques et du caoutchouc sont très présents aussi (MDDEFP, 2013).

Certaines pressions anthropiques s'exercent à l'extérieur des périmètres urbains des municipalités. Le tableau 3 présente une évaluation de trois types d'activités susceptibles d'influencer la qualité des eaux de surface.

Tableau 3 Pressions anthropiques exercées sur le territoire des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre à l'extérieur des périmètres d'urbanisation

	Pressions anthropiques[1]							
	Catégorie 1		Catégorie 2		Catégorie 3		Total	
Bassin versant	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Rive nord								
La Chaloupe	20	95,2	1	4,8	0	0,0	21	100
Bayonne	35	63,6	19	34,5	1	1,8	55	100
Chicot	2	100,0	0	0,0	0	0,0	2	100
Maskinongé	27	38,6	23	32,9	20	28,6	70	100
du Loup	29	74,4	10	25,6	0	0,0	39	100
Petite Yamachiche	5	100,0	0	0,0	0	0,0	5	100
Yamachiche	16	50,0	5	15,6	1	3,1	32	100
Bassins orphelins	25	61,0	12	29,3	4	9,8	41	100
Total	159	60,0	70	26,4	26	9,8	265	100
Rive sud								
Richelieu	159	54,8	125	43,1	6	2,1	290	100
Yamaska	235	72,1	90	27,6	1	0,3	326	100
Saint-François	467	61,1	252	33,0	45	5,9	764	100
Nicolet	167	86,5	25	13,0	1	0,5	193	100
Bassins orphelins	29	78,4	8	21,6	0	0,0	37	100
Total	1057	65,7	500	31,1	53	3,3	1610	100

1 : Catégorie 1 = usages industriels, dépotoirs, entreprises d'excavation et autres
Catégorie 2 = restaurants, hôtels, campings et golfs
Catégorie 3 = usages récréatifs liés à l'eau (plages, marinas, rampes de mise à l'eau, etc.)

Source : ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT, 2013)

1.2.3 Milieu agricole

En plus d'une activité industrielle importante, l'agriculture occupe une place dominante dans les bassins versants directs du lac Saint-Pierre. En effet, 70% du produit intérieur brut issu des entreprises de cultures agricoles et d'élevage au Québec est généré dans ces bassins (MDDEFP, 2013). Les sols fertiles des basses-terres du Saint-Laurent, eux-mêmes encadrés par les reliefs des Laurentides au nord et des Appalaches au sud, entourent le lac Saint-Pierre. Ils reposent sur les argiles marines de la mer de Champlain.

Sur le pourtour du lac, l'agriculture domine le paysage. Au cours des dernières décennies, elle s'est transformée en s'intensifiant et se spécialisant. Dans le littoral du lac Saint-Pierre, où les cultures représentent près de 50 km2, de larges superficies de cultures pérennes comme les foins et les pâturages ont été converties en cultures annuelles. Ces conversions contribuent à dégrader la qualité des eaux.

Le territoire agricole des onze tributaires du lac Saint-Pierre totalise 38,3 % des quelque 25 404 km2 que constitue la superficie totale des bassins versants. Les 9 728 km2 de territoire agricole sont répartis à 89,6 % sur la rive sud et à 10,4 % sur la rive nord. Qu'elles soient situées sur l'une ou l'autre des rives du lac, les superficies cultivées sont dominées par les cultures annuelles (tableau 4).

Tableau 4 Importance relative du milieu agricole et composition des cultures dans les bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre

BASSIN VERSANT	MILIEU AGRICOLE (%)	COMPOSITION DES CULTURES (%)			
		GRAND[1] INTERLIGNE	INTERLIGNE[2] ÉTROIT	FOURRAGES[3]	AUTRES[4]
RIVE NORD					
La Chaloupe	70,4	57,1	9,6	14,4	18,9
Bayonne	55,6	63,1	10,5	12,2	14,2
Chicot	33,9	63,1	8,2	18,4	10,3
Maskinongé	10,5	41,8	7,9	29,5	20,8
du Loup	8,4	52,8	10,7	21,0	15,6
Petite rivière Yamachiche	82,0	53,2	11,6	18,9	16,4
Yamachiche	20,7	55,6	8,0	16,2	20,2
BV Orphelins Nord	45,7	62,6	8,9	15,7	12,8
RIVE SUD					
Richelieu	69,8	76,9	5,0	7,2	10,9
Yamaska	54,5	77,8	5,0	6,7	10,4
Saint-François	22,3	65,1	5,9	18,2	10,8
Nicolet Sud-Ouest	43,4	56,4	6,2	23,1	14,4
Nicolet	44,8	41,7	6,5	28,9	23,0
BV Orphelins Sud	70,1	71,2	7,7	11,8	9,3

1 : Grand interligne : maïs, soya, pommes de terre, cultures maraîchères, etc.
2 : Interligne étroit : céréales (avoine, blé, canola, etc.)
3 : Fourrages : luzerne, pâturages, foin cultivé, cultures fourragères
4 : Inclut des superficies de cultures indéterminées qui n'ont pu être classifiées dans l'une ou l'autre des classes Grand interligne, Interligne étroit ou Fourrages

2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

2.1 Provenance des données

Les données physicochimiques utilisées pour réaliser le portrait de la qualité de l'eau sont extraites de la Banque de données sur la qualité des milieux aquatiques (BQMA) du MDDELCC. Elles proviennent du programme de suivi de la qualité de l'eau des principales rivières du Québec, communément appelé Réseau-rivières (MDDELCC, 2014), géré par la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement (DGSEE).

Les données de débits utilisées dans cette étude proviennent de la Banque de données hydrométriques du Centre d'expertise hydrique du Québec. Les débits journaliers de la période 1979-2014 ont été ajustés par krigeage afin qu'ils correspondent à l'emplacement des stations de suivi de la qualité de l'eau. Cette approche d'estimation spatiale a permis de générer pour chaque rivière une série ininterrompue de débits journaliers.

2.2 Tributaires étudiés

Pour les besoins de l'étude, les données de 19 stations ont été retenues (annexe 1), soit 6 stations situées sur le fleuve et 13 stations situées sur des tributaires du lac Saint-Pierre. La DGSEE effectue un suivi de la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent à trois stations d'échantillonnage situées en amont du lac Saint-Pierre, à la hauteur de Sorel-Tracy, et à trois stations situées en aval du lac Saint-Pierre, à la hauteur du pont Laviolette, à Trois-Rivières (annexe 1). Le positionnement des stations en amont et en aval permet de suivre la qualité de l'eau des masses d'eau des rives nord et sud et du centre du fleuve. Les prélèvements d'eau sont effectués mensuellement sur la période de six mois qui s'étend de mai à octobre.

Le programme Réseau-rivières permet de suivre la qualité de l'eau aux embouchures de onze tributaires majeurs du lac Saint-Pierre (annexe 1), soit sept rivières situées sur la rive nord (La Chaloupe, Bayonne, Chicot, Maskinongé, du Loup, Petite Yamachiche et Yamachiche) et quatre cours d'eau situés sur la rive sud (Richelieu, Yamaska, Saint-François et les branches Nicolet Sud-Ouest et Nicolet de la rivière Nicolet, en amont de leur confluence). À ce groupe s'ajoute une station située sur la Petite rivière du Loup, qui se déverse dans la rivière du Loup, en aval de la station d'échantillonnage de cette rivière. Les prélèvements d'eau s'effectuent mensuellement durant toute l'année.

2.3 Analyses de laboratoire

Les analyses physicochimiques ont été effectuées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), qui est le laboratoire officiel du MDDELCC. Les paramètres physicochimiques courants analysés sont notamment l'azote ammoniacal, l'azote des nitrates-nitrites, le phosphore total, la chlorophylle a, les MES et les coliformes fécaux, qui permettent le calcul de l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique générale de l'eau (IQBP6), ainsi que certains métaux. La liste complète des paramètres analysés dans les échantillons prélevés dans le fleuve ou les rivières apparaît à l'annexe 2, accompagnée du numéro de la méthode analytique du laboratoire, de la précision analytique, de la limite de détection de la méthode et des unités de mesure.

2.4 Analyse des données

2.4.1 Statistiques descriptives

Afin de produire un portrait récent de la qualité des tributaires, des statistiques descriptives ont été calculées pour chaque station à partir des données de la période 2012-2014 (annexe 3). La fréquence et l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité ou de certaines valeurs repères ont été compilées sous forme de tableaux (annexe 4) et illustrées par paramètre pour l'ensemble des stations (annexe 5). La fréquence et l'amplitude moyenne des dépassements des critères ou valeurs repères ont aussi été illustrées par station et couplées avec l'utilisation du territoire dans leur bassin de drainage (annexe 6).

2.4.2 Évolution temporelle 1979-2014

Huit stations qui ont fait l'objet d'un suivi régulier entre janvier 1979 et décembre 2014 ont été sélectionnées pour l'analyse de l'évolution à long terme de la qualité de l'eau. Ce sont les stations des rivières Bayonne, Maskinongé et du Loup, sur la rive nord, et les stations des rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François, Nicolet Sud-Ouest et Nicolet, sur la rive sud.

La méthode analytique utilisée pour la détermination du phosphore total dans les eaux naturelles n'a pas été constante durant toute la période 1979-2014, puisqu'elle a été changée à compter du mois d'avril 2009. Avant cette date, la concentration de phosphore total mesurée dans un échantillon d'eau était obtenue en additionnant les résultats obtenus pour la mesure des formes distinctes dissoutes et en suspension, à la suite d'une digestion en milieu acide suivie d'une étape de dosage colorimétrique (MA 303 – P 3.0). À compter d'avril 2009, la détermination des concentrations de phosphore total a été effectuée en une seule analyse, en utilisant une étape de minéralisation au persulfate suivie d'un dosage colorimétrique (MA 303 – P 5.0). Pour assurer la comparabilité des résultats des deux périodes, les données de la période 2009-2014 obtenues par la méthode au persulfate ont été transformées à l'aide d'un facteur de correction pour les rendre comparables à celles de la méthode précédente à l'aide de l'équation suivante :

$$P_{TOT} = \exp (0{,}67809 + (1{,}69235 * LN(PTPER)) + 0{,}12332 * [LN(PTPER)]^2 + (0{,}1743/2))$$

où

PTOT : somme des formes dissoutes et en suspension du phosphore, exprimée en mg/L;

PTPER : concentration du phosphore total au persulfate exprimée en mg/L.

La plage des concentrations ayant servies à établir le facteur de correction se situant entre 0,006 mg/L et 0,29 mg/L, seules les mesures se situant dans cette plage ont été corrigées à l'aide de l'équation.

L'analyse des séries chronologiques des concentrations et des charges de phosphore total, de nitrates-nitrites et de MES est effectuée à l'aide du progiciel EGRET (Exploration and Graphics for RivEr Trends) développé par l'United States Geological Survey (Hirsch et coll., 2010; Hirsch et De Cicco, 2015). Il s'agit d'une approche de modélisation qui utilise une méthode de régression pondérée (Weighted Regression on Time, Discharge and Season, *WRTDS).* Cette méthode de lissage prend en compte la tendance temporelle des données (temps), la saisonnalité, les variations de débit et une composante aléatoire pour interpréter le comportement des variables de la qualité de l'eau.

Le modèle de régression WRTDS produit deux types d'estimation de concentrations et de charges : l'une basée sur les débits observés et l'autre basée sur les débits normalisés (Hirsch et coll., 2010). L'estimation normalisée (pondérée par le débit) pour une date donnée est une estimation moyenne de la concentration ou de la charge qui serait obtenue si tous les débits observés pour cette date étaient également susceptibles d'avoir eu lieu. Les estimations normalisées peuvent être utilisées pour évaluer l'efficacité des interventions effectuées à l'échelle des bassins hydrographiques une fois que les effets des variations hydrologiques interannuelles ont été mathématiquement éliminés.

La largeur des demi-fenêtres associées à chacune des variables temps, débit et saison détermine les pondérations utilisées dans les équations de régression WRTDS. Les largeurs retenues de 10 ans pour le temps, de deux cycles logarithmiques pour le débit et de 0,5 année pour la saison constituent les valeurs par défaut proposées par Hirsch et coll. (2010).

L'application EGRET permet d'illustrer l'évolution temporelle des valeurs estimées de concentrations et des charges annuelles brutes et pondérées par le débit des variables d'intérêt. Elle permet aussi le calcul et la comparaison des taux distincts de variation des concentrations et des charges pour des intervalles de temps d'intérêt. Les valeurs estimées du début et de la fin de la série chronologique étant moins précises en raison de l'algorithme de calcul qui utilise des fenêtres d'observation prédéterminées pour les composantes du temps, de la saison et du débit, les taux de variation des concentrations et des charges ont été calculés pour la période de 30 ans comprise entre 1981 et 2012, ainsi que pour trois périodes de 10 ans (1981-1991, 1991-2001 et 2001-2012). Les périodes sont différentes pour la rivière Bayonne en raison de l'interruption prolongée du suivi entre 1985 et 1995. La période 1981-2012 permet de capturer l'essentiel des changements ayant pris place au cours de la période 1979-2014.

La procédure complémentaire EGRETci (Exploration and Graphics for RivEr Trends with Confidence Intervals) est utilisée pour évaluer l'incertitude concernant les tendances détectées par l'approche WRTDS (Hirsch et coll., 2015). Elle utilise le test WRTDS Bootstrap pour déterminer la probabilité d'occurrence d'une hausse ou d'une baisse des concentrations et des charges (annexe 8). Ce test constitue une solution de rechange intéressante au test classique d'hypothèses qui vise habituellement à minimiser l'erreur de type I, soit la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie. La procédure EGRETci permet de superposer à la courbe illustrant l'évolution des concentrations et des charges pondérées par le débit un intervalle de confiance à 90 %.

2.4.3 Portrait récent 2012-2014

Un portrait de la qualité récente des tributaires du lac Saint-Pierre est brossé à partir des données de la période 2012-2014. La qualité générale des cours d'eau est tout d'abord évaluée au moyen du calcul d'une version abrégée de l'IQBP (Hébert, 1997), appliqué aux données de la période de mai à octobre de chaque année. Indice de type déclassant, l'IQBP6 utilise les résultats de six variables d'intérêt, soit l'azote ammoniacal, l'azote des nitrates-nitrites, le phosphore total, la chlorophylle a, les MES et les coliformes fécaux. Transposés de leur échelle de mesure d'origine à une échelle standardisée qui varie de 0 à 100, les résultats de chaque variable d'un même échantillon sont ensuite comparés. L'IQBP6 prend la valeur du paramètre ayant produit le pointage le plus bas. La valeur médiane des indices obtenus, pour chaque échantillon prélevé à une station au cours d'une période de trois ans, est utilisée pour classer l'eau de cette station dans l'une ou l'autre de cinq classes de qualité, soit bonne (> 80), satisfaisante (60-79), douteuse (40-59), mauvaise (20-39) ou très mauvaise (0-19).

La variabilité spatiale de la qualité de l'eau est ensuite abordée pour certains paramètres clés au moyen de diagrammes en boîte qui permettent d'illustrer et de comparer un paramètre à la fois la tendance centrale et la distribution statistique des concentrations de chaque station.

Finalement, la qualité de l'eau est évaluée à partir d'une grille de critères de qualité ou de valeurs repères retenus pour la protection de la vie aquatique et des usages de l'eau. Les dépassements

ont été calculés pour l'ensemble de l'année (annexes 4.1, 4.3 et 4.5) et pour la période de mai à octobre (annexes 4.2, 4.4 et 4.6), période de l'année où les milieux aquatiques sont les plus susceptibles d'exprimer des signes d'eutrophisation et au cours de laquelle les usages récréatifs liés à l'eau sont les plus répandus. C'est du reste la période de l'année où le traitement des eaux usées municipales est maximisé par l'enlèvement du phosphore. Des figures montrant la fréquence et l'amplitude moyenne des concentrations qui dépassent les critères de qualité ou les valeurs repères permettent de comparer la performance de l'ensemble des cours d'eau un critère ou une valeur repère à la fois (annexe 5) ou d'illustrer la performance d'une même station pour l'ensemble des critères et des valeurs repères (annexe 6).

Pour faciliter l'analyse et l'interprétation des résultats, les diagrammes de la fréquence et de l'amplitude moyenne des dépassements des critères d'une rivière ont été appariés à une figure illustrant l'utilisation du territoire de son bassin versant (annexe 6).

3 RÉSULTATS

3.1 Évolution temporelle 1979-2014

Afin d'évaluer le degré d'ajustement du modèle WRDTS, le progiciel EGRET permet le calcul du biais statistique de la charge à partir de la différence entre la somme des charges estimées et observées lors des jours d'échantillonnage (Hirsch et De Cicco, 2015). Une valeur près de zéro suggère que le modèle est pratiquement non biaisé. Une valeur positive traduit un biais positif et une valeur négative indique un biais négatif. Les valeurs de biais qui se situent entre - 0,1 et + 0,1 indiquent le biais dans l'estimation de la charge moyenne à long terme est inférieure à 10 %. Ce biais statistique n'est pas utilisé pour corriger l'estimation des charges, mais plutôt pour cerner les cas qui présentent vraisemblablement un biais significatif (> 10 %).

Les résultats obtenus pour chaque station et chaque paramètre analysés (tableau 5) montrent que le biais est acceptable dans la plupart des cas. Des biais plus importants notés pour le phosphore total indiquent une sous-évaluation de la charge moyenne pour les rivières du Loup et Saint-François. Une sous-évaluation de la charge moyenne des MES est observée pour les rivières du Loup, Bayonne et Nicolet. En revanche, la totalité des résultats des nitrates-nitrites affiche des valeurs de biais acceptables.

Tableau 5 Estimation du biais[1] statistique associé aux valeurs de charges de phosphore total, de nitrates-nitrites et de MES générées par le modèle de régression WRTDS pour certains tributaires du lac Saint-Pierre

Tributaires	Phosphore total	Nitrates-nitrites	Matières en suspension
Rive nord			
Bayonne	-0,095	0,082	**-0,193**
Maskinongé	-0,068	-0,033	-0,045
du Loup	**-0,166**	-0,050	**-0,238**
Rive sud			
Richelieu	-0,059	0,014	0,017
Yamaska	-0,019	0,015	-0,041
Saint-François	**-0,175**	0,009	-0,049
Nicolet Sud-Ouest	-0,017	-0,012	-0,024
Nicolet	-0,015	0,069	**0,130**

1 : Une valeur négative indique un biais négatif; une valeur positive traduit un biais positif. Les valeurs situées entre - 0,1 et + 0,1 indiquent que le biais de la charge moyenne à long terme est inférieur à 10 %.

3.1.1 Phosphore total

L'analyse des séries chronologiques de concentrations de phosphore total de la période 1979-2014, effectuée à l'aide de l'approche EGRET, montre des tendances significatives à la baisse pour les huit tributaires du lac Saint-Pierre qui ont fait l'objet d'un suivi régulier tout au cours de cette période (tableau 6 et annexe 8). Les diminutions de concentrations observées pour la période de 1981 à 2012 sont en moyenne de 0,087 mg P/L, variant de 0,027 mg P/L pour la rivière Richelieu à 0,170 mg P/L pour la rivière Yamaska. Exprimées en pourcentage, les baisses varient en moyenne de 64 %, soit de 47 % pour la rivière Richelieu à 72 % pour la rivière Saint-François.

Ces diminutions de concentrations se traduisent par des baisses moyennes de charge de 187 tonnes métriques au cours de la même période (tableau 6), soit de 22 tonnes métriques pour la rivière Bayonne à 549 tonnes métriques pour la rivière Saint-François. Exprimées en pourcentage, les baisses sont en moyenne de 49 %, variant de 38 % pour la rivière Nicolet à 69 % pour la rivière Saint-François. Au total, la réduction cumulée des charges des huit tributaires, enregistrée entre 1981 et 2012, a atteint 1 497 tonnes métriques (tableau 6), soit 1 374 tonnes (92 %) pour les cours d'eau de la rive sud et 123 tonnes (8 %) pour les tributaires de la rive nord. La figure 3 présente l'évolution temporelle des charges cumulées de sept des huit rivières. La rivière Bayonne a été exclue en raison de l'absence prolongée de données causée par l'interruption de son suivi entre 1985 et 1995. À eux seuls, les débits cumulés des sept cours d'eau considérés totalisent toutefois 98 % du débit moyen des onze tributaires étudiés.

Il est à souligner que pour les huit tributaires analysés, les taux de variation des concentrations de phosphore, exprimés en pourcentage, excèdent toujours le taux de variation des charges (tableau 6). Cet écart signifie habituellement que la baisse des apports a été plus marquée pour la plage des débits modérés à faibles, qui prédomine durant l'année, que pour la plage des débits élevés. Le calcul de la concentration moyenne annuelle n'est pas influencé par le débit du cours

d'eau. Les concentrations mesurées les jours de faibles débits ont le même poids que celles enregistrées les jours de débits élevés. À l'opposé, le calcul de la charge moyenne annuelle est influencé par le débit et il reflétera davantage les conditions de la rivière les jours de débits élevés. Alors que l'évolution des concentrations moyennes annuelles traduit l'évolution des apports de sources ponctuelles et de la nappe phréatique, celle des charges moyennes annuelles montre l'évolution des apports de sources diffuses qui se manifestent au gré des précipitations. Ainsi, une baisse des apports qui provient principalement du traitement des sources ponctuelles municipales et agricoles dans un bassin influencera les concentrations moyennes annuelles, mais elle aura un effet plus mitigé sur la charge annuelle. Plus marqué pour la plage des débits modérés à faibles, l'effet sur la charge annuelle sera contrebalancé par les concentrations plus élevées observées pour la plage des débits élevés.

L'évolution temporelle des concentrations de phosphore total de la rivière Yamaska estimées pour chaque saison et pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90) illustre bien cette situation (annexe 12). Comme le montre l'évolution de la relation concentration de phosphore en fonction du débit de la rivière Yamaska, par saison et par intervalles de dix ans (annexe 13), les concentrations de phosphore des tributaires du lac Saint-Pierre augmentent avec le débit de la rivière en raison de la prédominance des apports de sources diffuses. Les concentrations élevées de phosphore de la rivière Yamaska sont habituellement associées aux débits élevés pour toutes les saisons, sauf l'été. On note en effet que les concentrations estivales les plus élevées sont observées lorsque les débits sont les plus bas, comme l'indique la courbe correspondant au 10e centile des débits estivaux. Lors de ces périodes d'étiage sévère, la rivière voit sa capacité de dilution être limitée à un point tel qu'elle ne peut diluer adéquatement les rejets ponctuels majoritairement urbains qu'elle reçoit. Les concentrations estivales les plus faibles sont du reste observées pour les débits modérés (centile 50) qui offrent une dilution adéquate des rejets urbains traités tout en ne mobilisant pas trop les apports de sources diffuses.

La variabilité observée dans les taux de variation des concentrations et des charges de phosphore des tributaires, au cours de la période 1979-2014, est liée de près à la progression des interventions d'assainissement à l'échelle de leur bassin versant. Les apports de sources ponctuelles municipales et agricoles ont été priorisés très tôt au début du Programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ). Les premiers effets des interventions visant à les réduire ont donc été mesurés au cours des périodes de l'année où ils exerçaient auparavant une grande influence sur la qualité des eaux de surface, soit les périodes de débits modérés à faibles. Les efforts maximums d'assainissement urbain étant concentrés au cours des mois de mai à novembre, avec la déphosphatation des eaux municipales traitées, c'est donc au cours de cette fenêtre temporelle que les baisses les plus appréciables des concentrations de phosphore ont commencé à apparaître.

Dans les bassins versants agricoles où les apports diffus constituent la principale source de phosphore, la réduction des apports de sources ponctuelles municipales et agricoles a produit rapidement des effets sur les concentrations. Toutefois, ces concentrations plus faibles ont eu moins d'effet sur la charge moyenne annuelle, d'une part, parce qu'elles étaient associées aux périodes de débits modérés à faibles, et, d'autre part, parce qu'elles étaient contrebalancées par les fortes concentrations observées en période de débits élevés. L'évolution à la baisse de la vente des engrais phosphatés au Québec (figure 4), observée à compter du début des années 1990, traduit la prise de conscience de l'impact de la surfertilisation sur la dégradation des sols agricoles (Tabi et coll., 1990; Breeuwsma et Sylva, 1992). Elle a contribué à la diminution des apports de sources diffuses et à la mise en place progressive des plans de fertilisation équilibrés des cultures qui visaient à optimiser l'utilisation des fumiers.

La rivière Richelieu, qui est l'exutoire du lac Champlain, constitue un cas particulier. Ainsi, les baisses de phosphore observées entre 1981 et 2012 en amont, à Lacolle, représentent respectivement 59 % et 64 % des baisses de concentrations (0,027 mg P/L) et de charges (324 tonnes métriques) mesurées à son embouchure à Sorel. D'une part, ces diminutions importantes proviennent de la réduction des apports combinés des sources municipales situées

dans le bassin versant du lac Champlain (LCBP, 2015). D'autre part, elles traduisent l'effet de trappe du lac Champlain qui assimile une part importante des apports de phosphore qu'il reçoit. Entre Lacolle et Sorel, la réduction additionnelle des concentrations et des charges de phosphore est attribuable au traitement des eaux usées municipales et à la réduction des apports ponctuels et diffus de source agricole.

Tableau 6 Taux de variation des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit au cours de la période 1981-2012

Phosphore total

Tendance des concentrations

Tributaire	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
Bayonne	-0,150	-0,005	-61	-2,0
Maskinongé	-0,067	-0,0022	-67	-2,2
Du Loup	-0,093	-0,0031	-70	-2,3
Richelieu	-0,027	-0,00091	-47	-1,6
Yamaska	-0,170	-0,0058	-67	-2,2
Saint-François	-0,071	-0,0024	-71	-2,4
Nicolet Sud-Ouest	-0,120	-0,0041	-70	-2,3
Nicolet	-0,061	-0,002	-62	-2,1

Tendances des charges

Tributaire	Variation tonnes	Taux tonnes/an	Variation %	Taux %/an
Bayonne	-26	-0,87	-44	-1,5
Maskinongé	-43	-1,4	-56	-1,9
Du Loup	-83	-2,8	-60	-2,0
Richelieu	-368	-12,0	-43	-1,4
Yamaska	-346	-12,0	-45	-1,5
Saint-François	-602	-20,0	-69	-2,3
Nicolet Sud-Ouest	-130	-4,3	-51	-1,7
Nicolet	-78	-2,6	-37	-1,2

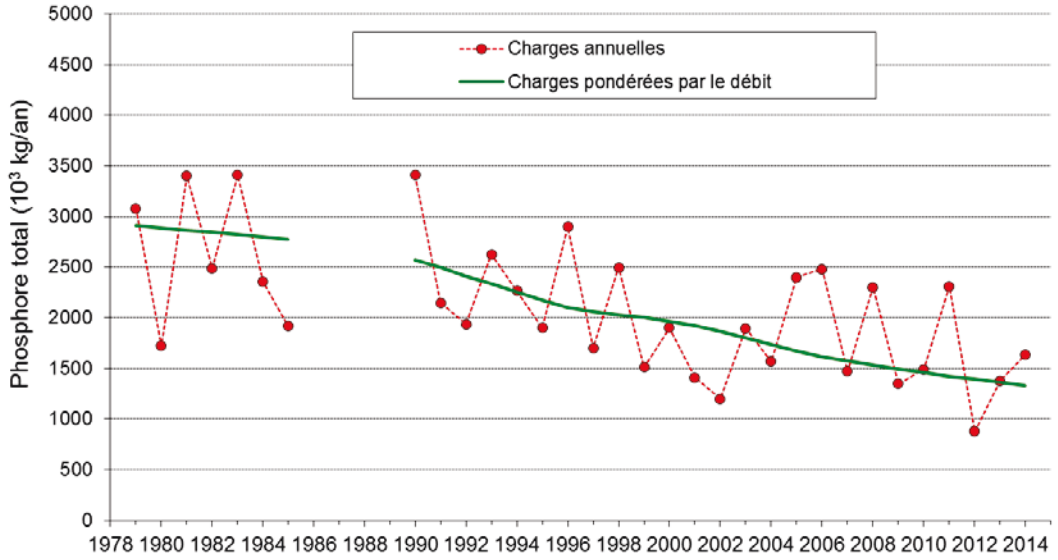


Figure 3 *Évolution temporelle des charges moyennes annuelles estimées de phosphore total brutes (points rouges) et pondérées par le débit (trait vert) des sept tributaires majeurs du lac Saint-Pierre*

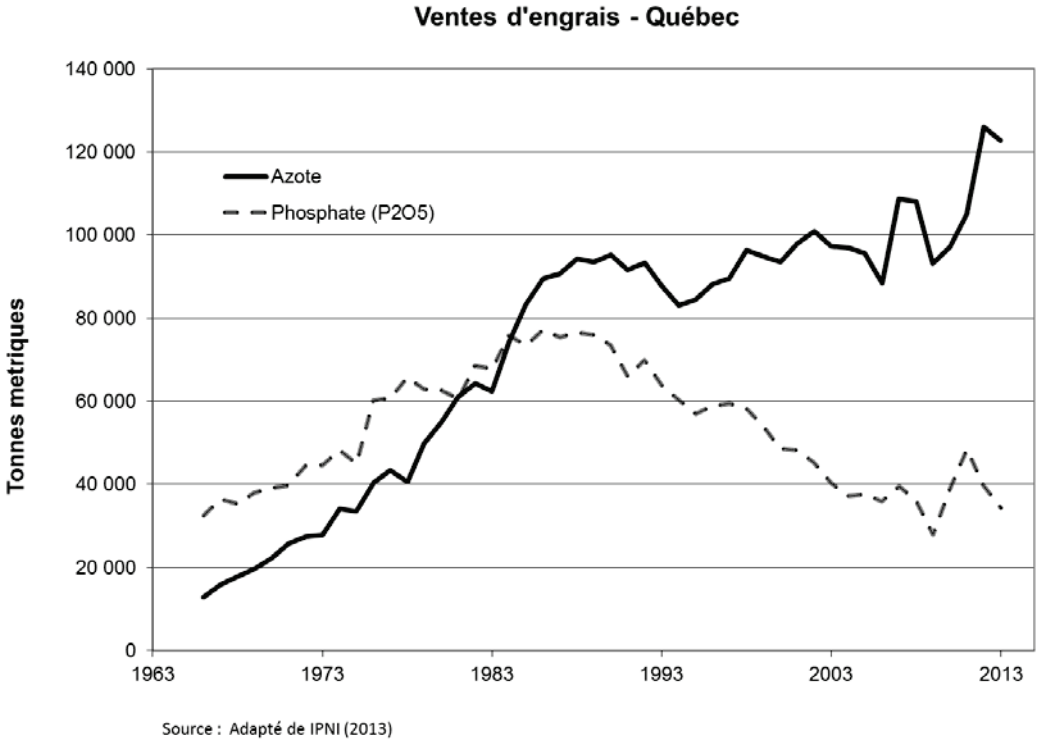


Figure 4 *Évolution temporelle des ventes d'engrais phosphatés et azotés au Québec de 1963 à 2013*

3.1.2 Nitrates-nitrites

À l'opposé du phosphore total, l'analyse des séries chronologiques des concentrations et des charges de nitrates-nitrites de la période 1979-2014 montre des tendances généralisées à la hausse pour les huit tributaires du lac Saint-Pierre (tableau 7 et annexe 8). Les augmentations de concentrations observées pour la période de 1981 à 2012 sont en moyenne de 0,29 mg N/L, variant de 0,03 mg N/L pour la rivière Richelieu à 0,87 mg N/L pour la rivière Bayonne. Exprimées en pourcentage, ces hausses de concentrations sont en moyenne de 55 %, allant de 12 % pour la rivière Richelieu à 89 % pour la rivière Nicolet Sud-Ouest.

Ces augmentations de concentrations se traduisent par des hausses de charge de 52 % en moyenne au cours de la même période (tableau 7), soit de 24 % pour la rivière Richelieu à 94 % pour la rivière Nicolet Sud-Ouest. Au total, la hausse cumulée des charges de nitrates-nitrites de sept des huit tributaires a atteint 4 338 tonnes (figure 5), soit 4 153 tonnes (96 %) pour les cours d'eau de la rive sud et 185 tonnes (4 %) pour les deux tributaires de la rive nord. La rivière Bayonne a été exclue du calcul de la charge cumulée des nitrates-nitrites en raison de l'absence prolongée de données causée par l'interruption de son suivi entre 1985 et 1995. La tendance à la hausse perçue pour l'ensemble de la période 1981-2012 n'est toutefois pas linéaire. Comme le laissent voir les données annuelles cumulées des sept tributaires, une augmentation de 30 % a été enregistrée au cours de la décennie 1981-1991, suivie d'une hausse plus légère de 4 % pour la décennie 1991-2001 et, finalement, d'une légère baisse de 4 % pour la décennie 2001-2012.

Contrairement au phosphore total, la comparaison des taux de variation des concentrations et des charges de nitrates-nitrites, exprimés en pourcentage, révèle que la hausse des charges était supérieure à celle des concentrations dans six cas sur huit (tableau 7). Pour ces rivières, les écarts variaient de négligeable (1 %) pour la rivière Yamaska à très important (42 %) pour la rivière Bayonne. La hausse des nitrates-nitrites semblait donc plus marquée pour la plage des débits élevés, ce qui correspond à des apports de sources diffuses. À l'inverse, les taux de variation des concentrations étaient respectivement 12 % et 24 % plus élevés que ceux des charges pour les rivières Nicolet et Saint-François. Cela signifie que pour ces deux rivières, les concentrations étaient plus élevées pour la plage des débits moyens à faibles, ce qui traduit un apport de sources ponctuelles ou de la nappe phréatique. Outre les nombreux rejets d'eaux usées municipales traitées ou non, ces deux rivières reçoivent aussi les effluents de papetières. Ces concentrations élevées combinées à des débits moins importants exercent ainsi une influence plus faible sur la charge annuelle des nitrates-nitrites. L'accroissement plus équilibré des concentrations et des charges de la rivière Yamaska montre que la hausse des concentrations était notée pour toute la plage des débits. Dans le cas de la rivière Richelieu, la hausse de 660 tonnes métriques déjà mesurée à la hauteur de Lacolle, entre 1981 et 2012, signifie que la contribution de la portion québécoise du bassin se chiffrait à 320 tonnes métriques.

La hausse globale de 30 % observée pour les sept tributaires du lac Saint-Pierre au cours de la décennie 1981-1991 correspond à une période où l'activité agricole était en effervescence au Québec. C'est en effet au cours de cette période que les superficies en cultures annuelles ont augmenté au détriment des cultures pérennes et que le cheptel porcin était en expansion (MENV, 2003). Les épandages d'engrais de ferme étaient substantiels sur les sols cultivés, notamment les superficies en maïs qui exigent des quantités importantes d'engrais azotés. Les données sur les ventes d'engrais azotés au Québec, de 1965 à 2015 (figure 4; IPNI, 2013), montre une augmentation particulièrement importante de la consommation d'engrais azoté entre 1975 et 1990. Cette plus grande utilisation des engrais minéraux possiblement associée aux changements de cultures et à la disponibilité importante des engrais de ferme pourraient expliquer aussi l'augmentation observée dans les concentrations de nitrates des cours d'eau étudiés.

Tableau 7 Taux de variation des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit au cours de la période 1981-2012

Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Tributaire	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
Bayonne	0,87	0,028	83	2,7
Maskinongé	0,10	0,003	58	1,9
Du Loup	0,08	0,003	37	1,2
Richelieu	0,03	0,001	7	0,2
Yamaska	0,27	0,009	23	0,7
Saint-François	0,17	0,006	70	2,3
Nicolet Sud-Ouest	0,33	0,011	84	2,7
Nicolet	0,45	0,014	77	2,5

Tendances des charges

Tributaire	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
Bayonne	300	9,7	125	4,0
Maskinongé	104	3,4	81	2,6
Du Loup	116	3,7	58	1,9
Richelieu	980	32	20	0,6
Yamaska	785	25	24	0,8
Saint-François	841	27	46	1,5
Nicolet Sud-Ouest	409	13	88	2,8
Nicolet	476	15	65	2,1

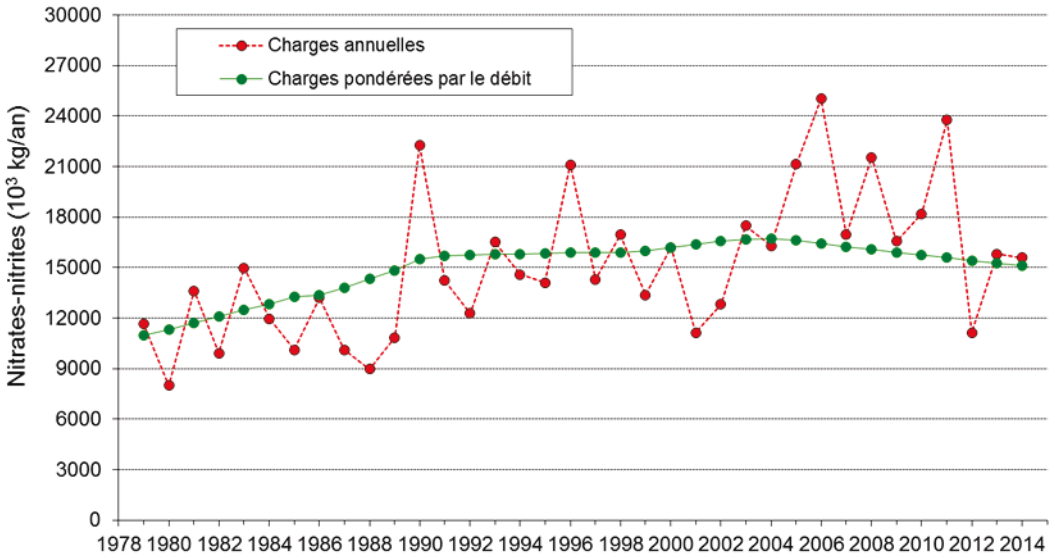


Figure 5 Évolution temporelle des charges moyennes annuelles estimées de nitrates-nitrites brutes (points rouges) et pondérées par le débit (trait vert) des sept tributaires majeurs du lac Saint-Pierre

3.1.3 Matières en suspension (MES)

À l'image du phosphore total, l'analyse des séries chronologiques de concentrations de MES de la période 1979-2014 montre des tendances à la baisse pour les huit tributaires du lac Saint-Pierre (tableau 8 et annexe 8). Les tributaires affichent des diminutions moyennes de l'ordre 9 mg/L, avec des mesures qui oscillent entre -1,4 mg/L pour la rivière Bayonne et -24 mg/L pour la rivière du Loup. Exprimées en pourcentage, ces baisses de concentrations varient de -4 % pour la rivière Bayonne à -57 % pour la rivière du Loup.

À l'exception de la rivière Bayonne, pour laquelle la baisse de -4 % des concentrations de MES se traduit par une hausse de 41 % des charges, les baisses des autres cours d'eau sont accompagnées par des diminutions de charges pendant la même période (tableau 8). Ces baisses varient de -20 % pour la rivière Nicolet à -51 % pour la rivière du Loup. Au total, la baisse globale des charges de MES de sept des huit tributaires enregistrée entre 1981 et 2012 a atteint 333 407 tonnes métriques (figure 6), soit 294 277 tonnes (88 %) pour les cours d'eau de la rive sud et 39 130 tonnes métriques (12 %) pour les deux tributaires de la rive nord. La rivière Bayonne a de nouveau été exclue du calcul de la charge cumulée des MES en raison de l'absence prolongée de données causée par l'interruption de son suivi entre 1985 et 1995. La tendance à la baisse enregistrée pour l'ensemble de la période 1981-2012 n'est toutefois pas linéaire. Comme le laissent voir les données annuelles cumulées des sept tributaires, une baisse de 24 % est observée au cours de la décennie 1981-1991, suivie d'une baisse plus faible de 12 % pour la décennie 1991-2001 et, finalement, d'une hausse négligeable de 2 % pour la période 2001-2012.

La comparaison des taux de variation des concentrations et des charges des tributaires pour l'ensemble de la période 1981-2012 révèle des écarts négligeables pour deux des huit tributaires, soit les rivières Maskinongé et Nicolet Sud-Ouest. Cet équilibre révèle que les baisses de concentrations étaient observées pour toute la plage des débits, ce qui indique qu'elles touchaient à la fois les sources ponctuelles et diffuses. La différence la plus importante, qui a été notée pour la rivière Bayonne, indique que la faible diminution des concentrations touchait principalement la plage des débits modérés à faibles de la rivière. En revanche, la hausse importante des charges au cours de la même période montre que les concentrations de MES étaient nettement plus hautes pour la plage des débits élevés. Ce constat souligne l'utilisation agricole du territoire de son bassin qui repose en grande partie dans les basses-terres du Saint-Laurent. Contrairement à la rivière Bayonne, la baisse plus importante des charges de la rivière Yamaska, comparativement à ses concentrations, révèle que la réduction des apports était plus marquée pour la plage des débits élevés et qu'elle impliquerait les apports de sources diffuses. Pour conclure, les variations plus fortes à la baisse des concentrations de MES des rivières du Loup, Richelieu, Nicolet et Saint-François montrent que la réduction touchait davantage la plage des débits modérés à faibles de ces rivières, influencée par les apports des sources ponctuelles, et un peu moins celle des débits élevés qui reflète l'influence des apports diffus. L'écart important de 24 % observé pour la rivière Saint-François signifie que la baisse des apports de sources ponctuelles était particulièrement marquée. Cette baisse souligne l'effet cumulatif du traitement des rejets de plusieurs municipalités importantes et des papetières (annexe 10).

Tableau 8 Taux de variation des concentrations et des charges de MES pondérées par le débit au cours de la période 1981-2012

Matières en suspension (MES)
Tendance des concentrations

Tributaire	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
Bayonne	-1,4	-0,04	-4	-0,12
Maskinongé	-4,4	-0,14	-24	-0,79
Du Loup	-24,0	-0,78	-57	-1,80
Richelieu	-6,1	-0,20	-28	-0,89
Yamaska	-8,9	-0,29	-18	-0,58
Saint-François	-14,0	-0,46	-49	-1,60
Nicolet Sud-Ouest	-5,4	-0,18	-19	-0,62
Nicolet	-10,0	-0,33	-29	-0,93

Tendances des charges

Tributaire	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
Bayonne	5 234	169	41	1,30
Maskinongé	-5 386	-174	-23	-0,76
Du Loup	-33 744	-1 089	-51	-1,70
Richelieu	-74 312	-2 397	-21	-0,66
Yamaska	-89 608	-2 891	-26	-0,85
Saint-François	-82 957	-2 676	-25	-0,82
Nicolet Sud-Ouest	-18 218	-588	-21	-0,69
Nicolet	-29 182	-941	-20	-0,63

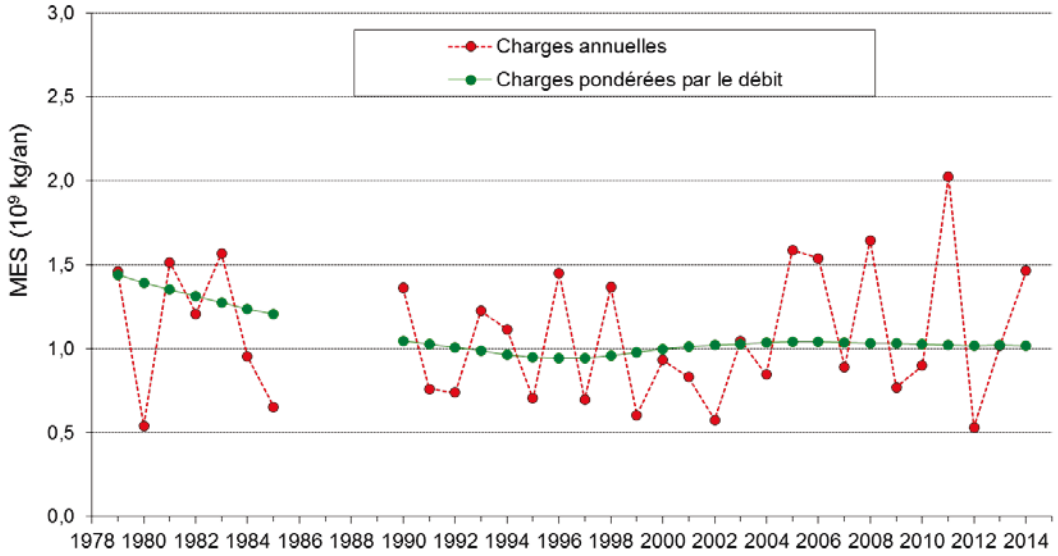


Figure 6 Évolution temporelle des charges moyennes annuelles estimées de MES brutes (points rouges) et pondérées par le débit (trait vert) des sept tributaires majeurs du lac Saint-Pierre

3.2 Portrait récent 2012-2014

Le portrait récent de la qualité de l'eau du fleuve, en amont et en aval du lac Saint-Pierre, et des tributaires directs est brossé à partir des données 2012-2014 colligées dans le cadre des programmes de suivi de la qualité de l'eau du fleuve et des rivières gérés par le MDDELCC. Prises à la fin de la période 1979-2014, ces mesures reflètent les améliorations enregistrées à la suite des interventions d'assainissement effectuées au cours des 35 dernières années.

3.2.1 Qualité générale ($IQBP_6$)

Les résultats du calcul de l'indice de qualité bactériologique et physicochimique de l'eau (IQBP6) pour les stations du fleuve situées en amont du lac Saint-Pierre indiquent que la qualité générale est satisfaisante sur la rive sud (figure 7). En revanche, ils montrent que la qualité est très mauvaise au centre et douteuse sur la rive nord. Comme le laissent voir les données des variables qui entrent dans la composition de l'IQBP (annexe 3 et annexe 7), ce sont les fortes concentrations de coliformes fécaux qui sont responsables de la mauvaise qualité des masses d'eau du centre et de la rive nord. Ces dernières sont fortement influencées par les rejets d'eaux usées traitées, mais non désinfectées, des stations d'épuration de la région de Montréal.

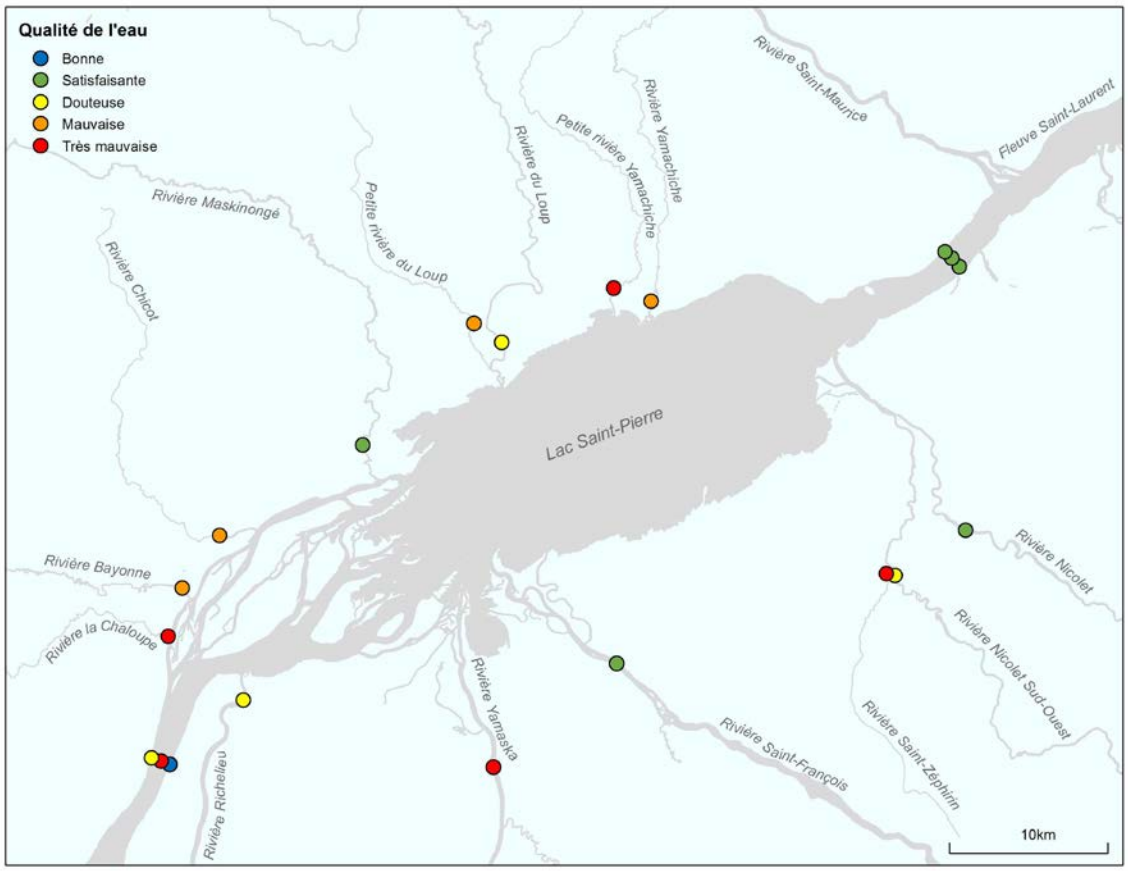


Figure 7 Qualité générale de l'eau du fleuve et des tributaires du lac Saint-Pierre, évaluée au moyen de l'$IQBP_6$ calculé à partir des données de la période 2012-2014

Les résultats du calcul de l'$IQBP_6$ effectué pour les sept tributaires directs de la rive nord du lac Saint-Pierre indiquent que la qualité générale est satisfaisante pour la rivière Maskinongé, douteuse pour la rivière du Loup, mauvaise pour les rivières Bayonne, Chicot, Petite rivière du Loup et Yamachiche, et très mauvaise pour la rivière La Chaloupe et la Petite rivière Yamachiche

(figure 7). Le phosphore total, les nitrates-nitrites et les MES sont les variables qui limitent le plus souvent la qualité de l'eau de ces rivières.

Les bassins versants des quatre tributaires majeurs sur la rive sud du lac Saint-Pierre drainent deux des plus importantes régions agricoles de la province, soit celles de la Montérégie et du Centre-du-Québec. Les résultats du calcul de l'IQBP6 indiquent que la qualité générale est satisfaisante pour les rivières Saint-François et Nicolet, douteuse pour les rivières Richelieu et Nicolet Sud-Ouest et très mauvaise pour la rivière Yamaska et la rivière Saint-Zéphirin (figure 8). Ce sont à nouveau les concentrations d'éléments nutritifs et de MES qui limitent le plus souvent la qualité de l'eau (annexe 3 et annexe 7).

Les résultats du calcul de l'IQBP6, effectué pour les trois stations situées aval du lac Saint-Pierre, à la hauteur de Trois-Rivières, indiquent que la qualité générale est satisfaisante pour les trois masses d'eau (figure 7).

Comme le montre la distribution des mesures de part et d'autre de la médiane de chaque station (figure 8), la qualité générale de l'eau de certaines rivières peut varier beaucoup. L'importance relative des pressions ponctuelles et diffuses de pollution auxquelles le bassin versant d'une rivière est soumis joue un rôle déterminant sur la qualité de l'eau et ses fluctuations. Cette variabilité se veut le reflet des conditions météorologiques changeantes et de ses effets sur le régime des précipitations. Ainsi, la qualité de l'eau varie habituellement de bonne à satisfaisante par temps sec, lorsque le traitement des eaux usées municipales non diluées par les eaux pluviales est optimisé. En revanche, elle varie de mauvaise à très mauvaise en périodes de pluie ou de fonte des neiges, lorsque le ruissellement de surface des territoires urbains et agricoles accroît les apports de sources diffuses et entraîne le débordement occasionnel des ouvrages de surverse.

L'attribution d'une classe de qualité de l'eau pour chacune des stations du fleuve et chacun des tributaires directs du lac Saint-Pierre repose sur la tendance centrale des résultats obtenus de mai à octobre au cours de la période de trois ans. Même si cette règle s'avère utile pour apposer une étiquette à chaque rivière, c'est toutefois la distribution des mesures autour de la médiane qui reflète le mieux les conditions réelles de chaque rivière. Ainsi, la variabilité des mesures des rivières du Loup, Richelieu et Nicolet Sud-Ouest (figure 8) aide à mieux comprendre l'étiquette de qualité douteuse qui leur est attribuée et qui traduit bien cette dualité de la qualité de l'eau qui oscille de satisfaisante à douteuse selon les conditions météorologiques. Soulignons que la prise en compte de la distribution des mesures des rivières Maskinongé et Saint-François permet en outre de départager ces deux cours d'eau qui affichent une qualité médiane satisfaisante. La diminution de la variabilité résultant de l'élimination progressive des mesures élevées autour de la médiane constitue un bon indicateur de l'amélioration de la qualité de l'eau et ce, même si l'indice médian change peu.

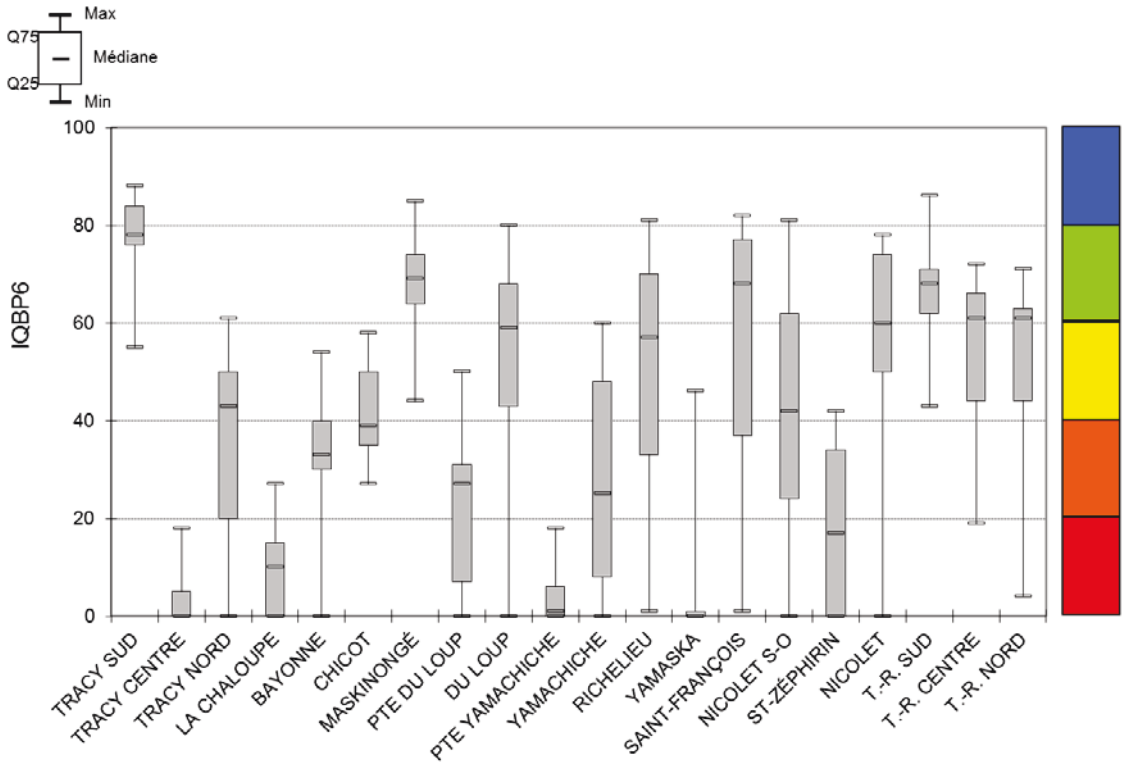


Figure 8 Distribution des mesures de l'IQBP$_6$ observées entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve situées en amont et en aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires

3.2.2 Phosphore total

L'examen de la distribution des concentrations de phosphore des stations du fleuve et des tributaires du lac Saint-Pierre (figure 9a) permet de souligner la tendance centrale et la variabilité des mesures qui les caractérisent. Il ressort de cet exercice que les concentrations des stations du fleuve situées en amont du lac sont faibles et peu variables au cours des mois de mai à octobre. Elles se démarquent des autres stations en étant presque toutes inférieures au critère de 0,03 mg P/L retenu pour prévenir l'eutrophisation accélérée des cours d'eau. Seule la masse d'eau de la rive nord, à la hauteur de Tracy, présente des dépassements dans 29 % des échantillons prélevés, avec des concentrations moyennes qui se situent à 0,039 mg P/L, soit 1,3 fois la valeur du critère (figure 9b et annexe 4.2).

À l'opposé, des dépassements du critère sont enregistrés pour tous les tributaires de la rive nord (figures 9a et 9b). Observés pour respectivement 22 % et 50 % des prélèvements des rivières du Loup et Maskinongé, ils atteignent 100 % pour les autres rivières. Les dépassements moyens sont de 0,033 mg P/L et 0,039 mg P/L pour les deux premières rivières, et ils varient de 0,090 mg P/L à 0,111 mg P/L pour les autres (annexe 4.2.) Ces concentrations élevées traduisent bien l'utilisation du territoire des bassins versants et l'intensité des activités humaines qui s'y déroulent.

Les concentrations de phosphore total des tributaires de la rive sud excèdent la valeur du critère de qualité dans une proportion qui varie de 22 % pour les rivières Saint-François et Nicolet à 100 % pour la rivière Yamaska (figures 9a et 9b). En moyenne, les valeurs excédentaires se situent entre 0,045 mg P/L pour les rivières Richelieu et Saint-François et 0,099 mg P/L pour la rivière Nicolet, soit environ 1,5 à 3,3 fois la valeur du critère (annexe 4.2.).

Finalement, les concentrations de phosphore total enregistrées aux trois stations situées en aval du lac Saint-Pierre sont toujours en deçà de la valeur du critère de qualité (figures 9a et 9b). Les faibles concentrations observées en aval du lac, en dépit des apports importants de phosphore en provenance des tributaires, témoignent de l'effet de trappe exercé par le lac Saint-Pierre. Hudon et Carignan (2008) ont observé que la rétention des éléments nutritifs se produisait principalement en été lorsque les macrophytes étaient abondants et que les courants étaient faibles.

Il existe un lien entre les concentrations de phosphore d'un cours d'eau et la proportion de territoire agricole de son bassin versant. Un lien encore plus étroit est observé entre les concentrations de phosphore et la portion de territoire qu'occupent les cultures annuelles dans le bassin (Gangbazo et coll., 2005). C'est en définitive la superficie de territoire qui reçoit des fertilisants qui explique le plus les valeurs observées. Les besoins d'éléments nutritifs des cultures à grand interligne comme le maïs et le soya étant très importants, leur prédominance sur le territoire est à l'origine des concentrations élevées qui sont mesurées dans les cours d'eau en milieu agricole. Les apports importants en éléments nutritifs, mais également l'absence de couverture végétale sur de longues périodes pouvant augmenter les volumes d'eaux ruisselés et le transport des particules de sols caractéristique de ces cultures expliquent en partie cette relation.

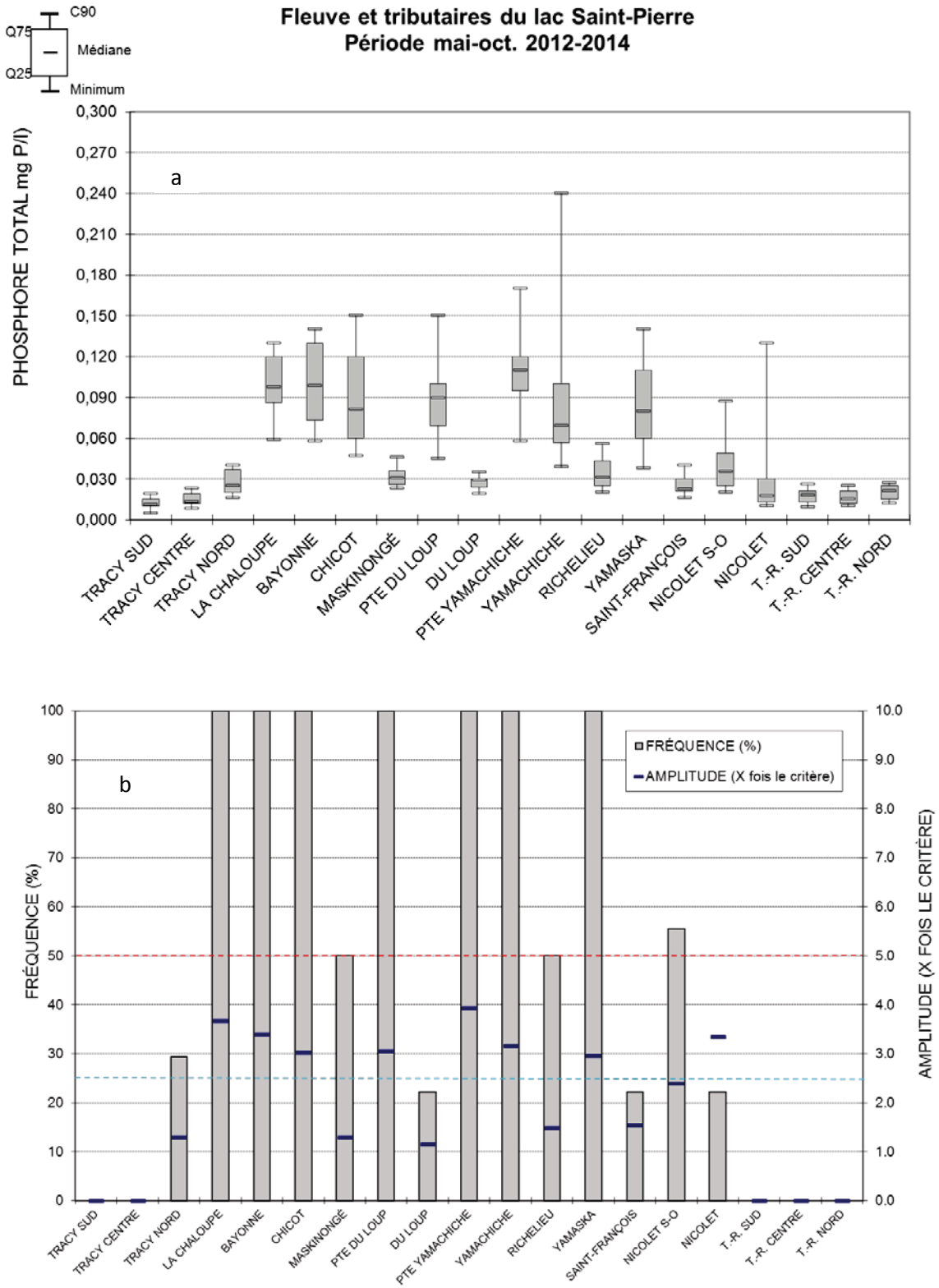


Figure 9 *Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de phosphore total (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de 0,030 mg P/L (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires*

Ce lien étroit entre les cultures annuelles et les concentrations de phosphore des cours d'eau est confirmé par Hébert et Blais (2017) qui ont analysé les liens entre la qualité de l'eau, l'utilisation du territoire et les caractéristiques physiques des bassins versants de 68 cours d'eau du Québec. Leurs résultats révèlent que la proportion de territoire amont occupée par les cultures annuelles explique à elle seule 65 % de la variance des concentrations de phosphore. Les charges de phosphore en provenance du cheptel amont et le cumul des rejets en phosphore provenant des stations d'épuration localisées en amont contribuaient à expliquer respectivement 14 % et 2 % de la variance. Parmi les variables liées aux caractéristiques physiques du territoire, le pourcentage de la superficie amont recouverte de dépôts glacio-marins argileux et de dépôts glacio-marins sableux contribuaient à expliquer respectivement 2 % et 1 % additionnels de la variance.

Au-delà des concentrations élevées de phosphore affichées par les tributaires directs du lac Saint-Pierre, ce sont les charges annuelles déversées par les cours d'eau dans les zones littorales du lac qui sont susceptibles de modifier la qualité des habitats riverains. C'est en effet dans ces zones de sédimentation peu profondes et stables que sont observées en période estivale les températures chaudes et les conditions de luminosité les plus favorables pour la croissance des plantes et des algues.

3.2.3 Azote total, nitrates-nitrites et azote ammoniacal

Les concentrations d'azote total mesurées aux trois stations du fleuve situées en amont du lac Saint-Pierre, à la hauteur de Tracy, sont toutes inférieures à la valeur repère de 1,0 mg N/L (figures 10a et 10b) qui représente environ trois fois la valeur du bruit de fond naturel des cours d'eau (Hébert et Lagacé, 2000). Les concentrations supérieures à cette valeur révèlent habituellement l'influence des activités humaines sur les milieux aquatiques. Conséquemment, les concentrations d'azote des nitrates-nitrites (figures 10a et 10b) sont toutes inférieures au critère de qualité de 2,9 mg N/L retenu pour la protection de la vie aquatique (effets chroniques).

Cinq des sept tributaires de la rive nord affichent des concentrations d'azote total supérieures à la valeur repère de 1,0 mg N/L dans une proportion de 72 % à 100 % des échantillons prélevés (figures 10a et 10b), avec des concentrations moyennes de dépassement qui varient de 1,4 à 2,5 mg N/L dans le cas des rivières Chicot, Yamachiche et Bayonne, et qui atteignent respectivement 9,4 mg N/L et 8,7 mg N/L pour les rivières La Chaloupe et Petite Yamachiche. Les rivières Maskinongé et du Loup n'affichent aucun dépassement. Toutefois, la Petite rivière du Loup qui se jette dans la rivière du Loup se démarque avec des dépassements moyens de 2,5 mg N/L dans 72 % de ses prélèvements (annexe 4.4). La fertilisation et le drainage souterrain des terres agricoles, certains rejets municipaux et industriels de même que la présence de lieux d'enfouissement techniques font partie des activités humaines susceptibles d'acheminer des apports azotés vers les milieux aquatiques.

Les nitrates-nitrites constituent la forme prédominante et la forme la plus stable de l'azote dans les cours d'eau. La rivière La Chaloupe et la Petite rivière Yamachiche sont les tributaires de la rive nord qui affichent les dépassements les plus fréquents du critère de protection de la vie aquatique (effets chroniques, 2,9 mg N/L). Elles se démarquent en raison de leurs concentrations particulièrement élevées de nitrates-nitrites (figure 11a) qui excèdent la valeur du critère dans respectivement 100 % et 88 % des échantillons analysés, avec des concentrations moyennes de l'ordre de 7,5 mg N/L (figure 11b). Dans le cas de la rivière La Chaloupe, les concentrations élevées proviennent du traitement des eaux de lixiviation du lieu d'enfouissement technique de Saint-Thomas qui transforme les eaux riches en azote ammoniacal en nitrate. En ce qui concerne la Petite rivière Yamachiche, les concentrations élevées sont liées à l'utilisation agricole du territoire (81 %), à la dominance des cultures annuelles (72 %) et aux rejets d'un abattoir dont les eaux usées font maintenant l'objet d'un traitement depuis 2012. Des dépassements plus faibles en fréquence (17 %) et en amplitude (1,1 fois le critère) sont aussi observés pour la rivière Bayonne et la Petite rivière du Loup.

Les concentrations d'azote total des tributaires de la rive sud sont particulièrement élevées dans les branches de la rivière Nicolet et dans la rivière Yamaska (figure 10a) pour lesquelles des dépassements de la valeur repère de 1,0 mg N/L sont observés dans respectivement 39 % et plus de 72 % des échantillons analysés (figure 10b). En revanche, des dépassements ne sont notés que pour respectivement 11 % et 6 % des échantillons des rivières Richelieu et Saint-François. Bien que des dépassements soient enregistrés pour les concentrations d'azote total, très peu de dépassements du critère de qualité pour la protection de la vie aquatique sont notés pour l'azote des nitrates-nitrites (figures 11a et 11b). Seule la rivière Yamaska affiche occasionnellement des mesures excédentaires dans 17 % des échantillons prélevés avec une amplitude moyenne de 1,2 fois le critère (annexe 4.4).

Les concentrations d'azote total mesurées aux trois stations situées aval du lac Saint-Pierre, à la hauteur de Trois-Rivières, sont toutes inférieures à la valeur repère de 1,0 mg N/L (figures10a et 10b). Il en est de même pour l'azote des nitrates-nitrites qui affiche constamment des concentrations se situant en deçà de la valeur du critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (figures 11a et 11b).

Les concentrations estivales **d'azote ammoniacal** (données non illustrées; annexes 4.4 et 5) mesurées de mai à octobre aux stations du fleuve situées de part et d'autre du lac Saint-Pierre sont faibles. Elles ne dépassent pas le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (CVAC, effets chroniques), dont la valeur varie selon la température et le pH de l'eau, ni le critère de 0,2 mg N/L qui vise la protection de l'eau brute d'approvisionnement (CPEBA) en assurant l'efficacité de sa désinfection.

En revanche, on note des dépassements de faible amplitude du CPEBA pour quatre tributaires de la rive nord du lac Saint-Pierre, soit les rivières Petite Yamachiche (35 %), Yamachiche (17 %), Chicot (17 %) et La Chaloupe (11 %), de même que la Petite rivière du Loup (11 %) qui se jette dans la rivière du Loup. Aucun dépassement n'est enregistré pour les rivières Bayonne, Maskinongé et du Loup. Quelques rares dépassements de faible amplitude du CVAC sont aussi observés pour la Petite rivière Yamachiche (13 %) et pour la Petite rivière du Loup (6 %).

Sur la rive sud du lac Saint-Pierre, aucune rivière n'affiche de dépassements pour le CVAC ou pour le CPEBA au cours des mois de mai à octobre. Seules les rivières Yamaska, Nicolet et Nicolet Sud-Ouest montrent quelques dépassements du CPEBA dans respectivement 19 %, 9 % et 7 % des échantillons prélevés durant la période froide de novembre à avril (annexe 4.3).

La vaste majorité des dépassements de critères (81 %) est observée dans les petits tributaires au cours des mois de décembre à mars, lorsque la température de l'eau est froide (< 5 °C). Le processus de nitrification de l'azote ammoniacal qui fait appel aux bactéries étant freiné dans ces conditions, les eaux traitées provenant des étangs aérés contiennent des concentrations plus élevées d'azote ammoniacal qui influencent davantage la qualité de l'eau en période d'étiage hivernal.

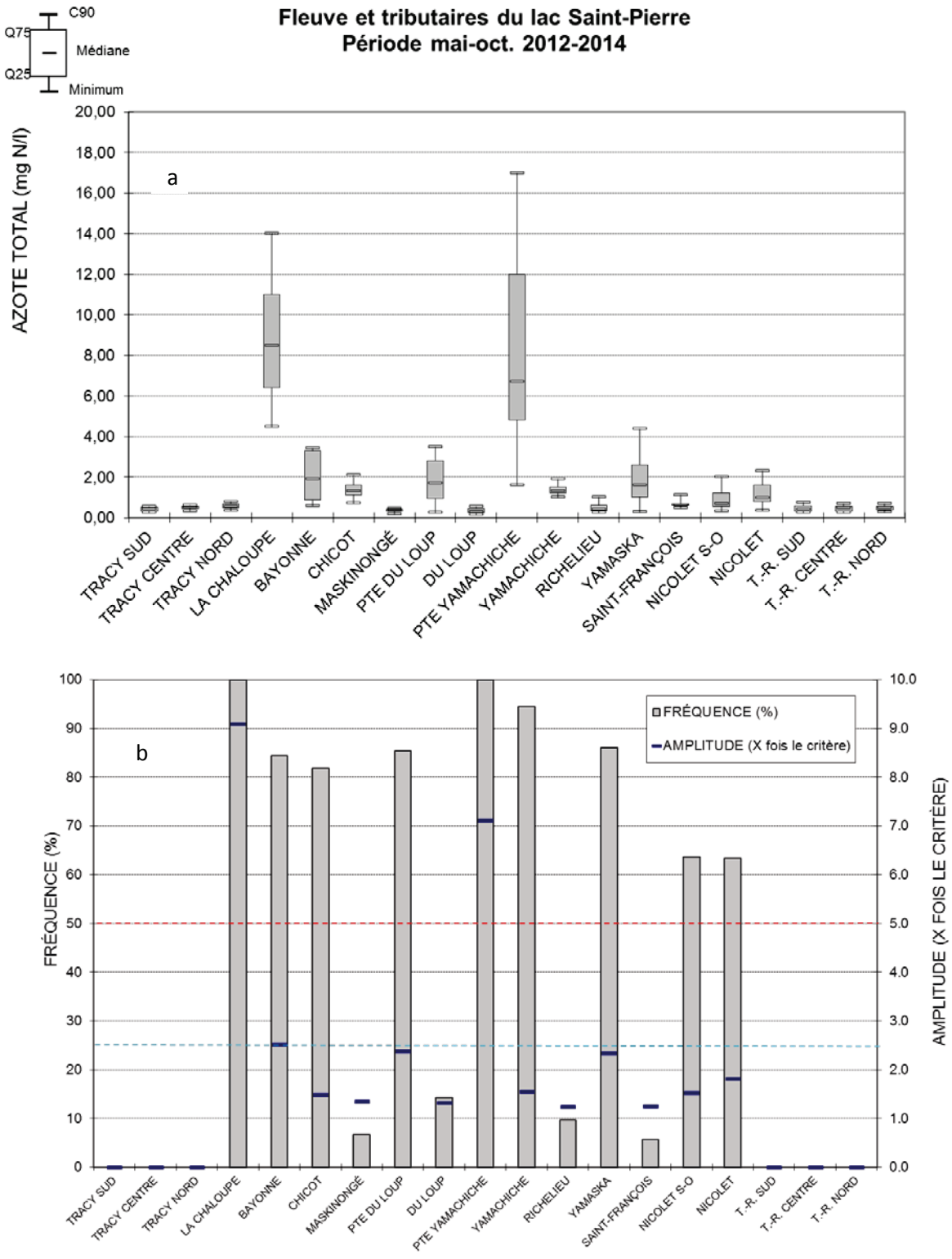


Figure 10 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) d'azote total (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère d'enrichissement de 1,0 mg N/L (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires

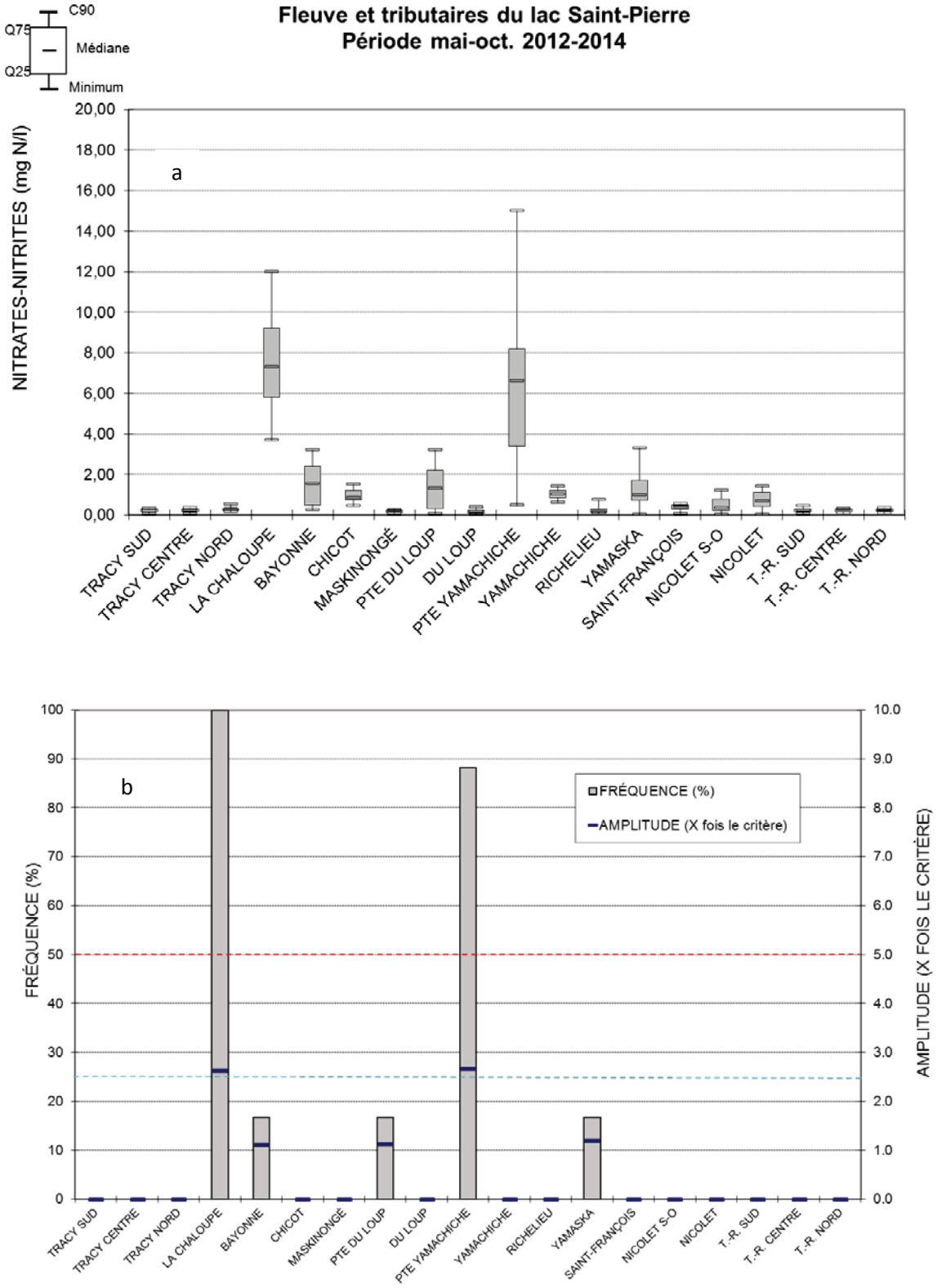


Figure 11 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de nitrates-nitrites (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de 2,9 mg N/L (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires

Hébert et Blais (2017) ont obtenu des modèles prédictifs permettant d'expliquer respectivement 93 % et 88 % de la variance observée dans les concentrations médianes d'azote total et d'azote des nitrates de 67 cours d'eau québécois. Dans leurs modèles, le pourcentage de la superficie amont consacré aux cultures expliquerait à lui seul respectivement 85 % et 75 % de la variance de l'azote total et de l'azote des nitrates. Pour l'azote total, la prise en compte du cheptel amont et de la densité du réseau routier pavé, variable représentant l'occupation humaine et les zones urbanisées et fortement corrélée avec la densité de population en amont, expliquerait respectivement 4 % et 3 % additionnels, tandis que le pourcentage de la superficie amont recouverte de dépôts alluvionnaires deltaïques marins contribuerait à expliquer 1 % supplémentaire de la variance. Dans le cas de l'azote des nitrates, la prise en compte du cheptel amont et de la densité du réseau routier pavé permettrait aussi de hausser le pouvoir explicatif du modèle de 7 % et 3 % respectivement, tandis que l'ajout du pourcentage de la superficie amont recouverte de dépôts glacio-marins sableux et l'ajout du pourcentage de la superficie amont occupé par les milieux humides contribueraient chacun à expliquer 1 % supplémentaire de la variance. La corrélation négative entre les concentrations de nitrates et la proportion de territoire occupée par les milieux humides souligne leur effet de trappe qui contribue à réduire les apports vers les eaux de surface (Mitsch et Gosselink, 1986).

3.2.4 Matières en suspension (MES)

Les concentrations de MES observées aux stations du fleuve en amont du lac Saint-Pierre ne sont pas très élevées dans l'ensemble. La plupart sont inférieures à la valeur repère de 13 mg/L utilisée pour départager les eaux de qualité satisfaisante et douteuse dans le calcul de l'IQBP6 (figure 12a). La station de la rive nord est la seule qui enregistre des concentrations plus élevées que cette valeur dans 41 % des échantillons recueillis, avec des concentrations moyennes de 20 mg/L, soit 1,5 fois la valeur repère (figure 12b et annexe 4.2). Ces concentrations, tout comme celles de phosphore total, pourraient traduire la contribution de certains rejets le long de la rive nord du fleuve.

Une proportion importante des concentrations de MES des tributaires de la rive nord excède la valeur repère de 13 mg/L (figure 12a). Les rivières Bayonne, Chicot, Petite Yamachiche et Yamachiche ainsi que la Petite rivière du Loup retiennent l'attention avec plus de 50 % de dépassements. L'amplitude moyenne varie de 1,2 fois le critère pour la rivière du Loup à 4,1 fois pour la rivière Yamachiche (figure 12b et annexe 4.2). Ce sont les bassins dont une superficie importante se trouve dans la plaine argileuse des basses-terres qui présentent les dépassements les plus fréquents.

Pour les tributaires de la rive sud, la rivière Yamaska se démarque avec une fréquence de dépassements de 89 % et une amplitude moyenne de 4,4 fois la valeur repère, tandis que la rivière Richelieu se classe au second rang avec des dépassements observés pour 44 % des prélèvements et une amplitude moyenne égale à 2 fois la valeur repère. Ce sont toutefois les rivières Nicolet et Nicolet Sud-Ouest qui affichent les amplitudes moyennes les plus élevées, avec des concentrations qui atteignent respectivement 6 et 4,5 fois la valeur repère (figures 12a et 12b et annexe 4.2). La proportion importante du territoire agricole de ces bassins qui repose dans la plaine argileuse des basses-terres et la dominance des cultures annuelles sont des facteurs qui expliquent les résultats observés.

Les résultats de MES des trois stations du fleuve situées en aval du lac Saint-Pierre (figure 12a) indiquent une fréquence de dépassements de 18 % pour la masse d'eau de la rive sud, aucun dépassement pour la masse d'eau centrale et une fréquence de dépassements de 12 % pour la masse d'eau de la rive nord (figure 12b). L'amplitude moyenne des dépassements atteint 20 mg/L pour la masse d'eau sud et 15 mg/L pour la masse d'eau nord (figure 12b).

Les constats effectués pour le phosphore et les MES sont cohérents avec les résultats observés pour les tributaires de la rive sud qui apportent globalement des charges de phosphore et de MES beaucoup plus importantes que celles de l'ensemble des tributaires de la rive nord. En raison de l'écoulement privilégié de l'eau des tributaires dont le panache longe la rive, le littoral du lac Saint-Pierre agit comme une trappe en permettant la sédimentation d'une grande partie des matières en suspension et des éléments nutritifs qui y sont liés.

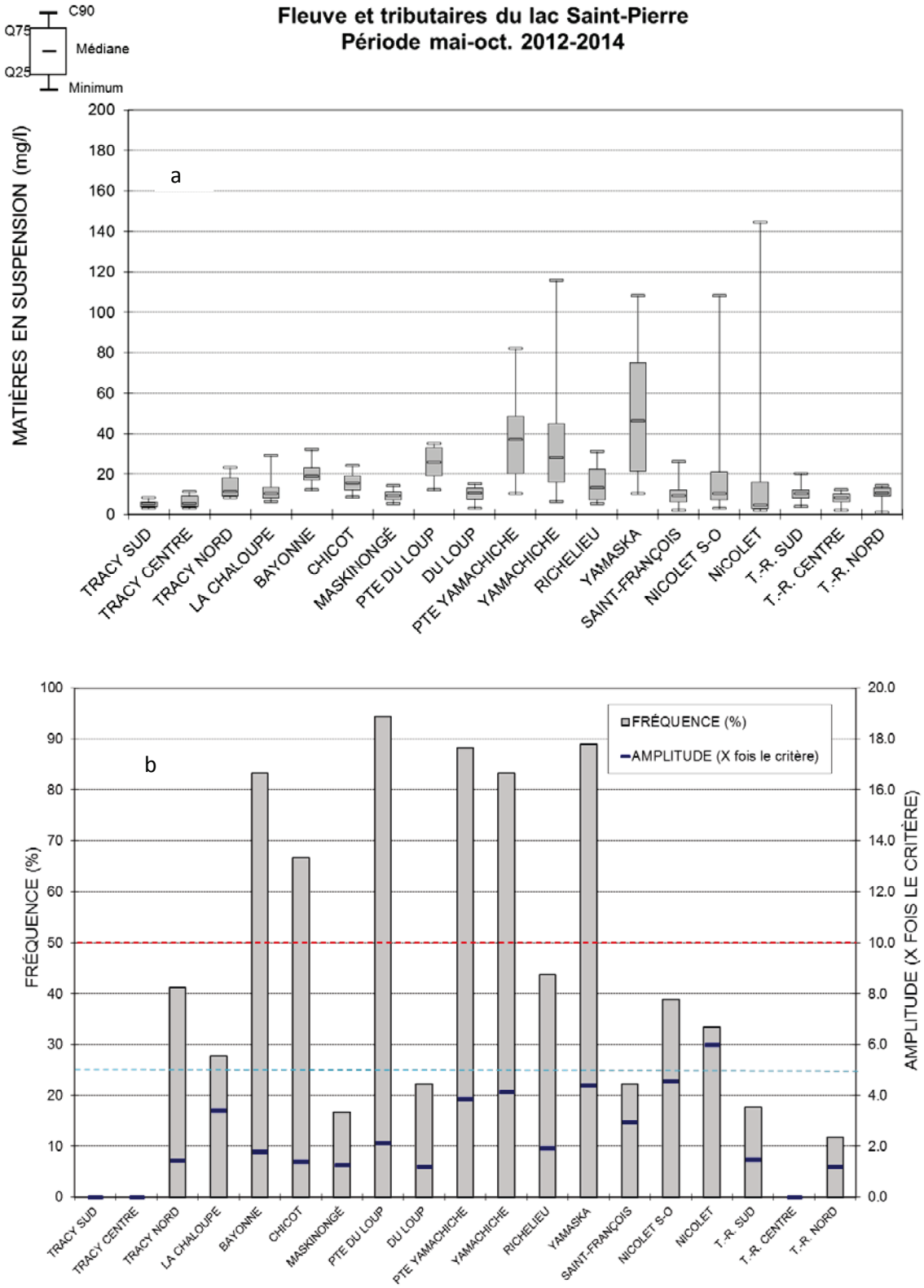


Figure 12 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de MES (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère de 13 mg/L, classe de qualité satisfaisante de l'IQBP$_6$ (b) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires

3.2.5 Chlorophylle a totale

La mesure de la chlorophylle a reflète la biomasse d'algues microscopiques en suspension dans l'eau. Elle constitue par conséquent un bon indicateur de la productivité d'un cours d'eau. Les concentrations mesurées aux stations du fleuve en amont et en aval du lac Saint-Pierre sont toutes inférieures à la valeur repère de 8,6 µg/L (figures 13a et 13b; annexe 4.2). Cette mesure est utilisée pour départager les classes de qualité satisfaisante et douteuse de ce sous-indice de l'IQBP6.

Parmi les sept tributaires directs de la rive nord du lac Saint-Pierre, cinq présentent des dépassements de la valeur repère dans une proportion qui varie de 6 % pour les rivières Chicot et Yamachiche à 22 % pour la rivière Bayonne, 41 % pour la rivière La Chaloupe et 47 % pour la Petite rivière Yamachiche (figures 13a et 13b; annexe 4.2). La Petite rivière du Loup se démarque de la rivière du Loup avec des dépassements qui atteignent 17 % des mesures effectuées. L'amplitude moyenne des dépassements varie de 8,7 µg/L à 19 µg/L, soit de 1,0 à 2,2 fois la valeur repère.

Tous les tributaires de la rive sud présentent des dépassements dans une proportion variant de 17 % pour la rivière Saint-François à 89 % pour la rivière Yamaska, avec des amplitudes oscillant de 12 µg/L pour la rivière Richelieu à 29 µg/L pour la rivière Yamaska (figures 13a et 13b; annexe 4.2), soit de 1,4 à 3,4 fois la valeur repère.

Plusieurs facteurs expliquent la variabilité observée pour cette variable d'état. Bien que la plupart des tributaires montrent des concentrations appréciables d'éléments nutritifs, plusieurs d'entre eux voient leur capacité à produire de la biomasse végétale réduite par des facteurs physiques comme la température de l'eau, le type d'écoulement ou la présence d'une canopée (Dubrovsky et coll., 2010). La clarté d'un cours d'eau, qui est influencée à la base par la couleur et la turbidité naturelles de ses eaux, sera aussi contrôlée par le type d'écoulement de l'eau (Chapman, 1996). Ainsi, un écoulement turbulent pourra limiter la production primaire en mélangeant la colonne d'eau et en réduisant la lumière nécessaire pour la photosynthèse.

La rivière Chicot constitue un exemple de cours d'eau dont les faibles concentrations de chlorophylle a, observées en dépit de concentrations élevées d'azote et de phosphore, pourraient s'expliquer par les mesures élevées de turbidité et de carbone organique dissous (COD) qui limitent sa transparence. En revanche, les concentrations très élevées de chlorophylle a de la rivière Yamaska, qui s'observent en dépit des mesures élevées de COD, de turbidité et de MES, pourraient être liées aux conditions d'écoulement laminaire de l'eau en période d'étiage estival, lesquelles favorisent la sédimentation des MES et procurent une plus grande stabilité de la colonne d'eau. La température élevée de l'eau à cette période pourrait aussi stimuler la croissance des algues et des macrophytes.

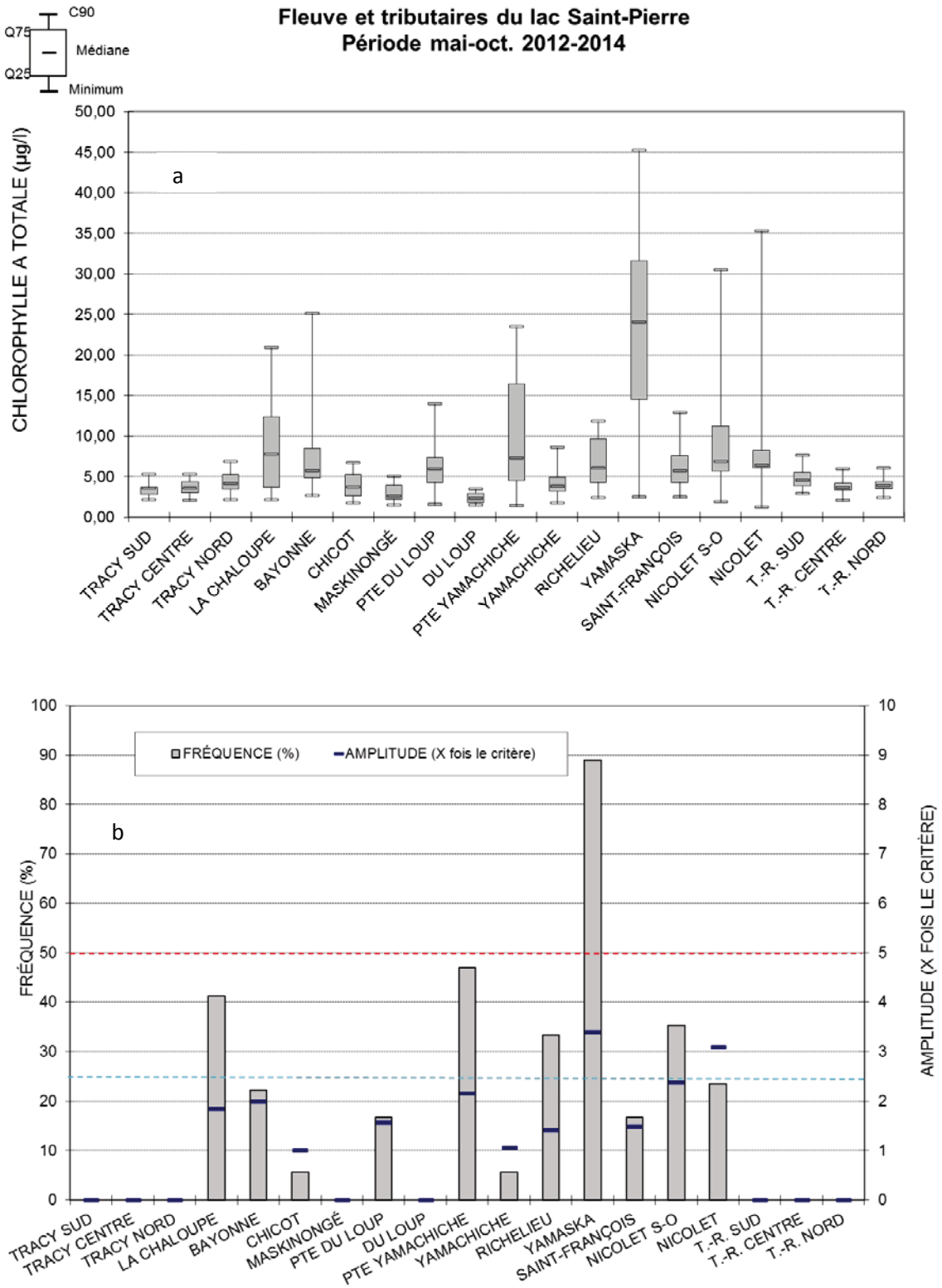


Figure 13 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de chlorophylle a totale (a) et fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère de 8,6 µg/L, classe de qualité satisfaisante de l'IQBP$_6$ (b), observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires

3.2.6 Coliformes fécaux

La récupération de la salubrité des eaux de surface constituait un des principaux objectifs des programmes d'assainissement des eaux lancés au Québec depuis 1978. La mesure des coliformes fécaux, exprimée en unités formatrices de colonies (UFC) par 100 ml, est un indicateur du degré de contamination de l'eau par des matières fécales. La fréquence et l'amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de 200 UFC/100 ml, retenu pour les activités récréatives de contact direct comme la baignade, le ski nautique et la planche à voile, et du critère de 1 000 UFC/100 ml établi pour les activités récréatives de contact indirect comme le canotage ou la pêche, permettent d'évaluer la qualité bactériologique de l'eau et son degré de pollution résiduelle.

Il importe toutefois de souligner que la récupération d'une qualité d'eau permettant la pratique des usages de contact direct constituait un objectif à atteindre seulement pour les cours d'eau où il avait été établi que ces usages étaient à préserver ou à récupérer. La détermination des fréquences de dépassements de ce critère (figure 15a) ne vise qu'à offrir une évaluation de la qualité bactériologique générale de l'ensemble des tributaires sans égard au potentiel réel d'usages de ce type que les rivières peuvent offrir.

En revanche, l'atteinte du degré de qualité bactériologique de l'eau qui permet la pratique des activités de contact indirect constitue l'objectif de base des programmes d'assainissement. Par conséquent, le calcul des fréquences et amplitudes moyennes des dépassements de ce critère offre une mesure du degré de récupération de la qualité de l'eau et de l'atteinte de l'objectif de salubrité décrété pour l'ensemble des rivières du Québec.

Les concentrations de coliformes fécaux des stations du fleuve situées en amont du lac Saint-Pierre soulignent le problème aigu de pollution bactériologique résiduelle provenant des rejets d'eaux usées traitées, mais non encore désinfectées, des stations d'épuration de la Communauté urbaine de Montréal, de Longueuil et de Repentigny (figure 14). Ce sont en particulier les stations des masses d'eau du centre et de la rive nord du fleuve qui affichent les fréquences et les amplitudes de dépassements les plus élevées, avec des concentrations médianes respectives de 6 000 UFC/100 ml et 1 500 UFC/100 ml (figure 14), tandis que la station de la rive sud présente une concentration médiane de 290 UFC/100 ml.

Comme en témoignent les résultats estivaux (figure 14 et annexe 4.6) des tributaires de la rive nord du lac Saint-Pierre, les concentrations mesurées indiquent un degré important de pollution résiduelle par les matières fécales en dépit des améliorations apportées par les interventions d'assainissement. Les concentrations mesurées en période estivale montrent qu'à l'exception des rivières Bayonne et Maskinongé (44 %), toutes les rivières de la rive nord présentent un pourcentage de dépassements pour les activités récréatives de contact direct qui excède 50 % des mesures, avec des amplitudes moyennes de dépassements variant de 420 UFC/100 ml pour la rivière Chicot à 2 520 UFC/100 ml pour la Petite rivière Yamachiche (figures 14 et 15a). Par ailleurs, les pourcentages de dépassements estivaux (figure 15b et annexe 4.6) pour les activités de contact indirect varient d'environ 6 % pour les rivières Bayonne et Maskinongé à 56 % pour la Petite rivière Yamachiche, avec des amplitudes moyennes qui varient de 1 500 UFC/100 ml pour la rivière Maskinongé à 4 900 UFC/100 ml pour la rivière Yamachiche (figures 14 et 15b).

Pour les tributaires de la rive sud, les concentrations mesurées indiquent une fréquence de dépassements du critère pour les activités récréatives de contact direct qui varie de 6 % pour la rivière Richelieu à 33 % pour la rivière Nicolet, avec des amplitudes moyennes de dépassements variant de 260 UFC/100 ml à 2 340 UFC/100 ml respectivement pour les rivières Richelieu et Nicolet Sud-Ouest (figures 14 et 15a). En ce qui concerne les pourcentages de dépassements pour les activités de contact indirect, ils oscillent de 0 % pour les rivières Richelieu et Saint-François à 22 % pour la rivière Nicolet Sud-Ouest, avec des amplitudes moyennes variant de 2 300 UFC/100 ml pour la rivière Yamaska à 3 900 UFC/100 ml pour la rivière Nicolet (figure 15b).

Finalement, les concentrations de coliformes fécaux enregistrées aux stations du fleuve, en aval du lac Saint-Pierre, montrent la persistance de la contamination des masses d'eau observée en amont du lac. Ainsi, un pourcentage élevé de dépassements du critère pour les activités de contact direct est toujours noté en dépit d'une atténuation du degré de contamination des masses d'eau du centre et du nord qui affichent respectivement des concentrations médianes de 800 UFC /100 ml et 700 UFC /100 ml, tandis que la station de la rive sud présente une concentration médiane de 330 UFC/100 ml (figures 15a et 15 b). L'amélioration de la qualité bactériologique de l'eau est surtout perceptible dans la fréquence des dépassements du critère pour les activités de contact indirect des masses d'eau du centre et de la rive nord (figure 15b et annexe 4.6). Elle se traduit aussi dans l'amplitude moyenne des dépassements du critère pour les activités de contact direct. Cette diminution de la pollution bactériologique de l'eau est imputable aux processus de dilution et de désinfection naturelle des eaux soumises à l'irradiation solaire. Elle reflète aussi les effets bénéfiques de l'assainissement des eaux usées municipales dans les bassins versants des tributaires directs du lac Saint-Pierre. L'amélioration de la gestion des fumiers par la construction de structures étanches d'entreposage, la mise en place des plans agroenvironnementaux de fertilisation, le retrait progressif des animaux des cours d'eau et un meilleur contrôle lors des épandages des déjections animales (utilisation de rampes d'épandage) ont aussi contribué à la récupération d'un degré de salubrité satisfaisant pour plusieurs cours d'eau.

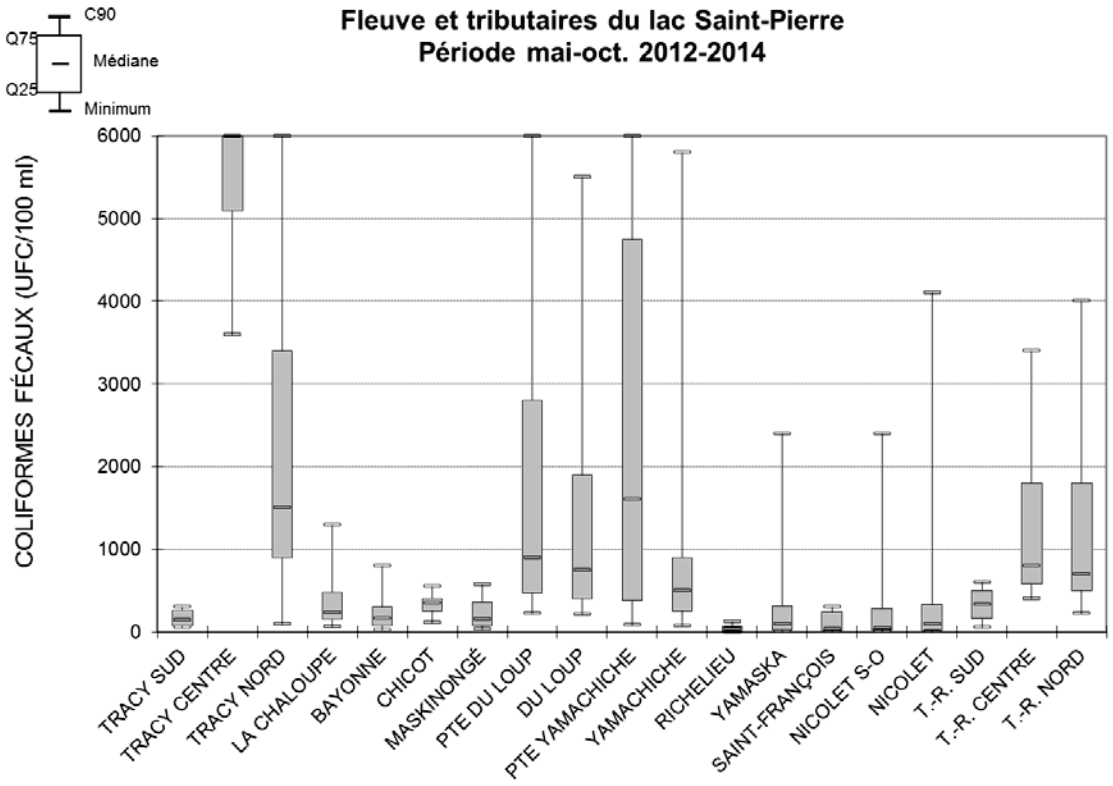


Figure 14 Distribution des concentrations estivales (mai à octobre) de coliformes fécaux observées entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires

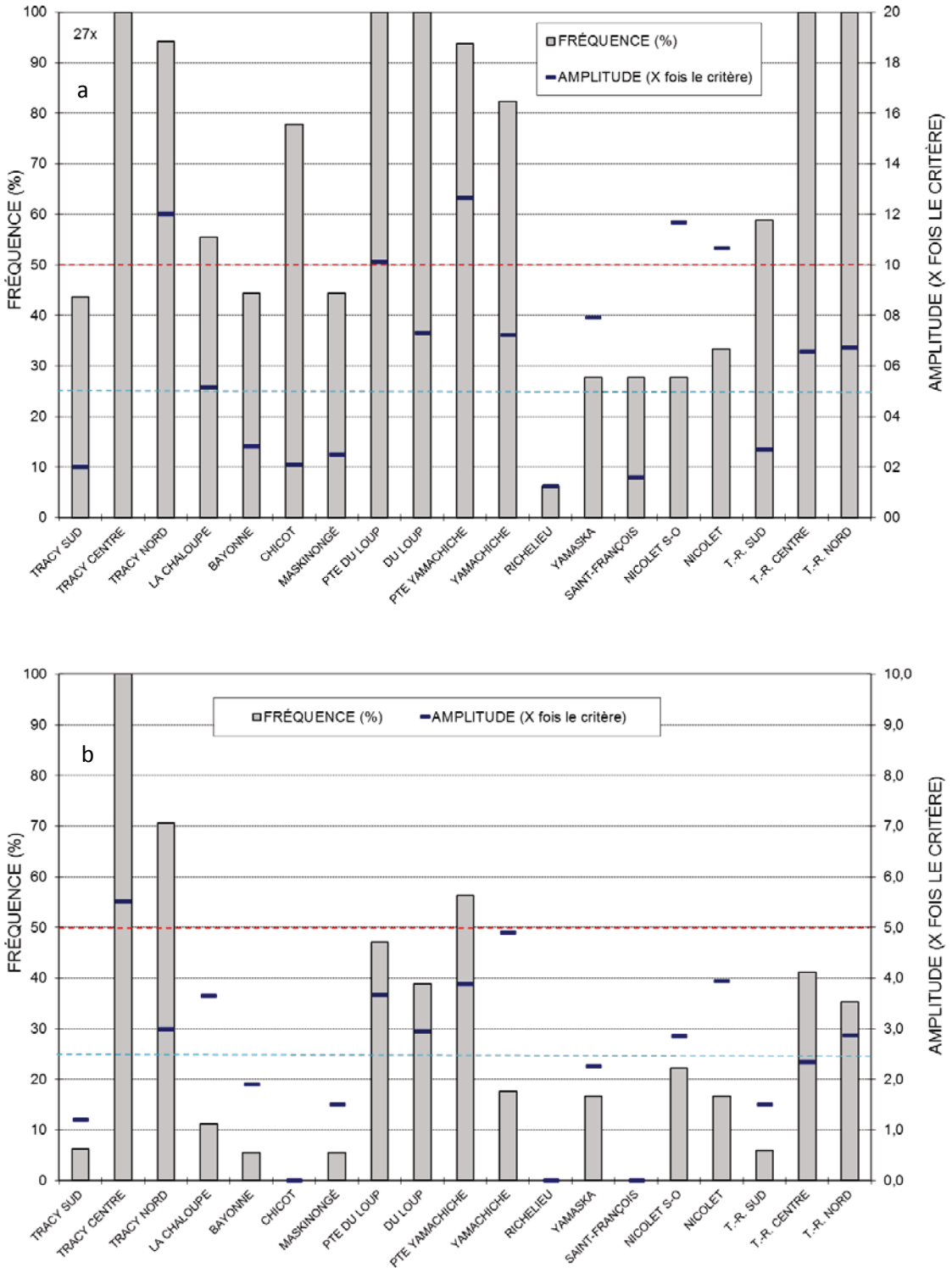


Figure 15 Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai à octobre) des critères de qualité de l'eau (a) pour contact direct (200 UFC/100 ml) et (b) pour contact indirect (1 000 UFC/100 ml) observés entre 2012 et 2014 aux stations du fleuve amont et aval du lac Saint-Pierre et dans ses tributaires

3.3 Charges moyennes annuelles 2009-2012

L'évaluation des charges moyennes annuelles brutes et pondérées par le débit à l'aide de l'approche de modélisation WRTDS n'a été possible que pour les huit tributaires du lac Saint-Pierre qui possédaient de longues séries de données. Afin de comparer les charges de l'ensemble des tributaires, nous avons tiré de Patoine (2017) les estimations de charges effectuées à l'aide du logiciel FLUX32 (Walker, 1996;) pour la période de 2009 à 2012 (tableau 9).

Tableau 9 Évaluation des charges moyennes annuelles de phosphore de 2009 à 2012, superficies et coefficients d'exportation de phosphore par unité de surface des tributaires du lac Saint-Pierre

	Charge[1]		Superficie		Coefficient d'exportation
	kg/an	%	km^2	%	kg/ha
La Chaloupe	10 504	0,7	142	0,6	0,74
Bayonne	34 053	2,4	364	1,5	0,94
Chicot	10 585	0,7	175	0,7	0,60
Maskinongé	37 932	2,6	1095	4,5	0,35
Du Loup	60 597	4,2	1523	6,2	0,40
Petite Yamachiche	14 737	1,0	109	0,4	1,36
Yamachiche	35 485	2,5	266	1,1	1,33
Richelieu, Sorel	431 101	29,9	2488	10,1	1,73
Yamaska	409 306	28,3	4771	19,4	0,86
Saint-François	248 875	17,2	10203	41,6	0,24
Nicolet	150 662	10,4	3401	13,9	0,44
Total	1 443 838	100,0	24 538	100,0	0,59

1 : tiré de Patoine (2017)

Comme le révèlent les résultats obtenus, les cours d'eau qui affichent les charges moyennes annuelles les plus importantes sont ceux qui présentent les plus grandes superficies de bassin versant et, par conséquent, les débits les plus importants. Les quatre principaux tributaires de la rive sud contribuent à eux seuls 86 % de la charge totale déversée au lac Saint-Pierre, comparativement à 14 % pour les tributaires de la rive nord. L'importance relative des charges des rivières Richelieu et Yamaska dépasse la proportion attendue sur la base de l'importance relative de la superficie de leur bassin. Dans le cas de la rivière Richelieu, la charge évaluée qui correspond à la portion québécoise de son bassin s'explique surtout par le débit élevé de la rivière qui constitue l'exutoire du lac Champlain. Dans le cas de la rivière Yamaska, la charge importante est dictée par les concentrations élevées de phosphore liées aux apports de sources diffuses. L'importance relative de la charge de phosphore de la rivière Saint-François est inférieure à celle de sa superficie. Elle s'explique par l'occupation majoritairement forestière de son bassin et l'effet bénéfique de la réduction des apports des sources ponctuelles municipales et industrielles. La contribution globale de la rivière Nicolet est inférieure à celle attendue sur la base de la superficie de son bassin versant. Elle reflète aussi les effets bénéfiques de l'ensemble des interventions d'assainissement. Sur la rive nord, les rivières Bayonne, Petite Yamachiche et Yamachiche présentent des charges de phosphore dont l'importance relative excède la contribution attendue sur la base de la superficie de leurs bassins versants qui sont dominés par les cultures annuelles. À l'opposé, les rivières du Loup et Maskinongé qui présentent les plus grandes superficies de bassin versant montrent une contribution en phosphore qui est inférieure à l'importance de la taille

de leur bassin versant et qui traduit ici aussi l'importance de l'occupation forestière de leur territoire. Finalement, les rivières La Chaloupe et Chicot présentent des charges de phosphore qui sont proportionnelles à la superficie de leurs bassins versants.

Les coefficients d'exportation qui indiquent les pertes de phosphore par unité de surface expriment bien les pressions liées aux diverses occupations du territoire des bassins versants. Les plus faibles taux observés pour les rivières Saint-François, Maskinongé et du Loup se rapprochent de la valeur médiane de 0,27 kg/ha rapportée par Gangbazo et Babin (2000) pour des bassins versants forestiers du Québec. Les taux élevés notés pour les rivières Richelieu, Petite Yamachiche, Yamachiche, Bayonne et Yamaska sont près de la valeur médiane de 0,96 kg/ha et se situent dans la plage de 0,40 à 2,24 kg/ha enregistrée pour des bassins versants agricoles par les mêmes auteurs. La faible superficie du bassin versant et la dominance des cultures à grand interligne de plusieurs d'entre eux pourraient expliquer les pertes particulièrement élevées observées pour certains tributaires (Gangbazo, 2011).

Patoine (2017) a formulé l'hypothèse que le phosphore en provenance des différentes sources était également susceptible d'être exporté vers le cours d'eau. En utilisant l'approche de Gangbazo et Babin (2000), il a évalué à partir des données de la période 2009-2012 l'importance relative des sources de phosphore de chaque tributaire du lac Saint-Pierre (tableau 10). Un apport de source naturelle a tout d'abord été calculé en appliquant un coefficient d'exportation de 0,1 kg/ha à la superficie de territoire du bassin versant occupée par la forêt et les milieux humides (Gangbazo et coll., 2005). Un apport en provenance des sources ponctuelles municipales a ensuite été calculé à partir des données du suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux (SOMAE) du MAMOT pour obtenir la contribution moyenne des stations d'épuration au cours de la période 2009-2012. Un apport des sources industrielles correspondant aux apports des papetières a été compilé pour les bassins versants des rivières

Tableau 10 Charges annuelles moyennes et importance relative des sources de phosphore des principaux tributaires du lac Saint-Pierre au cours de la période 2009 et 2012 (tiré de Patoine, 2017)

Bassin versant	Superficie (km2)	Charges de phosphore par secteur								
		Naturel (kg P/an)	(%)	Municipal (kg P/an)	(%)	Papetières (kg P/an)	(%)	Diffus anthropique (kg P/an)	(%)	Total (kg P/an)
La Chaloupe	142	293	3	706	7	0	0	9 505	90	10 504
Bayonne	364	1 422	4	994	3	0	0	31 637	93	34 053
Chicot	175	1 046	10	20	0	0	0	9 519	90	10 585
Maskinongé	1 095	9 557	25	1 439	4	0	0	26 936	71	37 932
Du Loup	1 523	13 653	23	3 825	6	0	0	43 119	71	60 597
Petite riv. Yamachiche	109	159	1	703	5	0	0	13 875	94	14 737
Yamachiche	266	1 982	6	225	1	0	0	33 278	94	35 485
Richelieu[a]	2 488	5 103	1	62 915	15	0	0	363 083	84	431 101
Yamaska	4 771	18 414	4	122 890	30	0	0	268 002	65	409 306
Saint-François	10 203	74 172	30	94 227	38	25 998	10	54 478	22	248 875
Nicolet	3 401	17 451	12	31 920	21	3 178	2	98 114	65	150 662
Total	24 538	143 252	10	319 864	22	29 176	2	951 546	66	1 443 838

a : Il s'agit de la contribution provenant de la portion québécoise du bassin versant obtenue en soustrayant de la charge mesurée à l'embouchure à Sorel, la charge de 174 000 kg P/an mesurée à Lacolle. Cette charge représente 12 % de la charge totale des onze tributaires du lac Saint-Pierre

Nicolet et Saint-François. Finalement, un apport de source diffuse anthropique a été évalué en soustrayant de la charge totale calculée à l'embouchure de chaque tributaire, les apports ponctuels urbains et industriels et la contribution de source naturelle.

Comme le démontrent les résultats obtenus (tableau 10), le phosphore déversé par les tributaires du lac Saint-Pierre provient à 66 % des apports de sources diffuses anthropiques. Il s'agit principalement des apports de sources agricoles, mais aussi des rejets des résidences isolées, des débordements des émissaires de surverse des réseaux d'égouts, des égouts pluviaux, etc. Les sources ponctuelles municipales, les apports de source naturelle et les apports des papetières représentent respectivement 22 %, 10 % et de 2 % des apports globaux de phosphore.

4 DISCUSSION

4.1 Évolution temporelle

Les concentrations moyennes annuelles d'un élément reflètent habituellement les conditions qui existaient durant les nombreux jours de débits faibles à modérés de l'année. Elles sont principalement déterminées par les apports de sources ponctuelles et de la nappe phréatique. Une tendance significative à la baisse des concentrations traduit par conséquent une diminution des apports de sources ponctuelles ou de la nappe phréatique (Hirsch et coll., 2010).

En revanche, les charges moyennes annuelles auront tendance à refléter, quant à elles, les conditions qui existaient durant les quelques jours de débits très élevés de l'année. Elles sont principalement déterminées par la contribution des sources diffuses liées au ruissellement de surface (Hirsch et coll., 2010). Par conséquent, une tendance à la baisse des charges révèle donc une diminution des apports de sources diffuses.

L'utilisation de l'approche WRTDS revêt un intérêt particulier parce qu'elle permet de calculer des taux distincts de variation des concentrations et des charges pondérées par le débit pour une même période. La comparaison de ces taux de variation pour une même période permet de déduire l'origine des changements observés. Ainsi, des pourcentages de variation des concentrations et des charges semblables indiquent que les changements ont été observés pour toute la plage des débits du cours d'eau et qu'ils découlent à la fois de la réduction des apports des sources ponctuelles et diffuses. Si le taux de variation des concentrations est plus élevé que celui des charges, on conclura alors que la réduction des concentrations n'était pas égale pour toute la plage des débits, qu'elle était plus marquée pour la plage des débits modérés à faibles et conséquemment, qu'elle a eu un effet moins important sur la charge annuelle du cours d'eau.

4.1.1 Phosphore total

Pour la quasi-totalité des cours d'eau étudiés, le pourcentage de variation des concentrations de phosphore est plus élevé que celui des charges (tableau 6). Cet écart s'explique par le fait que les diminutions de concentrations observées sont plus marquées pour la plage des débits faibles à moyens que pour la plage des débits élevés. Une baisse importante des concentrations en période d'étiage exerce une faible influence sur l'évolution des charges annuelles qui sont davantage dictées par les fortes concentrations observées durant les périodes de débits élevés.

Les tendances généralisées à la baisse enregistrées pour les concentrations et les charges de phosphore sont en accord avec les efforts d'assainissement déployés au cours des 35 dernières années. Les taux de variation plus importants des concentrations par rapport aux charges indiquent qu'elles proviennent en grande partie de la réduction des apports de sources ponctuelles d'origine urbaine et industrielle qui ont été ciblées de façon prioritaire par le Programme d'assainissement des eaux usées municipales (PAEQ) lancé à la fin des années 1970. Les sources ponctuelles

agricoles, liées à l'entreposage déficient des fumiers, ont elles aussi été visées tôt par la réglementation adoptée en 1981, à savoir le Règlement sur la prévention de la pollution de l'eau par les établissements de production animale (RPPEEPA), en vue de réduire les problèmes aigus de certains bassins versants, notamment ceux des rivières Yamaska, L'Assomption et Chaudière.

Le Programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PAAGF), adopté en 1988, et les programmes subséquents comme le Programme d'aide à l'investissement en agroenvironnement (PAIA), adopté en 1997, et le programme de soutien financier Prime-Vert, lancé au printemps 1999, ont tous permis l'entreposage étanche des déjections animales.

L'amélioration progressive des pratiques associées à la valorisation des déjections animales et la fertilisation des cultures au cours des années 1990, notamment suite à l'entrée en vigueur du Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole (RRPOA) en 1997, permis de réduire progressivement les apports de sources diffuses agricoles. Ces mesures ont été reprises et augmentées par la suite dans le cadre du Règlement sur les exploitations agricoles (REA) de 2002 et elles ont contribué à l'atteinte des bilans phosphore équilibrés.

L'analyse des taux de variation des concentrations et des charges (annexe 9) par période révèle que la baisse des concentrations est plus accentuée au cours des deux premières décennies (1981 à 2001). Les effets cumulatifs des interventions d'assainissement agricole destinées à réduire la pollution diffuse, par l'utilisation étendue des PAEF et l'atteinte progressive des bilans phosphore équilibrés, ne se font vraiment ressentir qu'à partir de la période 2001-2012. Il importe de souligner que l'effet attendu des changements de pratiques agricoles sur la qualité des cours d'eau nécessite plus de temps. Parmi les raisons qui expliquent le délai entre l'action, c'est-à-dire la mise en œuvre des pratiques agricoles bénéfiques (PAB), et la réponse, c'est-à-dire un changement détectable dans la qualité de l'eau, il faut mentionner la durée de temps requise pour que les changements apportés atteignent une superficie de territoire suffisante pour produire un effet sur le milieu aquatique. Pour plusieurs bassins versants agricoles, l'amélioration de la qualité de l'eau nécessitera davantage de temps parce que la réduction de la pression exercée sur les milieux aquatiques exigera que la mise en place des PAB permette une baisse du niveau élevé de fertilité des sols qui reflète les effets des pratiques antérieures de fertilisation. Les concentrations de phosphore total des cours d'eau sont liées de près à la prépondérance des cultures annuelles observée dans leurs bassins versants.

4.1.2 Azote des nitrates-nitrites

Contrairement au phosphore, l'évolution des concentrations et des charges d'azote des nitrates-nitrites, la forme la plus stable de l'azote dans les eaux de surface, montre une augmentation significative pour l'ensemble des tributaires au cours de la période 1979-2014. Pour cinq des huit tributaires, le pourcentage de variation des charges pour l'ensemble de la période dépasse celui des concentrations, un constat qui indique que la hausse des concentrations était plus marquée pour la plage des débits élevés et qu'elle provenait des apports de sources diffuses. Les rivières Saint-François et Nicolet affichent une variation plus importante des concentrations, indiquant que la hausse des nitrates provenait davantage des sources ponctuelles. Seules les rivières Yamaska et Nicolet Sud-Ouest présentent des taux de variation équilibrés.

Cette hausse provient en grande partie de l'accroissement important des concentrations observé au cours de la décennie 1981-1991. Bien qu'elle se soit maintenue au cours des deux décennies suivantes pour certains cours d'eau, cette augmentation s'est révélée plus modérée par la suite. Des diminutions ont même été enregistrées pour certains cours d'eau, comme les rivières Richelieu, Yamaska, Nicolet Sud-Ouest, Bayonne et du Loup.

L'accroissement majeur observé au cours de la période 1981-1991 (annexe 10) est apparu au moment où les interventions d'assainissement s'amorçaient au Québec. Il correspond en outre à une période où l'activité agricole connaissait une croissance fulgurante au Québec, tant sur le plan de la production animale que sur le plan des productions végétales. Cette période a en effet été

marquée par un important accroissement du cheptel porcin alors que l'entreposage des fumiers et lisiers était déficient et que les premières mesures (RPPEEPA) visant à corriger ce problème venaient tout juste d'être adoptées en 1981. De plus, les superficies des cultures annuelles dites à grand interligne comme le maïs et soya étaient elles aussi en pleine expansion. Conséquemment, la période 1981-1991 a été marquée par une hausse des pressions anthropiques sur l'ensemble du territoire québécois, notamment dans les bassins versants des basses-terres du Saint-Laurent qui présentent une forte proportion de territoire agricole.

Dans le cas des bassins versants des rivières Yamaska, Nicolet et Maskinongé qui ont vu très tôt une forte proportion de leurs eaux usées traitées par la mise en place de plusieurs stations d'épuration entre 1981 et 1990, une part importante de la hausse des nitrates provient des effluents municipaux traités. La rivière Saint-François se démarque des autres tributaires avec un taux de variation des concentrations (37 %) plus important que celui des charges (27 %). Cet écart suggère que la hausse des concentrations serait plus attribuable aux apports de sources ponctuelles liés à la mise en service de trente stations d'épuration entre 1981 et 1990 qu'aux apports de sources diffuses.

Les périodes 1991-2001 et 2001-2012 ont été marquées par un accroissement modéré ou par une diminution des concentrations de nitrates (annexe 10). Selon les bassins versants et l'importance relative des sources ponctuelles et diffuses en présence, la hausse des nitrates est liée à la nitrification des eaux usées municipales, au fur et à mesure que les stations d'épuration ont été mises en place et, dans plusieurs cas, à l'augmentation de la proportion des cultures annuelles observées dans les secteurs agricoles. La baisse observée au cours de la période 2001-2012 traduit bien l'effet cumulatif des interventions d'assainissement agricole qui ont ciblé tout d'abord les sources ponctuelles, à compter de 1988, par l'entreposage amélioré des fumiers dans le cadre du PAAGF, puis les sources diffuses d'azote par la mise en place progressive des PAEF. L'épandage des engrais de ferme sur la base de leur contenu en phosphore plutôt que sur celle de leur contenu en azote, a ainsi permis de réduire la surfertilisation azotée.

Une pollution résiduelle provient du traitement des eaux usées municipales qui transforme l'azote organique et ammoniacal en nitrates, mais elle découle surtout du ruissellement de surface et du drainage souterrain des terres agricoles qui reçoivent des fertilisants Contrairement au phosphore qui peut se lier aux particules de sol, les nitrates plus solubles peuvent s'infiltrer plus facilement dans le sol. Ils peuvent alors rejoindre la nappe phréatique ou être captés par les drains souterrains pour être acheminés vers les eaux de surface (Dubrovsky et coll., 2010).

4.1.3 Matières en suspension (MES)

À l'opposé des concentrations de phosphore et de nitrates, pour lesquelles les tendances évidentes étaient toutes à une exception près statistiquement significatives ($P < 0,1$), l'évolution des concentrations et des charges de MES, de 1979 à 2014, est entachée d'une plus grande variabilité qui, sur la base des tests d'hypothèses classiques, se traduit par une absence de tendances significatives (pente = 0; $P > 0,1$). Toutefois, l'utilisation du test WRTDS Bootstrap permet de conclure que les tendances à la baisse observée pour la presque totalité des cours d'eau sont probables. Elles sont même très probables dans le cas des concentrations de la rivière du Loup et des charges de la rivière Yamaska. La rivière Bayonne est la seule qui affiche une absence de tendance pour l'évolution de ses concentrations et qui présente une tendance probable à la hausse pour ses charges de MES.

Cette évolution à la baisse des concentrations et des charges de MES est cohérente avec les efforts d'assainissement qui visaient à réduire les apports de MES de source municipale. Elle suit aussi les tendances à la baisse observée pour le phosphore. Pour les rivières Richelieu, Saint-François, Nicolet et du Loup, la baisse plus importante des concentrations de MES par rapport aux charges signifie que la diminution des apports était plus marquée pour la plage des débits modérés à faibles que pour les débits élevés. Elle indique donc que la réduction des apports de source ponctuelle était plus importante que celle des apports de sources diffuses. Ce constat traduit bien

la réalité des bassins versants des rivières Richelieu et Saint-François qui comptent un grand nombre de municipalités et de stations d'épuration. Ceux des rivières Saint-François et Nicolet Sud-Ouest renferment aussi plusieurs papetières qui ont vu leurs rejets de MES diminuer à la suite de l'adoption, en 1979, du Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers (MDDEP, 2010).

Alors que l'évolution des concentrations et des charges était plus équilibrée pour les rivières Nicolet Sud-Ouest (-19 % vs -21 %) et Maskinongé (-24 % vs -23 %), celle des charges était nettement plus importante pour les rivières Bayonne (-4 % vs +41 %) et Yamaska (-18 % vs -26 %). Dans le cas de la rivière Bayonne, l'augmentation importante des charges est associée surtout aux apports de sources diffuses. Dans le cas de la rivière Yamaska, c'est la diminution plus importante des charges comparativement aux concentrations qui indique que la baisse est plus liée aux apports de sources diffuses.

L'évolution des concentrations de MES des tributaires montre globalement une tendance à la baisse. Cette tendance n'est toutefois pas linéaire. Plus prononcée au cours de la période 1979-1991, la baisse globale des charges des tributaires est moins accentuée pour la période 1991-2001 et elle augmente légèrement de 2001 à 2014.

4.2 Tributaires de la rive nord

Les tributaires de la rive nord du lac Saint-Pierre affichent des concentrations qui sont parmi les plus élevées de tous les cours d'eau qui s'y déversent. Même s'ils apportent globalement des charges moins importantes que celles de la rive sud, en raison de leurs débits plus faibles qui s'expliquent par la superficie réduite de plusieurs bassins versants (< 400 km2), ils exercent localement une grande influence sur la qualité de l'eau de la zone littorale du lac. Comme le démontrent les diagrammes en boîte (figures 7 à 12), les concentrations affichées par certains de ces tributaires sont très variables. Cette caractéristique découle de la faible superficie de leur bassin versant qui leur confère un temps de réponse plus court lors de périodes de pluie.

4.2.1 Rivière La Chaloupe

Les données récentes obtenues au cours de la période 2012-2014 indiquent que la qualité générale de l'eau de la rivière La Chaloupe est très mauvaise, en raison principalement des concentrations élevées de nitrates-nitrites enregistrées à son embouchure (annexe 3). Toutes les concentrations de phosphore total dépassent aussi la valeur du critère de qualité (annexe 4.1). Les concentrations élevées d'éléments nutritifs expliquent les concentrations appréciables de chlorophylle a qui dépassent la valeur repère de 8,6 µg/L dans 41 % des échantillons (annexe 4.1). Ces concentrations sont liées de près à l'utilisation agricole du territoire qui couvre 70 % de la superficie du bassin versant et à la dominance des cultures annuelles qui couvrent 72 % des superficies cultivées (annexe 6.1). Les concentrations particulièrement élevées de nitrates sont toutefois principalement associées au traitement des eaux de lixiviation du lieu d'enfouissement technique de Saint-Thomas qui transforme les eaux riches en azote ammoniacal en nitrates. Les quantités produites dépassent largement la capacité d'assimilation de la rivière.

Quatre municipalités totalisant 10 308 personnes se trouvent dans les limites du bassin versant. Toutefois, aux fins des programmes d'assainissement, la municipalité de Saint-Thomas, seule agglomération du bassin dotée d'un réseau d'égouts, traite ses eaux usées depuis mars 1999, sans toutefois procéder à leur déphosphatation. La qualité bactériologique estivale (mai à octobre) de l'eau est satisfaisante, avec une fréquence de dépassements du critère de contact indirect de 11 % (annexe 4.6).

4.2.2 Rivière Bayonne

Les données récentes de la période 2012-2014 (annexe 3) indiquent que la qualité générale de la rivière Bayonne est mauvaise. En dépit des diminutions notées dans les concentrations de phosphore, les concentrations élevées d'éléments nutritifs et de matières en suspension limitent encore la qualité de l'eau (annexes 4.1 et 4.3). La productivité somme toute limitée de la rivière pourrait s'expliquer par la turbidité naturelle élevée de ses eaux qui contrôle la photosynthèse en limitant la lumière incidente. La qualité de l'eau est liée en grande partie à l'utilisation agricole du bassin, qui accapare près de 56 % de sa superficie, et à la dominance des cultures annuelles qui couvrent 62 % des superficies cultivées (annexe 6.2).

Six municipalités totalisant 12 635 personnes se trouvent dans les limites du bassin versant. Trois d'entre elles sont dotées de réseaux d'égouts et sont desservies par des stations d'épuration. Le traitement des eaux usées municipales contribue à la qualité bactériologique satisfaisante observée de mai à octobre, avec une fréquence de dépassements du critère de contact indirect de 6 % (annexe 4.6).

4.2.3 Rivière Chicot

Les données récentes 2012-2014 révèlent que la qualité générale de la rivière Chicot est mauvaise, en raison principalement des concentrations élevées de phosphore et de MES (annexe 3). Une fréquence élevée de dépassements de la valeur repère de 1 mg N/L est aussi observée pour l'azote total (annexe 4.3). Les concentrations élevées de ces paramètres sont liées de près à l'utilisation agricole du territoire qui couvre 34 % du bassin et à la dominance des cultures annuelles qui couvrent 74 % du territoire cultivé (annexe 6.3). La coloration prononcée et la turbidité naturelle des eaux pourraient expliquer la faible productivité de la rivière.

Bien que trois municipalités aient une portion de territoire dans les limites du bassin, seule la municipalité de Saint-Cuthbert y déverse des eaux usées qui sont traitées depuis septembre 2012. La qualité bactériologique de l'eau est satisfaisante au cours de la période de mai à octobre, en l'absence de dépassements du critère de contact indirect (annexe 4.6). Elle découle aussi du traitement des eaux usées d'un abattoir hors réseau.

4.2.4 Rivière Maskinongé

Les données récentes 2012-2014 indiquent que la qualité générale de l'eau est satisfaisante (annexe 3). Ce constat est en accord avec l'utilisation du territoire qui est dominé à 77 % par la forêt et ne compte que 10 % de territoire agricole (annexe 6.4). Les concentrations de phosphore dépassent la valeur du critère dans 50 % des échantillons prélevés, avec une amplitude moyenne de 39 µg P/L (annexe 4.2). Avec une fréquence de dépassements du critère de contact indirect de 6 % (annexe 4.6), la qualité bactériologique est satisfaisante. Elle témoigne de l'effet bénéfique des interventions d'assainissement qui ont permis de traiter les eaux usées des cinq municipalités du bassin dotées d'un réseau d'égouts.

4.2.5 Rivière du Loup et Petite rivière du Loup

Selon les données récentes 2012-2014 (annexe 3), la Petite rivière du Loup présente une qualité générale très mauvaise qui reflète assez bien l'utilisation principalement agricole de son territoire (62,4 %) situé entièrement dans les basses-terres du Saint-Laurent (annexe 6.5) et qui est dominé à 61 % par les cultures annuelles. Ce sont les MES, le phosphore total, les nitrates et la forte contamination de l'eau par les coliformes fécaux qui limitent tour à tour la qualité de l'eau (annexes 4.1 et 4.3). L'ajout récent de deux stations d'épuration en 2012 fait en sorte que trois municipalités dotées d'un réseau d'égouts sont maintenant desservies par des ouvrages d'assainissement. Selon les données 2013 du Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux (MAMOT, 2014), les trois stations d'épuration respectaient les exigences de rejet concernant les coliformes fécaux et celles concernant les débordements des ouvrages de surverse. La persistance de concentrations élevées de coliformes fécaux (annexe 4.6) semble liée au

ruissellement des terres agricoles qui reçoivent des déjections animales. La densité animale du sous-bassin de la Petite rivière du Loup était de 1,6 unité animale par hectare cultivé en 2008 (OBVRLY, 2014).

De son côté, la qualité générale de l'eau de la rivière du Loup est douteuse, en raison principalement de la variabilité de la qualité bactériologique observée. Dominée par la forêt à 79 % et ayant moins de 10 % de territoire agricole (annexe 6.6), l'utilisation du territoire se traduit par de faibles concentrations d'azote, de phosphore et de MES (annexe 3) et, par conséquent, un faible pourcentage de dépassements des critères de qualité et des valeurs repères (annexes 4.1 et 4.3). Le traitement des eaux usées de quatre municipalités dotées d'un réseau d'égouts fait en sorte que la concentration médiane des coliformes fécaux est satisfaisante puisqu'elle se situe en deçà de 1 000 UFC/100 ml. Des dépassements du critère de qualité pour la protection des activités récréatives de contact indirect persistent toutefois encore (annexe 4.6). Il pourrait s'agir d'apports liés aux débordements des ouvrages de surverse et au ruissellement des terres agricoles qui reçoivent des déjections animales. La densité animale du bassin de la rivière du Loup était de 1,4 unité animale par hectare cultivé en 2008 (OBVRLY, 2014).

4.2.6 Petite rivière Yamachiche

À l'image de la Petite rivière du Loup, le bassin versant de la Petite rivière Yamachiche est situé en totalité dans les basses-terres du Saint-Laurent. Occupées à 82 % par l'agriculture, les superficies cultivées sont dominées à 72 % par les cultures annuelles (annexe 6.7). Selon les données récentes 2012-2014, la qualité générale de l'eau est très mauvaise (annexe 3), étant limitée par les concentrations élevées d'azote (annexe 4.3), de phosphore et de MES (annexe 4.1). La qualité bactériologique de l'eau est souvent déficiente, comme en font foi les nombreux dépassements des critères de qualité (annexe 4.6). La persistance de concentrations élevées de coliformes fécaux pourrait être liée à la présence d'émissaires de débordements. Elle pourrait ici aussi provenir du ruissellement des terres agricoles qui reçoivent des déjections animales. La densité animale du bassin de la petite rivière Yamachiche était de 0,8 unité animale par hectare cultivé en 2008 (OBVRLY, 2014).

4.2.7 Rivière Yamachiche

La qualité générale de l'eau de la rivière Yamachiche évaluée à l'aide des données 2012-2014 est mauvaise (annexe 3). Ce sont les concentrations de MES, de phosphore total (annexe 4.1) et, à un degré moindre, d'azote total (annexe 4.3) qui limitent sa qualité. En dépit d'une concentration médiane satisfaisante des coliformes fécaux, qui se situe en deçà de 1 000 UFC/100 ml, il subsiste une fréquence relativement élevée de dépassements des critères de qualité (annexe 4.6). Ces mesures élevées qui semblent liées aux concentrations de MES suggèrent que la contamination de l'eau par les matières fécales pourrait provenir du ruissellement de surface et du drainage des terres agricoles qui reçoivent des déjections animales. Le milieu agricole couvre près de 21 % du territoire du bassin et les terres agricoles sont dominées à 57 % par les cultures annuelles (annexe 6.8), à l'image des autres tributaires du lac Saint-Pierre. La densité animale du sous-bassin de la rivière Yamachiche était de 2,1 unités animales par hectare cultivé en 2008 (OBVRLY, 2014).

4.2.8 Tributaires orphelins de la rive nord

Comme souligné précédemment, la rive nord du lac Saint-Pierre compte 14 petits tributaires qui se déversent directement dans le lac. Parmi eux, la rivière Cachée et le ruisseau Sarrazin ont été échantillonnés sur une courte période, respectivement en 2011 et 2012. Le calcul de l'IQBP6 effectué sur leurs résultats indique pour chacun d'entre eux une eau de très mauvaise qualité, caractérisée par des concentrations élevées de matières en suspension et de phosphore. Ce constat étonne peu compte tenu de l'importance du milieu agricole sur ce territoire et de la dominance des cultures annuelles qui occupent plus de 70 % des superficies cultivées (annexe 6.9).

4.3 Tributaires de la rive sud

À l'exception de la rivière Saint-François, les tributaires de la rive sud ont une plus grande proportion de leurs bassins versants située dans les basses-terres du Saint-Laurent. Ils renferment aussi la plus grande proportion de la population de l'ensemble des tributaires directs du lac Saint-Pierre. Leur territoire est dominé par des activités agricoles intensives en raison du climat favorable, de la topographie plane et de la qualité des sols qui s'y trouvent. La superficie moyenne des bassins versants de la rive sud étant plus importante que celle des bassins de la rive nord, les cours d'eau possèdent un débit proportionnellement plus élevé. À concentrations égales, les tributaires de la rive sud génèrent des charges plus importantes d'éléments nutritifs et de MES que ceux de la rive nord.

4.3.1 Rivière Richelieu

La qualité générale de l'eau de la rivière Richelieu évaluée à partir des données de la période 2012-2014 (annexe 3) est variable, mais elle se révèle de façon prédominante douteuse. Les concentrations de MES et de phosphore total sont les paramètres qui limitent le plus sa qualité (annexe 4.1). Ce résultat étonne peu lorsque l'on constate que le territoire de 2 480 km2 situé entre Lacolle et Sorel est occupé à 70 % par l'agriculture et qu'il est dominé à 78 % par des cultures annuelles (annexe 6.10). Le lien étroit entre les MES et le phosphore suggère que le ruissellement de surface des terres agricoles est à l'origine des apports. En raison de son débit important et de l'écoulement laminaire de ses eaux, la rivière Richelieu affiche une bonne productivité, comme en témoignent les concentrations de chlorophylle a qui dépassent la valeur repère de 8,6 µg/L dans 33 % des échantillons prélevés (annexe 4.1).

Le bassin versant de la rivière Richelieu compte une importante population de plus de 272 000 personnes. En revanche, la bonne qualité bactériologique de l'eau traduit bien les retombées positives de l'assainissement des eaux usées de 40 des 42 municipalités pourvues d'un réseau d'égouts.

4.3.2 Rivière Yamaska

Comme le montre la tendance centrale des données récentes 2012-2014 de la rivière Yamaska (annexe 3), la qualité de l'eau est encore très mauvaise, en dépit des tendances à l'amélioration observées au cours des 35 dernières années. Comme le soulignent les fréquences de dépassements des critères de qualité et des valeurs repères, ce sont les concentrations de phosphore total, de MES (annexe 4.1), d'azote total (annexe 4.3) et de chlorophylle a qui sont à l'origine de cette dégradation. Les pressions de pollution exercées par l'agriculture, qui occupe 54 % de son territoire et qui est dominée à 66 % par les cultures annuelles (annexe 6.11), demeurent importantes. Elles sont particulièrement ressenties en période estivale en raison de l'étiage sévère de la rivière qui limite sa capacité de dilution. Les concentrations d'éléments nutritifs, le type d'écoulement et la température élevée de l'eau en période estivale sont autant de facteurs qui expliquent les concentrations élevées de chlorophylle a qui témoignent de sa forte productivité.

Le bassin versant de la rivière Yamaska renferme une population de plus de 160 000 personnes réparties dans 67 municipalités. La qualité bactériologique de l'eau a été améliorée par la mise en service de 45 stations d'épuration qui permettent le traitement des eaux usées des 46 municipalités desservies par un réseau d'égouts. Les concentrations de coliformes fécaux excèdent tout de même le critère de qualité de l'eau pour les activités de contact direct dans 28 % des échantillons prélevés entre mai et octobre (annexe 4.6).

4.3.3 Rivière Saint-François

Le portrait récent de la qualité de l'eau de la rivière Saint-François indique que sa qualité générale est variable, mais elle se révèle de façon prédominante satisfaisante. Ce constat traduit bien la dominance de la forêt, qui occupe 62 % de son territoire (annexe 6.12). Le rôle plus limité de l'agriculture, qui ne couvre que 22 % de la superficie du bassin et dont la proportion des cultures

annuelles se limite à 25 % des terres cultivées, reflète quant à lui la faible proportion du territoire du bassin situé dans les basses-terres du Saint-Laurent. La bonne qualité générale de l'eau se répercute dans les faibles pourcentages de dépassements des critères de qualité et des valeurs repères (annexes 4.1 et 4.3).

Le bassin versant de la rivière Saint-François renferme tout près de 300 000 personnes réparties dans 85 municipalités. La bonne qualité bactériologique de l'eau (annexe 4.6) montre les effets positifs des efforts déployés dans le cadre des programmes d'assainissement pour réduire les sources ponctuelles de pollution d'origine urbaine et industrielle. Un total de 67 stations d'épuration assure maintenant le traitement des eaux usées de 54 des 55 municipalités dotées d'un réseau d'égouts.

4.3.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest

Les données récentes sur la qualité de l'eau de la branche sud-ouest de la rivière Nicolet (annexe 3) indiquent que sa qualité générale est plutôt variable et douteuse selon la valeur médiane de l'$IQBP_6$ (annexe 7). Les fréquences de dépassements du critère de qualité du phosphore et des valeurs repères de MES (annexe 4.1) et d'azote total (annexe 4.3) montrent bien l'impact de l'utilisation de son territoire qui est dominé à 47 % par la forêt (annexe 6.14), concentrée dans la partie amont, et à 43 % par l'agriculture, qui prédomine dans la portion aval. Les cultures annuelles qui couvrent 48 % des terres cultivées expliquent en grande partie l'enrichissement des eaux en éléments nutritifs. Les concentrations élevées de chlorophylle a qui excèdent la valeur repère de 8,6 µg/L dans 35 % des échantillons prélevés soulignent sa productivité. La qualité bactériologique de l'eau est bonne en général durant la période de mai à octobre (annexe 4.6). Elle reflète les effets bénéfiques des interventions d'assainissement qui ont permis d'assainir les eaux usées de 10 des 12 municipalités dotées d'un réseau d'égouts. La fréquence des dépassements du critère de qualité de l'eau pour les contacts indirects se situe à 22 %, avec une amplitude moyenne de 2 900 UFC/100 ml. Ils surviennent habituellement en périodes de pluie.

La rivière Saint-Zéphirin qui se déverse dans la rivière Nicolet Sud-Ouest, tout juste en aval de la station d'échantillonnage, contribue à sa détérioration en contribuant des eaux de très mauvaise qualité (annexe 7) riches en phosphore, en azote et en MES (annexe 3). Les concentrations élevées et variables de chlorophylle a témoignent de la forte productivité de ce cours d'eau dont le bassin versant de 78 km^2 est dominé à 54 % par le territoire agricole et dont les superficies cultivées sont couvertes à 70 % par les cultures annuelles (annexe 6.13). Comme plusieurs autres tributaires agricoles des basses-terres du Saint-Laurent, la rivière Saint-Zéphirin montre des traces de plusieurs pesticides (Giroux et Pelletier, 2012; MDDEP, 2012). La qualité bactériologique de l'eau est en général satisfaisante, avec 28 % des concentrations de coliformes fécaux qui excèdent le critère de qualité pour les activités de contact indirect. En revanche, 61 % des concentrations dépassent le critère de qualité pour les activités de contact direct.

4.3.5 Rivière Nicolet

La qualité générale de l'eau de la branche principale de la rivière Nicolet évaluée à partir des données récentes 2012-2014 est moins variable que celle de la branche sud-ouest et meilleure avec sa classe de qualité satisfaisante. L'utilisation du territoire du bassin de la rivière Nicolet est relativement semblable à celle de sa contrepartie sud-ouest (annexe 6.15), avec des pourcentages quasi identiques pour le milieu forestier (47 %) et le milieu agricole (45 %). Les dépassements du critère de qualité du phosphore et des valeurs repères des MES et de la chlorophylle a y sont moins fréquents (annexe 4.1), mais l'amplitude moyenne des dépassements est plus élevée. En revanche, la valeur repère de l'azote total est plus fréquemment dépassée (annexe 4.3). La bonne qualité bactériologique de l'eau montre ici aussi les effets bénéfiques des interventions d'assainissement urbain qui ont permis de traiter les rejets de 7 des 12 municipalités dotées d'un réseau d'égouts. Il subsiste toutefois des dépassements du critère de qualité pour les activités de contact indirect dans 17 % des échantillons prélevés entre mai et octobre, qui atteignent en moyenne 3 700 UFC/100 ml (annexe 4.6).

4.3.6 Tributaires orphelins de la rive sud

La rive sud du lac Saint-Pierre compte un ensemble de petits cours d'eau qui se déversent directement dans le lac et qui ont été désignés collectivement bassins orphelins de la rive sud. Parmi ces 16 tributaires, trois ont été suivis sur une courte période en 2012 ou en 2013, soit les rivières Colbert et Brielle et le ruisseau David-Houle. Le calcul de l'$IQBP_6$ effectué à partir des données de la rivière Brielle et du ruisseau David-Houle a révélé une eau de très mauvaise qualité pour chacun des cours d'eau. Ce sont les concentrations de MES, d'azote et de phosphore, de même que les concentrations très variables de chlorophylle a qui limitaient la qualité de l'eau. De leur côté, les quelques mesures effectuées dans les trois seuls échantillons prélevés dans la rivière Colbert montraient des concentrations très élevées de phosphore qui dépassaient largement le critère de qualité de l'eau.

L'importante superficie agricole des tributaires orphelins de la rive sud, qui atteint globalement 70 % du territoire et qui est dominée à près de 80 % par les cultures annuelles (annexe 6.16), explique largement la mauvaise qualité de l'eau observée. Les eaux de ces ruisseaux s'ajoutent à ceux des tributaires majeurs et contribuent à la dégradation des habitats aquatiques dans le littoral du lac.

CONCLUSION

Les nombreuses interventions d'assainissement des eaux effectuées au cours des 35 dernières années ont permis d'améliorer la qualité générale des eaux du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre. La mise en service de 45 stations d'épuration municipales le long du corridor fluvial, en amont du lac Saint-Pierre, et de 181 autres stations réparties sur le territoire des bassins versants des tributaires directs du lac, a permis de réduire les apports de matières organiques biodégradables, de matières en suspension et de phosphore d'origine municipale et domestique, et contribué à améliorer la qualité bactériologique de l'eau. Les améliorations apportées à la gestion des fumiers, par la mise en place de structures étanches d'entreposage, ont pour leur part permis de réduire les apports ponctuels de source agricole. Le traitement des sources ponctuelles s'est d'ailleurs avéré le point de départ des programmes d'assainissement lancés à compter de la fin des années 1970. Il a rapidement produit des résultats, tout particulièrement dans les bassins et sous-bassins des cours d'eau qui étaient surtout touchés par ce type de pollution.

Les tendances à la baisse observées pour les charges de phosphore indiquent que les interventions destinées à réduire les apports de sources diffuses ont commencé à produire des résultats tangibles. L'application progressive des plans agroenvironnementaux de fertilisation, qui découle de la mise en place des règlements (RRPOA et REA) ciblant les exploitations agricoles, a permis de mieux équilibrer les apports fertilisants en fonction du besoin des cultures tout en prenant en compte la richesse des sols. L'atteinte des bilans phosphore équilibrés par la majorité des producteurs reflète le succès de cette démarche. Toute réduction subséquente des apports de phosphore de sources diffuses nécessitera une comptabilité des efforts déployés à l'échelle des bassins et sous-bassins versants à l'aide d'indicateurs quantitatifs. L'évolution temporelle de ces indicateurs permettra de chiffrer le progrès et servira à guider les interventions futures.

Cependant, force est de constater qu'en dépit des efforts déployés jusqu'à présent, la qualité de l'eau de certains secteurs du fleuve et de la plupart des tributaires du lac Saint-Pierre laisse encore à désirer. Dans le cas du fleuve, la qualité récente de l'eau mesurée aux stations situées en amont du lac, dans le chenal de navigation et dans la masse d'eau au nord de celui-ci, révèle de façon éloquente la pollution résiduelle bactériologique qui provient des rejets d'eaux usées traitées, mais non désinfectées, des stations d'épuration de Montréal, Longueuil et Repentigny.

En raison de l'ampleur de la superficie de leurs bassins versants respectifs et des multiples activités anthropiques qu'ils renferment, les tributaires de la rive sud du lac Saint-Pierre exercent encore une forte pression sur le littoral sud du lac en transportant des charges considérables de matières en suspension et d'éléments nutritifs. Bien qu'ils soient moins importants en superficie, les tributaires de la rive nord exercent eux aussi des pressions sur le littoral du lac. La proximité des terres agricoles dans les basses-terres du Saint-Laurent qui jouxtent les rives du lac Saint-Pierre est de nature à faciliter le transport des contaminants vers les milieux aquatiques. En raison de la dominance des cultures annuelles sur leur territoire, les eaux de ruissellement et de drainage des terres agricoles transportent aussi des résidus de plusieurs pesticides qui pourraient contribuer à la détérioration de la qualité des habitats aquatiques du lac Saint-Pierre qui sont utilisés comme aires de reproduction et sites d'alevinage par plusieurs espèces de poissons.

En dépit des tendances significatives à la baisse observées pour le phosphore dans l'ensemble des tributaires, la fréquence et l'amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité enregistrés au cours de la période 2012-2014 indiquent que les concentrations récentes demeurent trop élevées. La portion prédominante du phosphore résiduel mesuré dans les tributaires (68 %) provient des apports diffus anthropiques. Cette situation découle principalement de l'utilisation agricole importante du territoire des bassins versants et de la dominance des cultures annuelles sur les terres cultivées. Une fraction non négligeable du phosphore (22 %) provient aussi des eaux municipales traitées. Alors que 26 % des stations procèdent à une déphosphatation de leurs eaux usées durant toute l'année, 65 % d'entre elles n'effectuent une déphosphatation que pendant une période de six mois (mai à octobre) et 8 % n'enlèvent pas le phosphore.

L'enlèvement additionnel du phosphore d'origine municipale pourrait constituer une avenue intéressante pour réduire les apports vers le lac Saint-Pierre, étant donné que les équipements de déphosphatation sont déjà existants et qu'il ne nécessiterait que les frais d'exploitation de ces installations. Contrairement à la réduction des apports de sources diffuses qui nécessitera la poursuite des efforts concertés de la part de l'ensemble des intervenants du milieu agricole et qui exigera beaucoup de temps, la réduction du phosphore de source urbaine aurait l'avantage de produire des résultats rapides.

Les effets appréhendés des changements climatiques en devenir se traduiront entre autres par des modifications du régime des précipitations. Qu'ils s'agissent d'une fréquence accrue de périodes de sécheresse prolongée qui viendront diminuer la capacité de dilution des cours d'eau ou d'événements de pluies violentes qui viendront accroître le ruissellement de surface, ces changements exacerberont les problèmes de qualité d'eau existants. Ils nous incitent à agir et à mettre en place des mesures d'adaptation qui réduiront la vulnérabilité des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre qui sont déjà touchés par des étiages sévères et la pollution diffuse.

Outre la réduction de la pollution résiduelle municipale dont le degré de toxicité demeure à évaluer, le rétablissement de l'écosystème aquatique du lac Saint-Pierre repose sur l'amélioration de la qualité de l'eau de ses tributaires qui dépend en grande partie de la réduction des apports des sources diffuses anthropiques, notamment ceux qui proviennent de l'utilisation agricole du territoire. Au-delà de la mise en place de pratiques agricoles bénéfiques déjà amorcée depuis plusieurs années, une intensification des interventions dans les zones considérées comme sensibles, notamment par le retrait des cultures annuelles dans les zones qui posent des risques élevés d'érosion, devrait constituer un axe d'intervention à privilégier. La mise en place et le maintien d'une bande riveraine sur les rives des tributaires agricoles contribueraient aussi à améliorer la qualité des eaux et à rétablir des habitats aquatiques dans le littoral du lac Saint-Pierre.

La Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection est venue confirmer l'approche de gestion intégrée de l'eau à l'échelle du bassin versant comme étant celle qui assurait le mieux la concertation de tous les acteurs de l'eau. De concert avec les principes de la Loi sur le développement durable dont elle fait la promotion et qui vise tous les ministères et organismes gouvernementaux, elle offre les outils nécessaires pour assurer une bonne gouvernance de l'eau et de l'écosystème aquatique du lac Saint-Pierre. Dans l'esprit de cette loi, il importe que les ministères adhèrent eux aussi à cette approche de gestion intégrée et concertée en s'assurant que les programmes et activités dont ils ont la responsabilité respectent les principes de la Loi sur le développement durable et contribuent à la protection des milieux aquatiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BREEUWSMA, A. ET S. SILVA, 1992. *Phosphorus fertilisation and environmental effects in The Netherlands and the Po region (Italy)*. Wageningen, (The Netherlands) : DLO The Winand Staring Center, Rapport 57, 39 p.

CHAPMAN, D. (ED.) 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Second Edition, published on behalf of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, World Health Organization and United Nations Environment Programme, F & FN Spon, 651 p.

CIPAC-LSPI, 2013. Plan de travail 2013-2014 du Comité interministériel pour un plan d'action concerté de rétablissement des habitats aquatiques au lac Saint-Pierre.

Dubrovsky, N.M., Burow, K.R., Clark, G.M., Gronberg, J.M., Hamilton P.A., Hitt, K.J., Mueller, D.K., Munn, M.D., Nolan, B.T., Puckett, L.J., Rupert, M.G., Short, T.M., Spahr, N.E., Sprague, L.A., and Wilber, W.G., 2010, The quality of our Nation's waters—Nutrients in the Nation's streams and groundwater, 1992–2004: U.S. Geological Survey Circular 1350, 174 p. Additional information about this study is available at http://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/circ1350

GANGBAZO, G. ET F. BABIN, 2000. «Pollution de l'eau des rivières dans les bassins agricoles ». Vecteur environnement, vol. 33, nº4, juillet, p. 47-57.

GANGBAZO, G., J. ROY ET A. LE PAGE, 2005. *Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Envirodoq nº ENV/2005/0096, 28 p. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/capacite-phosphore.pdf

GANGBAZO, G., 2011. Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau : un manuel pour assister les organismes de bassin versant du Québec dans la planification de la gestion intégrée des ressources en eau. Québec, Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/guide-elaboration-pde.pdf

GIROUX, I. ET L. PELLETIER, 2012. *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : bilan dans quatre cours d'eau de zones en culture de maïs et de soya en 2008, 2009 et 2010*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-64159-9 (PDF), 46 p. et 3 annexes. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/mais_soya/bilan-4coursdeau-2008-2009-2010.pdf

HÉBERT, S., 1997. *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, Envirodoq nº EN/970102, 20 p. et 4 annexes. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/Eau/eco_aqua/rivieres/indice/IQBP.pdf

HÉBERT, S., ET S. LÉGARÉ, 2000. *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*. Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq nº ENV-2001-0141, rapport nº QE-123, 24 p. et 3 annexes.

HÉBERT, S., ET D. BLAIS, 2017. Territoire et qualité de l'eau : développement de modèles prédictifs, Québec, 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, 30 p.

[En ligne]. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/Rapport_Qualite_Territoire.pdf

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*, vol. 46, nº 5, p. 857-880. DOI: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.2010.00482.x/pdf

HIRSCH, R. M., ET L. A. DE CICCO, 2015. « User guide to Exploration and Graphics for RivEr Trends (EGRET) and dataRetrieval: R packages for hydrologic data (version 2.0, February 2015) ». U.S. Geological Survey Techniques and Methods book 4, chap. A10, 93 p. http://pubs.usgs.gov/tm/04/a10/

HIRSCH, R. M., S. A. ARCHFIELD ET L. A. DE CICCO, 2015. « A Bootstrap Method for Estimating Uncertainty of Water Quality Trends ». *Environmental Modelling and Software*, vol. 73, p. 148-166. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215300220

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) ». Can, J. Fish. Aquat. Sci. 65 :1165-1180.

IPNI, 2013. FERTILIZER USAGES 2013: ASSUMPTIONS AND DATA. INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. http://phosphorus.ipni.net/article/NANE-3033

LACHANCE-CLOUTIER, S., 2014. *Estimation de séries de débits journaliers au site de stations de qualité de l'eau*. Rapport technique, Centre d'expertise hydrique du Québec, Direction de l'expertise hydrique, 29 p.

MAGNAN, P., Y. MAILHOT ET P. DUMONT, 2008. *État du stock de perchaude du lac Saint-Pierre en 2007 et efficacité du plan de gestion de 2005*. Comité aviseur scientifique sur la gestion de la perchaude du lac Saint-Pierre, Université du Québec à Trois-Rivières et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, IV + 28 p. + annexes.

MEDALIE, L., 2013. *Concentration, flux, and the analysis of trends of total and dissolved phosphorus, total nitrogen, and chloride in 18 tributaries to Lake Champlain, Vermont and New York, 1990-2011*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2013–5021, 29 p. http://pubs.usgs.gov/sir/2013/5021/

MEDALIE, L., 2014. *Concentration and flux of total and dissolved phosphorus, total nitrogen, chloride, and total suspended solids for monitored tributaries of Lake Champlain, 1990-2012.* U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1209, 21 p. http://dx.doi.org/10.3133/ofr20141209

MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE (MAMOT), 2014. *Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2013 : Ouvrages de surverse et stations d'épuration*. Québec, Direction des infrastructures, 44 p. et 10 annexes. http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/infrastructures/suivi_ouvrages_assainissement_eaux/eval_perform_rapport_2013.pdf

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 2003. *Synthèse des informations environnementales disponibles en matière agricole au Québec.* Québec, Direction des politiques du secteur agricole, Envirodoq nº ENV/2003/0025, 143 p. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/synthese-info/synthese-info-enviro-agricole.pdf

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, Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés, ISBN 978-2-550-59993-7 (PDF), 58 p. et 3 annexes. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/prri/eval-rejet-eauxusees-usinepp.pdf

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2012. *Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008*. Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-63649-6 (PDF), 97 p. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/index.htm

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP), 2013. *Le lac Saint-Pierre : un joyau à restaurer.* Avec la collaboration du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et du ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, ISBN 978-2-550-69237-9 (PDF). http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/doc-synthese.pdf

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC), 2014. *Le Réseau-rivières d'hier à aujourd'hui.* Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70698-4 (PDF), 15 p. et 1 annexe. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/reseau-rivieres-hier-aujourd.pdf

MITSCH, W. J., ET J. G. GOSSELINK, 1986. *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York, New York, 537 p.

OBVRLY, 2014. « Plan directeur de l'eau des bassins versants de la zone du Loup-Yamachiche (Mauricie) ». Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY), Yamachiche, 492 p. et 7 annexes. http://media.wix.com/ugd/0b7df5_0f577338a34041e5ae737b3d12bc30d5.pdf

PATOINE, M. (2017). *Charges de phosphore, d'azote et de matières en suspension à l'embouchure des rivières du Québec – 2009 à 2012*, Québec, 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, 25 pages et 11 annexes. [En ligne]. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/phosphore/charge-phosphore-azote-mes2009-2012.pdf

SPRAGUE, L. A. ET D. L. LORENZ, 2009. «Regional Nutrient Trends in Streams and Rivers of the United States, 1993-2003». Environmental Science & Technology, vol. 43, no. 10, p. 3430-3435. http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es803664x

TAPI, M., L. TARDIF, D. CARRIER, G. LAFLAMME ET M. ROMPRÉ, 1990. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec. [Québec] : Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation, Direction de la recherche et du développement, Service des sols, 71 p.

Walker, W.W. (1996). Simplified *procedures for eutrophication assessment and prediction: User manual*. Rapport d'instruction W-96-2. (Mis à jour en avril 1999). U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Vicksburg, MS, [https://wiki.umn.edu/pub/Nieber/WebHome/FLUX-Bathtub_MANUAL_IR-W-96_2.pdf].

ANNEXES

Annexe 1. Liste des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau du fleuve, en amont et en aval du lac Saint-Pierre, et des tributaires directs du lac

N° STATION[1]	DESCRIPTION	LATITUDE	LONGITUDE	SUPERFICIE DRAINÉE (km²)	N° CARTE	NB. ÉCH.	DU	AU
00000086	SAINT-LAURENT SOUS LA LIGNE D'HYDRO-QUÉBEC À TRACY (RIVE SUD)	45,9952820	-73,1766200		31H14	17	2012-05-08	2014-10-06
00000087	SAINT-LAURENT SOUS LA LIGNE D'HYDRO-QUÉBEC À TRACY (AU CENTRE)	45,9961050	-73,1810560		31H14	17	2012-05-08	2014-10-06
00000088	SAINT-LAURENT SOUS LA LIGNE D'HYDRO-QUÉBEC À TRACY (RIVE NORD)	45,9969800	-73,1857920		31H14	17	2012-05-08	2014-10-06
05230001	LA CHALOUPE AU PONT DE LA RUE NOTRE-DAME (RTE138) À BERTHIERVILLE;	46,0668290	-73,1816410	142,2	31I03	31	2012-01-15	2014-11-10
05240001	BAYONNE AU PONT DE LA RUE NOTRE-DAME (RTE 138) À BERTHIERVILLE;	46,0945270	-73,1729020	363,3	31I03	32	2012-01-17	2014-11-11
05250002	CHICOT AU PONT-ROUTE 138 À SAINTE-GENEVIÈVE-DE-BERTHIER; MÉTAUX : RIVE	46,1257220	-73,1451570	164,9	31I03	33	2012-01-17	2014-12-16
05260003	MASKINONGÉ AU PONT DU RANG RIVIÈRE SUD-OUEST AU SUD DE MASKINONGÉ	46,1821250	-73,0334650	1093,2	31I03	30	2012-02-14	2014-11-11
05280064	PETITE RIVIÈRE DU LOUP AU PONT DE LA RUE MARCEL À LOUISEVILLE	46,2546060	-72,9491210	80,2	31I07	34	2012-01-17	2014-12-16
05280001	DU LOUP, À GUÉ RIVE DROITE À 4 KM DE L'EMBOUCHURE, RAMPE DE MISE À L'EAU DERRIÈRE LE 823 NOTRE-DAME SUD À LOUISEVILLE	46,2449160	-72,9251960	1504,4	31I02	35	2012-01-17	2014-12-16
05290001	PETITE RIVIÈRE YAMACHICHE, AU PONT DE LA RUE EMMANUEL AU SUD-OUEST DE YAMACHICHE; MÉTAUX : RIVE DROITE, 50 M EN AVAL DU PONT DE LA RUE	46,2795410	-72,8363220	106,9	31I07	34	2012-01-17	2014-12-16
05300004	YAMACHICHE, AU PONT DU CHEMIN CHARLES-LESIEUR AU SUD-EST DE	46,2733030	-72,8052990	264,7	31I07	36	2012-01-17	2014-12-16
03040009	RICHELIEU À 1,6 KM DE L'EMBOUCHURE À LA PRISE D'EAU DE SOREL	46,0336733	-73,1173548	23850,3	31I03	31	2012-01-09	2014-12-16
03030023	YAMASKA AU PONT-ROUTE 132 À YAMASKA; MÉTAUX : RIVE GAUCHE, 30 M EN AMONT	46,0048810	-72,9106910	4451,1	31I02	36	2012-01-08	2014-12-08
03020031	SAINT-FRANÇOIS AU PONT-ROUTE 132 À PIERREVILLE; MÉTAUX : RIVE DROITE, À LA RAMPE DE MISE À L'EAU	46,0676440	-72,8157580	10176,3	31I02	35	2012-01-08	2014-12-07
03010009	NICOLET SUD-OUEST AU PONT-ROUTE 226 À LA VISITATION; MÉTAUX : RIVE GAUCHE, 20 M EN AMONT	46,1296560	-72,5951940	1578,2	31I02	33	2012-01-11	2014-12-08
03010008	NICOLET AU PONT-ROUTE 226 À STE-MONIQUE; MÉTAUX : RIVE GAUCHE, 60 M EN AMONT	46,1542130	-72,5376590	1668,7	31I02	30	2012-04-03	2014-12-08
00000089	SAINT-LAURENT SOUS LE PONT LAVIOLETTE À TROIS-RIVIÈRES (RIVE SUD)	46,3059730	-72,5590640		31I07	17	2012-05-09	2014-10-07
00000090	SAINT-LAURENT SOUS LE PONT LAVIOLETTE À TROIS-RIVIÈRES (AU CENTRE)	46,3074450	-72,5616240		31I07	17	2012-05-09	2014-10-07
00000091	SAINT-LAURENT SOUS LE PONT LAVIOLETTE À TROIS-RIVIÈRES (RIVE NORD)	46,3089580	-72,5641310		31I07	17	2012-05-09	2014-10-07

[1] : Numéro de la station dans la Banque de données sur la qualité des milieux aquatiques (BQMA) gérée par le MDDELCC

Annexe 2 Liste des paramètres physicochimiques analysés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre au cours de la période 2012-2014

ABRÉVIATION	LABO	N° DE MÉTHODE ANALYTIQUE	NATURE	PARAMÈTRE	LIMITE DE DÉTECTION	UNITÉ DE MESURE	NOMBRE D'ANALYSES	DU	AU
CHLO-A	DLQ	800-CHLOR. 1.0	ES	CHLOROPHYLLE A	0.02	µg/l	329	2012/05/06	2014/10/14
COD	DLQ	300-C 1.0	ES	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	0.2	mg/l	532	2012/01/08	2014/12/16
CON	DLQ	303-TITRAUTO 2.0	ES	CONDUCTIVITÉ	0.7	µS/cm	156	2012/01/08	2012/10/09
CON	DLQ	303-TITRAUTO 2.1	ES	CONDUCTIVITÉ	0.7	µS/cm	376	2012/11/04	2014/12/16
ENT	DLQ	700-ENT. 1.0	ES	ENTÉROCOQUES - DNB	2	UFC/100 ml	66	2012/01/08	2014/12/08
FEC	DLQ	700-FEC.EC. 1.0	ES	COLIFORMES THERMOTOLÉRANTS (FÉCAUX) - DÉNOMBREMENT	2	UFC/100 ml	522	2012/01/08	2014/12/16
NH3	DLQ	303-N 1.0	ES	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ 1,2 µm)	0.02	mg/l	532	2012/01/08	2014/12/16
NO3-NO2	DLQ	303-NO3 1.1	ES	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ 1,2 µm)	0.02	mg/l	532	2012/01/08	2014/12/16
N-TOT	DLQ	303-N TOT 1.0	ES	AZOTE TOTAL (FILTRÉ 1,2 µm)	0.02	mg/l	532	2012/01/08	2014/12/16
PH	DLQ	303-TITRAUTO 2.0	ES	PH	2	pH	156	2012/01/08	2012/10/09
PH	DLQ	303-TITRAUTO 2.1	ES	PH	2	pH	376	2012/11/04	2014/12/16
PHEO	DLQ	800-CHLOR. 1.0	ES	PHÉOPHYTINE A	0.02	µg/l	329	2012/05/06	2014/10/14
P-T-PER	DLQ	303-P 5.2	ES	PHOSPHORE TOTAL PERSULFATE	0.002	mg/l	531	2012/01/08	2014/12/16
SS	DLQ	104-S.S. 1.1	ES	SOLIDES EN SUSPENSION (FILTRÉ 1,2 µm)	1	mg/l	168	2012/01/08	2012/11/13
SS	DLQ	104-S.S. 2.0	ES	SOLIDES EN SUSPENSION (FILTRÉ 1,2 µm)	1	mg/l	363	2012/12/02	2014/12/16
TEMP	DIR	TERRAIN	ES	TEMPÉRATURE	0	°C	503	2012/01/08	2014/12/16
TUR	DLQ	103-TUR. 1.0	ES	TURBIDITÉ	0.1	UTN	531	2012/01/08	2014/12/16

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre

ORDRE	N° STATION	PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
1	00000086	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05
1	00000086	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.43	0.11	0.26	0.26	0.26	0.29	0.31	0.43	0.52	0.56	0.60	0.60	0.60
1	00000086	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	17	2.5	0.3	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.4	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0
1	00000086	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	2.32	1.03	0.95	0.95	0.95	1.32	1.58	2.19	2.45	3.97	5.19	5.19	5.19
1	00000086	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	3.53	1.22	2.10	2.10	2.10	2.17	2.74	3.49	3.68	5.26	7.01	7.01	7.01
1	00000086	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	16	224	275	60	60	60	64	79	140	265	300	1200	1200	1200
1	00000086	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	17	290.0	14.1	250.0	250.0	250.0	270.0	290.0	290.0	300.0	300.0	310.0	310.0	310.0
1	00000086	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.21	0.10	0.05	0.05	0.05	0.10	0.14	0.19	0.27	0.32	0.49	0.49	0.49
1	00000086	PH	pH	17	8.3		8.1	8.1	8.1	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.5	8.5	8.5
1	00000086	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	17	0.012	0.004	0.005	0.005	0.005	0.007	0.010	0.011	0.015	0.019	0.021	0.021	0.021
1	00000086	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	1.22	0.32	0.63	0.63	0.63	0.82	0.91	1.23	1.42	1.69	1.82	1.82	1.82
1	00000086	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	17	5.3	1.7	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	9.0	9.0	9.0
1	00000086	TEMPÉRATURE	°C	17	18.0	4.7	7.5	7.5	7.5	10.7	16.4	18.5	22.1	22.9	24.2	24.2	24.2
1	00000086	TURBIDITÉ	UTN	17	4.4	1.4	1.9	1.9	1.9	2.0	3.9	4.5	4.7	6.4	7.2	7.2	7.2
2	00000087	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.06	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.11	0.13	0.13	0.13
2	00000087	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.50	0.09	0.33	0.33	0.33	0.38	0.44	0.52	0.54	0.63	0.66	0.66	0.66
2	00000087	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	17	3.4	0.9	2.2	2.2	2.2	2.4	2.6	3.2	4.4	4.6	4.7	4.7	4.7
2	00000087	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	2.59	0.99	1.15	1.15	1.15	1.35	2.05	2.35	3.01	4.11	4.89	4.89	4.89
2	00000087	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	3.77	1.15	2.06	2.06	2.06	2.21	3.01	3.55	4.31	5.24	6.45	6.45	6.45
2	00000087	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	17	5512	828	3600	3600	3600	3800	5100	6000	6000	6000	6000	6000	6000
2	00000087	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	17	246.5	40.6	180.0	180.0	180.0	190.0	200.0	260.0	270.0	300.0	300.0	300.0	300.0
2	00000087	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.22	0.09	0.06	0.06	0.06	0.11	0.15	0.22	0.27	0.35	0.44	0.44	0.44
2	00000087	PH	pH	17	8.1		7.9	7.9	7.9	7.9	8.0	8.1	8.2	8.4	8.4	8.4	8.4
2	00000087	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	17	0.016	0.005	0.008	0.008	0.008	0.010	0.012	0.013	0.019	0.023	0.026	0.026	0.026
2	00000087	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	1.18	0.36	0.68	0.68	0.68	0.71	0.96	1.16	1.38	1.83	1.93	1.93	1.93
2	00000087	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	17	6.4	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	9.0	11.0	12.0	12.0	12.0
2	00000087	TEMPÉRATURE	°C	17	18.2	4.7	7.5	7.5	7.5	10.9	16.3	18.6	22.3	22.9	24.3	24.3	24.3
2	00000087	TURBIDITÉ	UTN	17	6.0	2.9	2.0	2.0	2.0	2.9	3.6	5.6	7.7	11.0	12.0	12.0	12.0
3																	
3	00000088	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.05	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
3	00000088	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.57	0.14	0.35	0.35	0.35	0.39	0.49	0.55	0.69	0.79	0.82	0.82	0.82
3	00000088	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	17	4.9	0.9	3.5	3.5	3.5	4.0	4.4	4.6	5.8	6.4	6.7	6.7	6.7
3	00000088	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	3.04	1.08	1.37	1.37	1.37	2.05	2.35	2.65	3.42	4.99	5.03	5.03	5.03
3	00000088	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	4.56	1.47	2.13	2.13	2.13	3.03	3.43	4.11	5.29	6.82	7.10	7.10	7.10
3	00000088	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	17	2267	2012	94	94	94	390	900	1500	3400	6000	6000	6000	6000
3	00000088	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	17	167.8	46.4	92.0	92.0	92.0	110.0	130.0	170.0	200.0	230.0	240.0	240.0	240.0
3	00000088	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.30	0.11	0.16	0.16	0.16	0.17	0.23	0.28	0.33	0.52	0.55	0.55	0.55
3	00000088	PH	pH	17	7.8		7.5	7.5	7.5	7.6	7.7	7.8	8.0	8.0	8.2	8.2	8.2
3	00000088	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	17	0.027	0.008	0.016	0.016	0.016	0.018	0.020	0.025	0.037	0.040	0.041	0.041	0.041
3	00000088	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	1.52	0.61	0.76	0.76	0.76	0.84	1.18	1.51	1.65	2.11	3.41	3.41	3.41
3	00000088	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	17	13.4	5.5	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	11.0	18.0	23.0	24.0	24.0	24.0
3	00000088	TEMPÉRATURE	°C	17	18.2	4.7	8.0	8.0	8.0	11.7	15.2	18.3	22.5	23.5	24.5	24.5	24.5
3	00000088	TURBIDITÉ	UTN	17	12.3	5.3	7.3	7.3	7.3	7.3	8.9	10.0	17.0	20.0	25.0	25.0	25.0

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

ORDRE	N° STATION	PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
4	05230001	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	0.15	0.11	0.01	0.01	0.04	0.04	0.05	0.10	0.25	0.30	0.33	0.40	0.40
4	05230001	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	9.09	3.50	3.00	3.00	4.50	5.90	6.40	8.35	11.00	14.00	15.00	19.00	19.00
4	05230001	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	31	6.7	1.5	4.5	4.5	4.7	5.4	5.7	6.2	7.7	8.7	10.0	10.8	10.8
4	05230001	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	6.49	5.73	1.09	1.09	1.09	1.22	1.74	5.23	8.75	17.60	20.60	20.60	20.60
4	05230001	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	9.21	6.67	2.14	2.14	2.14	2.39	3.67	7.75	12.37	20.86	23.28	23.28	23.28
4	05230001	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	31	421	1063	3	3	52	70	120	160	320	520	1300	6000	6000
4	05230001	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	31	672.9	161.8	220.0	220.0	420.0	540.0	600.0	640.0	770.0	870.0	1000.0	1000.0	1000.0
4	05230001	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	7.47	3.05	2.80	2.80	3.30	3.90	5.20	7.30	9.20	12.00	13.00	16.00	16.00
4	05230001	PH	pH	31	7.8		7.4	7.4	7.5	7.6	7.8	7.9	8.0	8.1	8.1	8.1	8.1
4	05230001	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	31	0.104	0.063	0.049	0.049	0.051	0.054	0.069	0.095	0.120	0.130	0.300	0.340	0.340
4	05230001	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	2.72	1.85	1.05	1.05	1.05	1.05	1.90	2.43	2.68	4.88	8.69	8.69	8.69
4	05230001	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	31	26.5	47.0	4.0	4.0	6.0	7.0	7.0	9.0	14.0	69.0	149.0	223.0	223.0
4	05230001	TEMPÉRATURE	°C	29	10.6	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	11.0	19.0	20.0	21.0	25.0	25.0
4	05230001	TURBIDITÉ	UTN	31	27.5	40.6	7.0	7.0	7.5	8.0	9.7	12.0	17.0	55.0	130.0	200.0	200.0
5	05240001	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	32	0.13	0.19	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.08	0.17	0.24	0.30	1.10	1.10
5	05240001	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	32	2.23	0.97	0.57	0.57	0.58	0.81	1.55	2.25	3.29	3.44	3.50	3.60	3.60
5	05240001	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	32	5.3	1.3	3.0	3.0	3.2	3.4	4.4	5.5	6.0	6.4	7.7	8.7	8.7
5	05240001	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	4.97	5.85	0.11	0.11	0.11	1.24	2.10	2.97	4.99	18.30	22.40	22.40	22.40
5	05240001	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	7.94	6.51	2.65	2.65	2.65	2.94	4.88	5.67	8.52	25.12	25.17	25.17	25.17
5	05240001	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	32	523	1072	23	23	23	48	110	235	480	800	1900	6000	6000
5	05240001	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	32	259.7	53.4	140.0	140.0	140.0	200.0	230.0	265.0	295.0	320.0	340.0	370.0	370.0
5	05240001	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	32	1.71	0.90	0.24	0.24	0.31	0.41	1.15	1.60	2.25	3.10	3.20	3.40	3.40
5	05240001	PH	pH	32	7.8		7.2	7.2	7.4	7.4	7.8	7.9	8.1	8.2	8.8	9.2	9.2
5	05240001	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	32	0.148	0.197	0.048	0.048	0.053	0.061	0.068	0.096	0.130	0.160	0.730	1.000	1.000
5	05240001	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	2.98	1.91	1.11	1.11	1.11	1.27	1.88	2.69	3.07	6.82	8.77	8.77	8.77
5	05240001	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	32	79.1	216.2	9.0	9.0	9.0	9.0	12.0	18.0	22.5	53.0	787.0	978.0	978.0
5	05240001	TEMPÉRATURE	°C	30	11.1	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	10.5	20.0	24.3	26.0	27.0	27.0
5	05240001	TURBIDITÉ	UTN	32	70.3	158.8	5.9	5.9	13.0	15.0	19.0	25.5	30.5	82.0	480.0	800.0	800.0
6	05250002	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	33	0.11	0.09	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.08	0.18	0.25	0.29	0.30	0.30
6	05250002	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	33	1.37	0.41	0.69	0.69	0.70	0.91	1.10	1.30	1.50	2.10	2.20	2.30	2.30
6	05250002	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	33	7.6	1.7	4.9	4.9	5.0	5.6	6.1	7.7	8.7	9.9	10.2	12.2	12.2
6	05250002	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	2.43	1.42	0.72	0.72	0.72	1.11	1.22	2.13	3.25	4.31	6.43	6.43	6.43
6	05250002	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	4.17	1.82	1.68	1.68	1.68	2.38	2.65	3.67	5.28	6.67	8.65	8.65	8.65
6	05250002	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	33	341	175	74	74	88	120	250	340	400	490	700	900	900
6	05250002	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	33	153.5	37.5	94.0	94.0	100.0	110.0	140.0	150.0	170.0	180.0	210.0	300.0	300.0
6	05250002	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	33	0.97	0.38	0.44	0.44	0.46	0.55	0.74	0.88	1.20	1.50	1.70	1.90	1.90
6	05250002	PH	pH	33	7.5		7.0	7.0	7.1	7.2	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.9
6	05250002	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	33	0.093	0.058	0.040	0.040	0.045	0.048	0.054	0.067	0.110	0.150	0.270	0.290	0.290
6	05250002	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	1.74	0.68	0.69	0.69	0.69	0.96	1.31	1.58	2.22	2.82	3.42	3.42	3.42
6	05250002	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	33	34.4	69.9	8.5	8.5	9.0	10.0	12.0	15.0	19.0	26.0	219.5	362.0	362.0
6	05250002	TEMPÉRATURE	°C	27	9.7	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	20.0	22.0	22.5	25.0	25.0
6	05250002	TURBIDITÉ	UTN	33	37.4	61.1	12.0	12.0	13.0	14.0	17.0	20.0	27.0	37.0	200.0	320.0	320.0

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

ORDRE	Nº STATION	PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
7																	
7	05260003	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	30	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.07	0.07
7	05260003	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	30	0.46	0.27	0.18	0.18	0.22	0.24	0.32	0.41	0.49	0.60	1.20	1.50	1.50
7	05260003	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	30	5.0	0.5	4.1	4.1	4.1	4.3	4.6	4.9	5.4	5.6	5.6	6.3	6.3
7	05260003	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	1.76	0.85	0.83	0.83	0.83	0.93	1.28	1.46	1.99	2.93	4.04	4.04	4.04
7	05260003	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	2.96	1.10	1.49	1.49	1.49	1.80	2.19	2.56	3.90	5.03	5.04	5.04	5.04
7	05260003	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	30	216	273	39	39	54	59	80	120	250	390	570	1500	1500
7	05260003	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	30	72.6	17.3	43.0	43.0	47.0	49.5	63.0	71.5	82.0	95.5	100.0	110.0	110.0
7	05260003	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	30	0.28	0.26	0.05	0.05	0.07	0.09	0.17	0.23	0.28	0.38	0.89	1.40	1.40
7	05260003	PH	pH	30	7.2		6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.3	7.4	7.5	7.5	7.6	7.6
7	05260003	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	30	0.048	0.077	0.022	0.022	0.022	0.022	0.023	0.028	0.036	0.060	0.130	0.440	0.440
7	05260003	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	1.21	0.47	0.54	0.54	0.54	0.74	0.87	1.16	1.36	2.10	2.41	2.41	2.41
7	05260003	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	30	21.8	60.8	4.0	4.0	4.0	4.5	6.0	8.0	11.0	18.5	76.0	336.5	336.5
7	05260003	TEMPÉRATURE	°C	28	12.1	8.9	0.0	0.0	0.0	0.1	3.0	12.0	19.0	23.0	26.0	28.0	28.0
7	05260003	TURBIDITÉ	UTN	30	22.1	54.4	4.5	4.5	4.8	5.7	6.3	8.5	11.0	27.0	80.0	300.0	300.0
8	05280001	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	35	0.06	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.11	0.17	0.23	0.24	0.24
8	05280001	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	35	0.56	0.38	0.16	0.16	0.20	0.25	0.28	0.43	0.72	1.10	1.40	1.80	1.80
8	05280001	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	35	4.4	0.8	3.3	3.3	3.3	3.5	3.9	4.3	4.7	5.9	6.3	6.7	6.7
8	05280001	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	1.34	0.63	0.78	0.78	0.78	0.88	1.00	1.16	1.54	1.79	3.55	3.55	3.55
8	05280001	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	2.48	0.78	1.48	1.48	1.48	1.68	1.82	2.32	2.96	3.46	4.61	4.61	4.61
8	05280001	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	34	1139	1358	1	1	84	170	320	700	1300	2300	5500	6000	6000
8	05280001	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	35	75.2	20.8	37.0	37.0	43.0	47.0	60.0	75.0	89.0	100.0	110.0	130.0	130.0
8	05280001	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	35	0.32	0.32	0.06	0.06	0.07	0.08	0.14	0.22	0.36	0.56	1.10	1.60	1.60
8	05280001	PH	pH	35	7.3		6.9	6.9	7.0	7.0	7.2	7.3	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6
8	05280001	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	35	0.063	0.182	0.017	0.017	0.017	0.019	0.022	0.028	0.031	0.054	0.170	1.100	1.100
8	05280001	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	1.13	0.42	0.45	0.45	0.45	0.65	0.81	1.05	1.32	1.80	1.96	1.96	1.96
8	05280001	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	35	44.4	178.7	3.0	3.0	4.0	5.0	6.0	10.0	14.0	22.0	135.5	1063.5	1063.5
8	05280001	TEMPÉRATURE	°C	33	8.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	15.5	21.0	22.0	25.0	25.0
8	05280001	TURBIDITÉ	UTN	35	40.6	149.3	5.9	5.9	5.9	6.3	7.8	11.0	15.0	29.0	130.0	890.0	890.0
9																	
9	05280064	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	34	0.12	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.19	0.35	0.38	0.58	0.58
9	05280064	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	34	2.12	1.05	0.26	0.26	0.66	0.92	1.40	2.00	2.60	3.50	4.10	4.60	4.60
9	05280064	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	34	4.1	1.0	2.3	2.3	2.7	3.2	3.6	4.0	4.4	5.5	6.3	7.0	7.0
9	05280064	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	3.64	3.04	0.48	0.48	0.48	0.66	2.13	2.65	4.52	9.59	12.40	12.40	12.40
9	05280064	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	6.53	3.89	1.52	1.52	1.52	1.78	4.29	5.92	7.32	13.92	17.48	17.48	17.48
9	05280064	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	32	2102	1976	220	220	220	400	475	1050	3300	5400	6000	6000	6000
9	05280064	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	34	271.8	52.0	150.0	150.0	210.0	220.0	240.0	270.0	300.0	330.0	360.0	440.0	440.0
9	05280064	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	34	1.59	0.98	0.04	0.04	0.19	0.32	0.95	1.45	2.20	3.10	3.50	3.80	3.80
9	05280064	PH	pH	34	7.9		7.4	7.4	7.5	7.6	7.8	8.0	8.1	8.2	8.3	8.5	8.5
9	05280064	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	33	0.125	0.180	0.040	0.040	0.043	0.053	0.069	0.092	0.110	0.150	0.260	1.100	1.100
9	05280064	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	2.88	1.39	1.04	1.04	1.04	1.12	1.65	2.87	4.06	4.93	5.08	5.08	5.08
9	05280064	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	33	87.4	284.2	12.0	12.0	14.0	16.0	19.0	31.0	35.0	62.0	277.0	1650.5	1650.5
9	05280064	TEMPÉRATURE	°C	33	8.4	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	15.0	20.0	23.0	25.0	25.0
9	05280064	TURBIDITÉ	UTN	33	83.4	222.0	2.2	2.2	15.0	17.0	25.0	39.0	52.0	80.0	240.0	1300.0	1300.0

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

ORDRE	Nº STATION	PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
10	05290001	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	34	0.39	0.48	0.02	0.02	0.03	0.07	0.10	0.20	0.50	0.87	1.60	2.10	2.10
10	05290001	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	34	7.10	4.62	1.60	1.60	2.40	3.60	4.50	5.45	7.90	13.00	17.00	23.80	23.80
10	05290001	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	34	5.0	1.5	3.2	3.2	3.2	3.3	3.8	4.7	5.9	7.6	7.8	8.0	8.0
10	05290001	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	8.23	7.50	0.59	0.59	0.59	1.18	2.04	4.95	13.40	19.70	25.10	25.10	25.10
10	05290001	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	11.14	8.82	1.40	1.40	1.40	2.26	4.53	7.28	16.41	23.44	32.07	32.07	32.07
10	05290001	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	31	1961	2313	84	84	160	260	300	600	4500	6000	6000	6000	6000
10	05290001	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	34	763.5	415.4	180.0	180.0	210.0	380.0	510.0	605.0	990.0	1400.0	1600.0	1900.0	1900.0
10	05290001	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	34	5.48	4.12	0.49	0.49	2.00	2.10	3.20	4.30	6.60	8.20	15.00	23.00	23.00
10	05290001	PH	pH	34	7.9		7.5	7.5	7.5	7.6	7.8	8.0	8.1	8.1	8.2	8.2	8.2
10	05290001	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	34	0.186	0.382	0.050	0.050	0.058	0.065	0.081	0.110	0.130	0.170	0.500	2.300	2.300
10	05290001	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	2.91	1.78	0.81	0.81	0.81	1.08	1.61	2.35	3.74	5.56	6.97	6.97	6.97
10	05290001	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	34	128.1	388.6	10.0	10.0	13.0	15.0	31.0	40.5	54.0	89.5	693.0	2229.0	2229.0
10	05290001	TEMPÉRATURE	°C	33	8.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	15.0	20.5	23.0	25.0	25.0
10	05290001	TURBIDITÉ	UTN	34	144.8	461.2	8.5	8.5	16.0	18.0	30.0	48.0	67.0	110.0	550.0	2700.0	2700.0
11	05300004	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	36	0.18	0.17	0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	0.15	0.25	0.42	0.64	0.70	0.70
11	05300004	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	36	1.53	0.40	1.00	1.00	1.00	1.10	1.25	1.40	1.80	2.00	2.20	3.00	3.00
11	05300004	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	36	4.2	1.1	2.1	2.1	2.7	3.2	3.5	4.0	4.6	5.8	7.1	7.3	7.3
11	05300004	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	2.39	1.49	0.84	0.84	0.84	1.11	1.36	1.90	2.67	5.29	6.60	6.60	6.60
11	05300004	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	4.31	2.12	1.72	1.72	1.72	1.95	3.22	3.77	4.92	8.57	9.12	9.12	9.12
11	05300004	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	33	1216	1791	38	38	62	80	200	500	900	4300	6000	6000	6000
11	05300004	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	36	180.1	111.2	89.0	89.0	95.0	110.0	140.0	165.0	190.0	220.0	240.0	790.0	790.0
11	05300004	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	36	1.13	0.27	0.60	0.60	0.70	0.79	0.94	1.10	1.30	1.50	1.60	1.80	1.80
11	05300004	PH	pH	36	7.4		6.9	6.9	7.0	7.1	7.3	7.5	7.7	7.8	7.8	7.9	7.9
11	05300004	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	36	0.169	0.374	0.032	0.032	0.039	0.046	0.060	0.082	0.125	0.240	0.380	2.300	2.300
11	05300004	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	1.92	0.83	0.60	0.60	0.60	0.88	1.38	1.74	2.32	3.28	3.93	3.93	3.93
11	05300004	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	36	125.7	390.3	6.0	6.0	6.0	12.0	14.0	25.3	76.0	235.5	511.0	2326.5	2326.5
11	05300004	TEMPÉRATURE	°C	34	7.4	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	14.0	20.0	21.0	23.0	23.0
11	05300004	TURBIDITÉ	UTN	36	82.6	219.0	7.9	7.9	9.9	10.0	15.0	18.5	35.5	160.0	270.0	1300.0	1300.0
12	03040009	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.07	0.09	0.10	0.12	0.12
12	03040009	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	0.60	0.29	0.26	0.26	0.28	0.31	0.40	0.50	0.66	1.00	1.10	1.50	1.50
12	03040009	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	31	3.4	0.5	2.4	2.4	2.6	2.9	3.2	3.3	3.5	3.7	4.9	4.9	4.9
12	03040009	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	15	4.55	3.31	1.36	1.36	1.36	1.68	2.42	3.90	5.95	6.69	14.80	14.80	14.80
12	03040009	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	15	7.20	4.42	2.34	2.34	2.34	2.98	4.29	5.97	9.61	11.78	19.11	19.11	19.11
12	03040009	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	31	132	186	1	1	2	5	11	58	190	260	530	900	900
12	03040009	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	31	194.5	23.1	170.0	170.0	170.0	170.0	180.0	190.0	210.0	210.0	240.0	280.0	280.0
12	03040009	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	0.34	0.24	0.07	0.07	0.09	0.11	0.15	0.28	0.48	0.74	0.82	0.90	0.90
12	03040009	PH	pH	31	7.9		7.6	7.6	7.6	7.7	7.7	7.9	8.0	8.0	8.1	8.2	8.2
12	03040009	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	31	0.034	0.026	0.013	0.013	0.015	0.017	0.020	0.027	0.035	0.056	0.072	0.150	0.150
12	03040009	PHÉOPHYTINE A	µg/l	15	2.65	1.51	0.98	0.98	0.98	1.23	1.40	2.27	3.66	5.56	5.67	5.67	5.67
12	03040009	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	31	14.2	17.8	0.5	0.5	1.0	2.0	3.0	8.0	18.0	31.0	38.0	92.0	92.0
12	03040009	TEMPÉRATURE	°C	30	12.8	8.4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	11.5	20.0	24.3	25.0	25.5	25.5
12	03040009	TURBIDITÉ	UTN	31	14.6	21.5	1.6	1.6	1.7	1.9	3.2	7.5	14.0	32.0	58.0	110.0	110.0

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

ORDRE	Nº STATION	PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
13	03030023	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	36	0.12	0.14	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.17	0.33	0.51	0.52	0.52
13	03030023	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	36	2.11	0.95	0.30	0.30	0.46	1.00	1.50	2.10	2.40	3.50	4.40	4.40	4.40
13	03030023	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	36	5.8	1.1	3.3	3.3	3.7	4.4	5.0	5.7	6.7	7.0	7.6	8.5	8.5
13	03030023	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	19.46	17.24	1.64	1.64	1.64	4.59	11.80	17.00	19.90	37.00	79.60	79.60	79.60
13	03030023	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	26.49	20.24	2.42	2.42	2.42	8.19	14.52	24.04	31.60	45.20	96.10	96.10	96.10
13	03030023	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	36	395	649	2	2	3	15	52	120	315	1200	2400	2600	2600
13	03030023	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	36	365.3	79.3	120.0	120.0	250.0	270.0	335.0	360.0	405.0	450.0	520.0	580.0	580.0
13	03030023	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	36	1.42	0.87	0.01	0.01	0.04	0.58	0.86	1.25	1.70	2.70	3.30	3.90	3.90
13	03030023	PH	pH	36	8.0		7.4	7.4	7.5	7.7	7.8	8.0	8.2	8.6	8.7	9.0	9.0
13	03030023	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	36	0.083	0.052	0.028	0.028	0.038	0.040	0.049	0.074	0.100	0.140	0.180	0.310	0.310
13	03030023	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	7.02	4.64	0.78	0.78	0.78	2.34	3.86	5.99	8.94	16.50	18.10	18.10	18.10
13	03030023	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	36	34.5	37.8	2.0	2.0	2.0	4.0	6.5	16.5	54.0	83.5	131.0	144.0	144.0
13	03030023	TEMPÉRATURE	°C	35	11.2	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	8.0	20.0	25.0	25.0	27.0	27.0
13	03030023	TURBIDITÉ	UTN	36	38.1	37.9	5.2	5.2	5.6	6.6	9.4	19.0	55.0	110.0	110.0	130.0	130.0
14	03020031	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	35	0.07	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.13	0.16	0.19	0.19	0.19
14	03020031	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	35	0.75	0.18	0.47	0.47	0.55	0.59	0.61	0.74	0.84	0.92	1.10	1.40	1.40
14	03020031	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	35	6.7	1.0	4.7	4.7	5.4	5.5	5.9	6.7	7.4	7.8	9.0	9.1	9.1
14	03020031	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	18	3.91	2.86	1.31	1.31	1.31	1.32	2.17	2.94	4.23	9.03	11.00	11.00	11.00
14	03020031	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	18	6.31	3.30	2.45	2.45	2.45	2.51	4.28	5.69	7.58	12.87	13.31	13.31	13.31
14	03020031	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	35	166	182	5	5	13	15	31	100	280	450	520	800	800
14	03020031	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	35	199.4	37.9	120.0	120.0	130.0	150.0	180.0	200.0	220.0	250.0	260.0	300.0	300.0
14	03020031	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	35	0.41	0.13	0.04	0.04	0.21	0.27	0.36	0.42	0.47	0.54	0.63	0.77	0.77
14	03020031	PH	pH	35	7.8		7.5	7.5	7.5	7.6	7.7	7.8	8.1	8.2	8.4	8.7	8.7
14	03020031	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	35	0.025	0.013	0.012	0.012	0.012	0.015	0.016	0.022	0.026	0.040	0.046	0.080	0.080
14	03020031	PHÉOPHYTINE A	µg/l	18	2.40	0.81	1.13	1.13	1.13	1.17	2.02	2.37	2.76	3.64	3.84	3.84	3.84
14	03020031	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	35	10.5	15.3	1.0	1.0	1.0	2.0	4.0	6.0	10.0	22.0	30.0	89.5	89.5
14	03020031	TEMPÉRATURE	°C	35	12.1	8.6	0.0	0.0	2.7	3.0	3.0	12.0	22.0	23.0	25.0	28.0	28.0
14	03020031	TURBIDITÉ	UTN	35	8.4	11.6	1.6	1.6	1.7	2.3	3.6	5.8	8.1	14.0	20.0	71.0	71.0
15	03010009	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	33	0.08	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.08	0.20	0.36	0.41	0.41
15	03010009	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	33	1.19	0.57	0.32	0.32	0.34	0.50	0.65	1.20	1.50	1.80	2.50	2.60	2.60
15	03010009	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	33	6.3	1.5	3.8	3.8	4.2	4.5	5.5	6.1	6.9	8.6	9.1	11.3	11.3
15	03010009	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	6.29	5.90	1.07	1.07	1.07	1.67	2.82	3.87	6.41	17.20	22.40	22.40	22.40
15	03010009	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	10.83	10.12	1.85	1.85	1.85	4.13	5.71	6.79	11.23	30.48	40.20	40.20	40.20
15	03010009	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	33	404	1135	1	1	3	7	25	48	130	1300	2400	6000	6000
15	03010009	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	33	268.8	84.3	120.0	120.0	150.0	180.0	220.0	250.0	320.0	360.0	430.0	550.0	550.0
15	03010009	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	33	0.74	0.44	0.01	0.01	0.01	0.15	0.29	0.86	1.00	1.20	1.20	1.90	1.90
15	03010009	PH	pH	33	8.0		7.6	7.6	7.7	7.7	7.9	8.0	8.2	8.3	8.3	8.8	8.8
15	03010009	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	33	0.066	0.056	0.020	0.020	0.021	0.023	0.027	0.040	0.081	0.150	0.170	0.250	0.250
15	03010009	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	4.54	5.02	0.78	0.78	0.78	2.12	2.56	3.06	3.87	8.08	23.00	23.00	23.00
15	03010009	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	33	29.2	45.9	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	9.0	21.0	108.0	157.0	187.0	187.0
15	03010009	TEMPÉRATURE	°C	29	9.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	17.0	22.0	23.0	23.0	23.0
15	03010009	TURBIDITÉ	UTN	33	19.8	26.5	3.1	3.1	3.8	4.1	5.0	9.0	19.0	47.0	85.0	120.0	120.0

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

ORDRE	Nº STATION	PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
16	03010008	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	30	0.05	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.06	0.15	0.24	0.34	0.34
16	03010008	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	30	1.43	0.60	0.34	0.34	0.57	0.72	0.87	1.50	1.80	2.30	2.40	2.40	2.40
16	03010008	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	30	5.4	1.4	3.5	3.5	3.6	3.7	4.3	5.3	6.0	7.4	8.0	9.3	9.3
16	03010008	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	5.71	6.42	0.67	0.67	0.67	1.27	3.19	3.86	5.28	17.90	25.90	25.90	25.90
16	03010008	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	10.56	13.21	1.22	1.22	1.22	2.53	6.06	6.31	8.25	35.30	53.10	53.10	53.10
16	03010008	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	30	704	1398	7	7	7	10	42	120	350	3650	4500	4700	4700
16	03010008	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	30	259.0	75.9	130.0	130.0	130.0	170.0	210.0	260.0	300.0	345.0	430.0	450.0	450.0
16	03010008	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	30	1.00	0.50	0.01	0.01	0.04	0.38	0.59	1.05	1.40	1.60	1.70	1.80	1.80
16	03010008	PH	pH	30	8.0		7.6	7.6	7.6	7.7	7.9	8.1	8.2	8.4	8.4	8.9	8.9
16	03010008	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	30	0.042	0.047	0.008	0.008	0.010	0.012	0.013	0.020	0.043	0.140	0.150	0.170	0.170
16	03010008	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	4.85	6.85	0.55	0.55	0.55	1.26	2.07	2.65	3.58	17.40	27.20	27.20	27.20
16	03010008	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	30	37.2	78.8	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0	19.0	150.8	221.0	347.5	347.5
16	03010008	TEMPÉRATURE	°C	25	8.7	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	5.0	16.0	20.0	20.0	22.0	22.0
16	03010008	TURBIDITÉ	UTN	30	19.7	35.3	1.7	1.7	1.8	2.3	2.6	4.3	12.0	83.0	110.0	140.0	140.0
17	00000089	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05
17	00000089	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.46	0.17	0.24	0.24	0.24	0.29	0.31	0.42	0.59	0.74	0.75	0.75	0.75
17	00000089	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	17	2.9	0.7	2.1	2.1	2.1	2.2	2.4	2.8	3.4	4.0	4.3	4.3	4.3
17	00000089	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	3.40	1.14	1.78	1.78	1.78	2.11	2.57	3.01	3.91	5.14	5.72	5.72	5.72
17	00000089	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	4.91	1.60	2.90	2.90	2.90	2.96	3.88	4.51	5.54	7.54	8.34	8.34	8.34
17	00000089	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	17	368	340	56	56	56	74	160	330	500	600	1500	1500	1500
17	00000089	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	17	273.5	26.4	220.0	220.0	220.0	220.0	280.0	280.0	290.0	300.0	300.0	300.0	300.0
17	00000089	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.24	0.13	0.05	0.05	0.05	0.11	0.15	0.22	0.29	0.45	0.55	0.55	0.55
17	00000089	PH	pH	17	8.2		8.0	8.0	8.0	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4
17	00000089	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	17	0.017	0.005	0.009	0.009	0.009	0.011	0.013	0.018	0.021	0.026	0.026	0.026	0.026
17	00000089	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	1.51	0.59	0.85	0.85	0.85	0.86	1.06	1.36	2.02	2.41	2.62	2.62	2.62
17	00000089	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	17	10.4	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	8.0	10.0	12.0	20.0	22.0	22.0	22.0
17	00000089	TEMPÉRATURE	°C	17	18.1	4.5	7.9	7.9	7.9	10.7	16.0	18.1	22.0	22.5	23.9	23.9	23.9
17	00000089	TURBIDITÉ	UTN	17	8.1	3.6	1.7	1.7	1.7	3.2	6.2	7.8	9.4	14.0	15.0	15.0	15.0
18	00000090	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06
18	00000090	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.45	0.14	0.25	0.25	0.25	0.29	0.31	0.48	0.54	0.67	0.69	0.69	0.69
18	00000090	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	17	3.1	0.9	2.2	2.2	2.2	2.2	2.7	2.8	3.6	4.8	5.0	5.0	5.0
18	00000090	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	2.66	0.94	1.05	1.05	1.05	1.65	2.32	2.59	2.97	4.36	5.01	5.01	5.01
18	00000090	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	3.87	1.21	2.05	2.05	2.05	2.47	3.32	3.58	4.15	5.94	7.18	7.18	7.18
18	00000090	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	17	1312	1047	400	400	400	420	580	800	1800	3400	3500	3500	3500
18	00000090	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	17	257.6	42.8	160.0	160.0	160.0	180.0	250.0	280.0	290.0	300.0	300.0	300.0	300.0
18	00000090	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.23	0.10	0.07	0.07	0.07	0.09	0.16	0.25	0.27	0.32	0.49	0.49	0.49
18	00000090	PH	pH	17	8.1		7.8	7.8	7.8	8.0	8.1	8.1	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4
18	00000090	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	17	0.016	0.005	0.010	0.010	0.010	0.010	0.012	0.015	0.021	0.025	0.026	0.026	0.026
18	00000090	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	1.21	0.35	0.82	0.82	0.82	0.90	0.98	1.09	1.39	1.70	2.17	2.17	2.17
18	00000090	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	17	8.0	3.0	2.0	2.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	13.0	13.0	13.0
18	00000090	TEMPÉRATURE	°C	17	18.1	4.6	7.5	7.5	7.5	10.7	16.2	18.3	22.0	22.5	23.9	23.9	23.9
18	00000090	TURBIDITÉ	UTN	17	6.9	2.5	1.5	1.5	1.5	3.7	5.4	7.3	8.0	9.9	11.0	11.0	11.0

Annexe 3 Statistiques descriptives globales de la période 2012-2014 pour chaque station d'échantillonnage du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

ORDRE	N° STATION	PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ÉCART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
19																	
19	00000091	AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07
19	00000091	AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.48	0.12	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.48	0.55	0.67	0.68	0.68	0.68
19	00000091	CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	17	3.6	0.8	2.6	2.6	2.6	2.7	3.0	3.2	4.4	4.8	5.3	5.3	5.3
19	00000091	CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	17	2.82	1.08	1.41	1.41	1.41	1.71	2.26	2.62	2.90	4.01	5.99	5.99	5.99
19	00000091	CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	17	4.25	1.44	2.34	2.34	2.34	3.06	3.52	3.85	4.35	6.01	8.57	8.57	8.57
19	00000091	COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	17	1345	1425	220	220	220	280	500	700	1800	4000	5300	5300	5300
19	00000091	CONDUCTIVITÉ	µS/cm	17	237.6	39.9	170.0	170.0	170.0	170.0	210.0	260.0	270.0	270.0	280.0	280.0	280.0
19	00000091	NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	17	0.24	0.09	0.09	0.09	0.09	0.14	0.17	0.26	0.29	0.36	0.49	0.49	0.49
19	00000091	PH	pH	17	8.0		7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	8.1	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3
19	00000091	PHOSPHORE TOTAL	mg/l	17	0.020	0.006	0.012	0.012	0.012	0.012	0.015	0.021	0.025	0.027	0.029	0.029	0.029
19	00000091	PHÉOPHYTINE A	µg/l	17	1.43	0.45	0.88	0.88	0.88	0.91	1.15	1.24	1.69	2.00	2.58	2.58	2.58
19	00000091	SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	17	10.4	3.5	1.0	1.0	1.0	8.0	9.0	10.5	13.0	14.0	17.0	17.0	17.0
19	00000091	TEMPÉRATURE	°C	17	18.0	4.5	8.1	8.1	8.1	10.8	15.8	18.1	22.1	22.6	23.9	23.9	23.9
19	00000091	TURBIDITÉ	UTN	17	8.9	3.3	2.1	2.1	2.1	5.5	6.5	8.7	11.0	12.0	17.0	17.0	17.0

Annexe 4 Tableaux des fréquences (%) et amplitudes moyennes (X fois le critère) des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre

Annexe 4.1 Phosphore total, chlorophylle a et matières en suspension pour l'ensemble de la période 2012-2014

Annexe 4.2 Phosphore total, chlorophylle a et matières en suspension pour les mois de mai à octobre de la période 2012-2014

Annexe 4.3 Azote ammoniacal, azote des nitrates-nitrites et azote total pour l'ensemble de la période 2012-2014

Annexe 4.4 Azote ammoniacal, azote des nitrates-nitrites et azote total pour les mois de mai à octobre de la période 2012-2014

Annexe 4.5 Coliformes fécaux pour l'ensemble de la période 2012-2014

Annexe 4.6. Coliformes fécaux pour les mois de mai à octobre de la période 2012-2014

Annexe 4.1 Dépassements du critère de qualité du phosphore total et des valeurs repères de la chlorophylle a et des matières en suspension enregistrés au cours de la période 2012-2014

	Paramètre :		**Phosphore[1]**		**Chlorophylle a[2]**		**MES[3]**
	Critère ou valeur repère :		**0,03 mg P/l**		**8,6 µg/l**		**13 mg/l**
N° station	**Emplacement**	**Fréquence[4]**	**Amplitude[5]**	**Fréquence**	**Amplitude**	**Fréquence**	**Amplitude**
		%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)
Amont du lac Saint-Pierre							
00000086	TRACY SUD	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000087	TRACY CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000088	TRACY NORD	29	1,3	0	0,0	41	1,5
Rive nord							
05230001	LA CHALOUPE	100	3,5	41	1,8	29	5,5
05240001	BAYONNE	100	4,9	22	2,0	69	8,5
05250002	CHICOT	100	3,1	6	1,0	70	3,4
05260003	MASKINONGÉ	40	2,7	0	0,0	20	6,1
05280064	PTE DU LOUP	100	4,2	17	1,6	97	6,9
05280001	DU LOUP	29	5,3	0	0,0	29	10,4
05290001	PTE YAMACHICHE	100	6,2	47	2,2	91	10,7
05300004	YAMACHICHE	100	5,6	6	1,1	81	11,8
Rive sud							
03040009	RICHELIEU	35	1,9	33	1,4	32	2,5
03030023	YAMASKA	97	2,8	89	3,4	58	4,2
03020031	SAINT-FRANÇOIS	17	1,5	17	1,5	17	2,6
03010009	NICOLET S-O	64	3,0	35	2,4	39	4,9
03010008	NICOLET	30	3,3	24	3,1	33	8,0
Aval du lac Saint-Pierre							
00000089	TROIS-RIVIÈRES SUD	0	0,0	0	0,0	18	1,5
00000090	TROIS-RIVIÈRES CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000091	TROIS-RIVIÈRES NORD	0	0,0	0	0,0	12	1,2

1 : Critère de qualité pour prévenir l'eutrophisation des cours d'eau.
2 : Valeur repère (mai-oct.) d'algues microscopiques utilisée pour évaluer la productivité des cours d'eau.
3 : Valeur repère pour évaluer la quantité de matières en suspension transportée par un cours d'eau.
4 : Pourcentage des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère.
5 : Moyenne des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère divisée par le critère ou la valeur repère.

Annexe 4.2. Dépassements du critère de qualité du phosphore total et des valeurs repères de la chlorophylle a et des matières en suspension enregistrés au cours des mois de mai à octobre de la période 2012-2014

	Paramètre :	Phosphore[1]		Chlorophylle a[2]		MES[3]	
	Critère ou valeur repère :		0,03 mg P/l		8,6 µg/l		13 mg/l
N° station	Emplacement	Fréquence[4]	Amplitude[5]	Fréquence	Amplitude	Fréquence	Amplitude
		%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)
Amont du lac Saint-Pierre							
00000086	TRACY SUD	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000087	TRACY CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000088	TRACY NORD	29	1,3	0	0,0	41	1,5
Rive nord							
05230001	LA CHALOUPE	100	3,7	41	1,8	28	3,4
05240001	BAYONNE	100	3,4	22	2,0	83	1,8
05250002	CHICOT	100	3,0	6	1,0	67	1,4
05260003	MASKINONGÉ	50	1,3	0	0	17	1,3
05280064	PTE DU LOUP	100	3,1	17	1,6	94	2,1
05280001	DU LOUP	22	1,1	0	0	22	1,2
05290001	PTE YAMACHICHE	100	3,9	47	2,2	88	3,8
05300004	YAMACHICHE	100	3,2	6	1,1	83	4,1
Rive sud							
03040009	RICHELIEU	50	1,5	33	1,4	44	1,9
03030023	YAMASKA	100	2,9	89	3,4	89	4,4
03020031	SAINT-FRANÇOIS	22	1,5	17	1,5	22	2,9
03010009	NICOLET S-O	56	2,4	35	2,4	39	4,5
03010008	NICOLET	22	3,3	24	3,1	33	6,0
Aval du lac Saint-Pierre							
00000089	TROIS-RIVIÈRES SUD	0	0,0	0	0,0	18	1,5
00000090	TROIS-RIVIÈRES CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000091	TROIS-RIVIÈRES NORD	0	0,0	0	0,0	12	1,2

1 : Critère de qualité pour prévenir l'eutrophisation des cours d'eau.
2 : Valeur repère (mai-oct.) d'algues microscopiques utilisée pour évaluer la productivité des cours d'eau.
3 : Valeur repère pour évaluer la quantité de matières en suspension transportée par un cours d'eau.
4 : Pourcentage des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère.
5 : Moyenne des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère divisée par le critère ou la valeur repère.

Annexe 4.3 Dépassements des critères de qualité et valeur repère pour les formes d'azote enregistrés au cours de l'ensemble de la période 2012-2014

	Paramètre :		**Azote total[1]**		**Nitrates-nitrites[2]**		**Azote ammoniacal[2]**		**Azote ammoniacal[3]**
	Critère ou valeur repère :		**1,0 mg /l**		**2,9 mg N/l**		**CVAC**		**0,2 mg N/l**
N° station	**Emplacement**	**F[4]**	**A[5]**	**F**	**A**	**F**	**A**	**F**	**A**
		%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)
Amont du lac Saint-Pierre		0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000086	TRACY SUD	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000087	TRACY CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000088	TRACY NORD								
Rive nord									
05230001	LA CHALOUPE	100	9,1	97	2,6	0	0,0	32	1,4
05240001	BAYONNE	84	2,5	13	1,1	0	0,0	16	2,2
05250002	CHICOT	82	1,5	0	0,0	0	0,0	21	1,3
05260003	MASKINONGÉ	7	1,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
05280064	PTE DU LOUP	85	2,4	15	1,1	3	1,2	18	1,8
05280001	DU LOUP	14	1,3	0	0,0	0	0,0	9	1,2
05290001	PTE YAMACHICHE	100	7,1	82	2,2	6	1,3	44	3,7
05300004	YAMACHICHE	94	1,6	0	0,0	0	0,0	31	2,0
Rive sud									
03040009	RICHELIEU	10	1,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
03030023	YAMASKA	86	2,3	8	1,2	0	0,0	19	1,8
03020031	SAINT-FRANÇOIS	6	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
03010009	NICOLET S-O	64	1,5	0	0,0	0	0,0	9	1,7
03010008	NICOLET	63	1,8	0	0,0	0	0,0	7	1,5
Aval du lac Saint-Pierre									
00000089	TROIS-RIVIÈRES SUD	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000090	TROIS-RIVIÈRES CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000091	TROIS-RIVIÈRES NORD	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0

1 : Valeur repère pour évaluer le degré d'enrichissement de l'eau en azote.
2 : Critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (effets chroniques).
3 : Critère de qualité pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement (efficacité de la désinfection).
4 : Fréquence (F) : Pourcentage des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère.
5 : Amplitude (A) : Moyenne des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère divisée par le critère ou la valeur repère.

Annexe 4.4 Dépassements des critères de qualité et valeur repère pour les formes d'azote enregistrés au cours des mois de mai à octobre de la période 2012-2014

	Paramètre :		Azote total[1]		Nitrates-nitrites[2]		Azote ammoniacal[2]		Azote ammoniacal[3]
	Critère ou valeur repère :		1,0 mg /l		2,9 mg N/l		CVAC		0,2 mg N/l
N° station	Emplacement	F[4]	A[5]	F	A	F	A	F	A
		%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)
Amont du lac Saint-Pierre									
00000086	TRACY SUD	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000087	TRACY CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000088	TRACY NORD	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Rive nord									
05230001	LA CHALOUPE	100	9,4	100	2,6	0	0,0	11	1,6
05240001	BAYONNE	72	2,5	17	1,1	0	0,0	0	0,0
05250002	CHICOT	89	1,4	0	0,0	0	0,0	17	1,4
05260003	MASKINONGÉ	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
05280064	PTE DU LOUP	72	2,5	17	1,1	6	1,2	11	2,4
05280001	DU LOUP	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
05290001	PTE YAMACHICHE	100	8,7	88	2,7	13	1,3	35	2,9
05300004	YAMACHICHE	94	1,4	0	0,0	0	0,0	17	2,9
Rive sud									
03040009	RICHELIEU	6,3	1,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
03030023	YAMASKA	72	2,4	17	1,2	0	0,0	0	0,0
03020031	SAINT-FRANÇOIS	11	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
03010009	NICOLET S-O	39	1,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
03010008	NICOLET	39	1,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Aval du lac Saint-Pierre									
00000089	TROIS-RIVIÈRES SUD	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000090	TROIS-RIVIÈRES CENTRE	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
00000091	TROIS-RIVIÈRES NORD	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0

1 : Valeur repère pour évaluer le degré d'enrichissement de l'eau en azote.
2 : Critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (effets chroniques).
3 : Critère de qualité pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement (efficacité de la désinfection).
4 : Fréquence (F) : Pourcentage des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère.
5 : Amplitude (A) : Moyenne des mesures qui dépassent le critère ou la valeur repère divisée par le critère ou la valeur repère.

Annexe 4.5 Dépassements des critères de qualité pour les activités de contact direct et indirect enregistrés au cours de l'ensemble de la période 2012-2014

	Paramètre :	**Coliformes fécaux[1]**		**Coliformes fécaux[2]**	
	Critère ou valeur repère :		**200 UFC/100 ml**		**1000 UFC/100 ml**
N° station	**Emplacement**	**Fréquence[4]**	**Amplitude[5]**	**Fréquence[4]**	**Amplitude[5]**
		%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)
Amont du lac Saint-Pierre					
00000086	TRACY SUD	44	2,0	6	1,2
00000087	TRACY CENTRE	100	27,6	100	5,5
00000088	TRACY NORD	94	12,0	71	3,0
Rive nord					
05230001	LA CHALOUPE	39	4,5	6	3,7
05240001	BAYONNE	56	4,3	9	3,1
05250002	CHICOT	79	2,0	0	0,0
05260003	MASKINONGÉ	33	2,2	3	1,5
05280064	PTE DU LOUP	100	10,5	50	3,7
05280001	DU LOUP	88	6,4	32	2,5
05290001	PTE YAMACHICHE	94	10,4	39	4,4
05300004	YAMACHICHE	73	8,2	24	3,9
Rive sud					
03040009	RICHELIEU	19	2,1	0	0,0
03030023	YAMASKA	36	4,8	14	1,8
03020031	SAINT-FRANÇOIS	34	1,9	0	0,0
03010009	NICOLET S-O	15	11,7	12	2,9
03010008	NICOLET	40	8,3	17	3,5
Aval du lac Saint-Pierre					
00000089	TROIS-RIVIÈRES SUD	59	2,7	6	1,5
00000090	TROIS-RIVIÈRES CENTRE	100	6,6	41	2,3
00000091	TROIS-RIVIÈRES NORD	100	6,7	35	2,9

1 : Critère de qualité pour activités récréatives de contact direct (baignade, planche à voile, etc.)
2 : Critère de qualité pour activités récréatives de contact indirect (canotage, pêche, etc.)
3 : Fréquence (F) : Pourcentage des mesures qui dépassent le critère.
4 : Amplitude (A) : Moyenne des mesures qui dépassent le critère divisée par le critère.

Annexe 4.6 Dépassements des critères de qualité pour les activités de contact direct et indirect enregistrés au cours des mois de mai à octobre de la période 2012-2014

	Paramètre :	Coliformes fécaux[1]		Coliformes fécaux[2]	
	Critère ou valeur repère :		200 UFC/100 ml		1000 UFC/100 ml
N° station	Emplacement	Fréquence[4]	Amplitude[5]	Fréquence[4]	Amplitude[5]
		%	(X fois le critère)	%	(X fois le critère)
Amont du lac Saint-Pierre					
00000086	TRACY SUD	44	2,0	6	1,2
00000087	TRACY CENTRE	100	27,6	100	5,5
00000088	TRACY NORD	94	12,0	71	3,0
Rive nord					
05230001	LA CHALOUPE	56	5,2	11	3,7
05240001	BAYONNE	44	2,8	6	1,9
05250002	CHICOT	78	2,1	0	0,0
05260003	MASKINONGÉ	44	2,5	6	1,5
05280064	PTE DU LOUP	100	7,3	39	2,9
05280001	DU LOUP	100	10,1	47	3,7
05290001	PTE YAMACHICHE	94	12,6	56	3,9
05300004	YAMACHICHE	82	7,2	18	4,9
Rive sud					
03040009	RICHELIEU	6	1,3	0	0,0
03030023	YAMASKA	28	7,9	17	2,3
03020031	SAINT-FRANÇOIS	28	1,6	0	0,0
03010009	NICOLET S-O	28	11,7	22	2,9
03010008	NICOLET	33	10,7	17	3,9
Aval du lac Saint-Pierre					
00000089	TROIS-RIVIÈRES SUD	59	2,7	6	1,5
00000090	TROIS-RIVIÈRES CENTRE	100	6,6	41	2,3
00000091	TROIS-RIVIÈRES NORD	100	6,7	35	2,9

1 : Critère de qualité pour activités récréatives de contact direct (baignade, planche à voile, etc.)
2 : Critère de qualité pour activités récréatives de contact indirect (canotage, pêche, etc.)
3 : Fréquence (F) : Pourcentage des mesures qui dépassent le critère.
4 : Amplitude (A) : Moyenne des mesures qui dépassent le critère divisée par le critère.

Annexe 5 *Illustration par paramètre de la fréquence et de l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre pour la période 2012-2014*

Annexe 5.1 Azote ammoniacal : critère de toxicité pour la vie aquatique

Annexe 5.2 Azote ammoniacal : critère de protection de l'eau brute d'approvisionnement

Annexe 5.3 Nitrates-nitrites

Annexe 5.4 Azote total

Annexe 5.5 Phosphore

Annexe 5.6 Matières en suspension

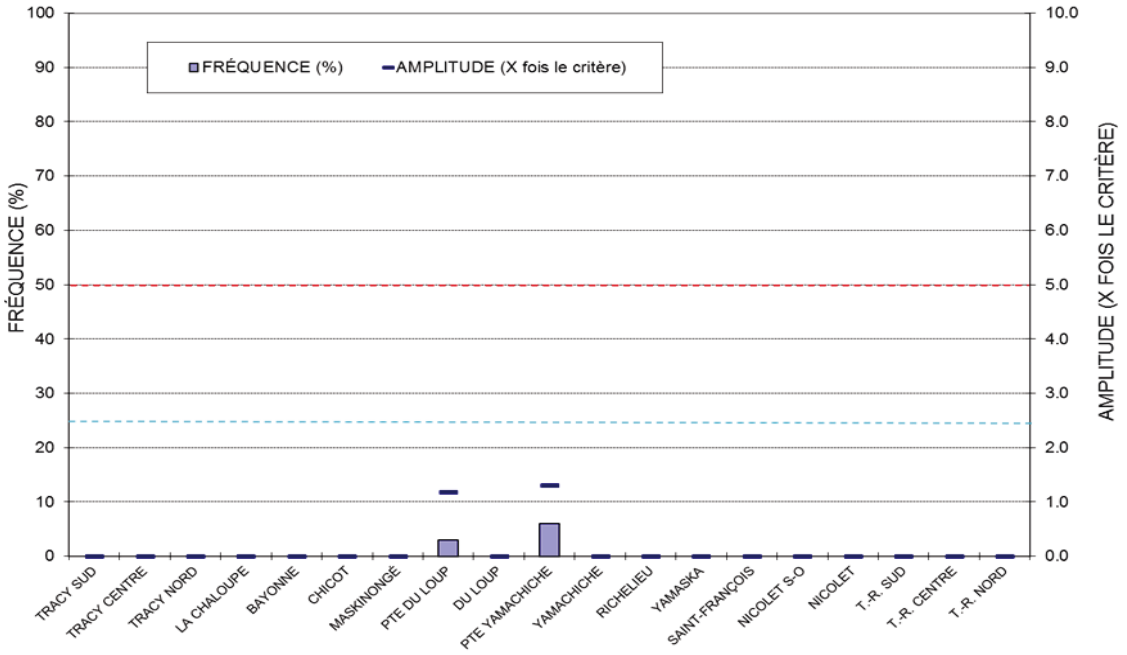
Annexe 5.7 Coliformes fécaux : contact direct – 200 UFC/100 ml

Annexe 5.8 Coliformes fécaux : contact indirect – 1000 UFC/100 ml

Annexe 5 Illustration par paramètre de la fréquence et de l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre pour la période 2012-2014

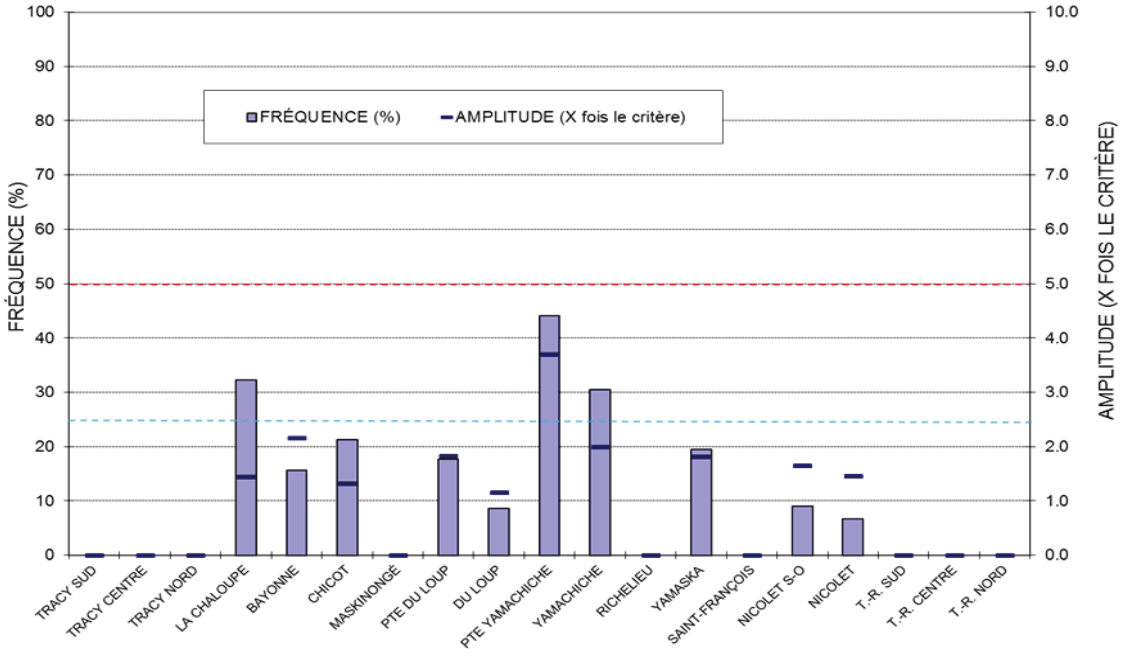
Annexe 5.1

Azote ammoniacal 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de toxicité pour la vie aquatique (effets chroniques, CVAC variable selon la température de l'eau et le pH)



Annexe 5.2

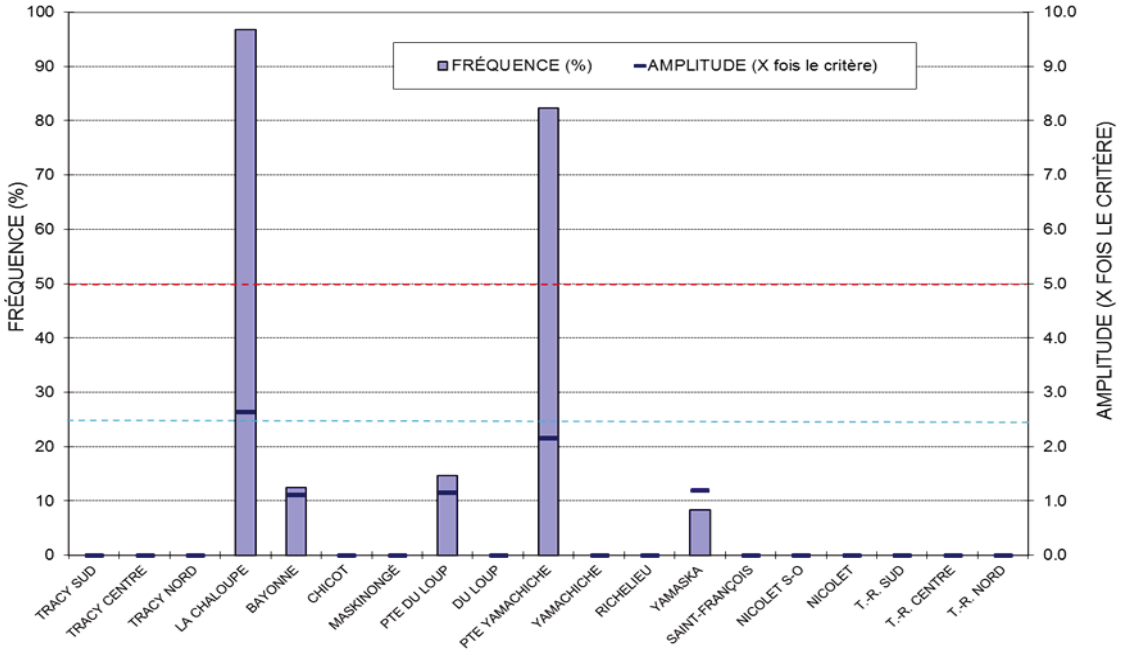
Azote ammoniacal 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de protection de l'eau brute d'approvisionnement (efficacité de la désinfection) (0,2 mg N/l)



Annexe 5 Illustration par paramètre de la fréquence et de l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre pour la période 2012-2014 (suite)

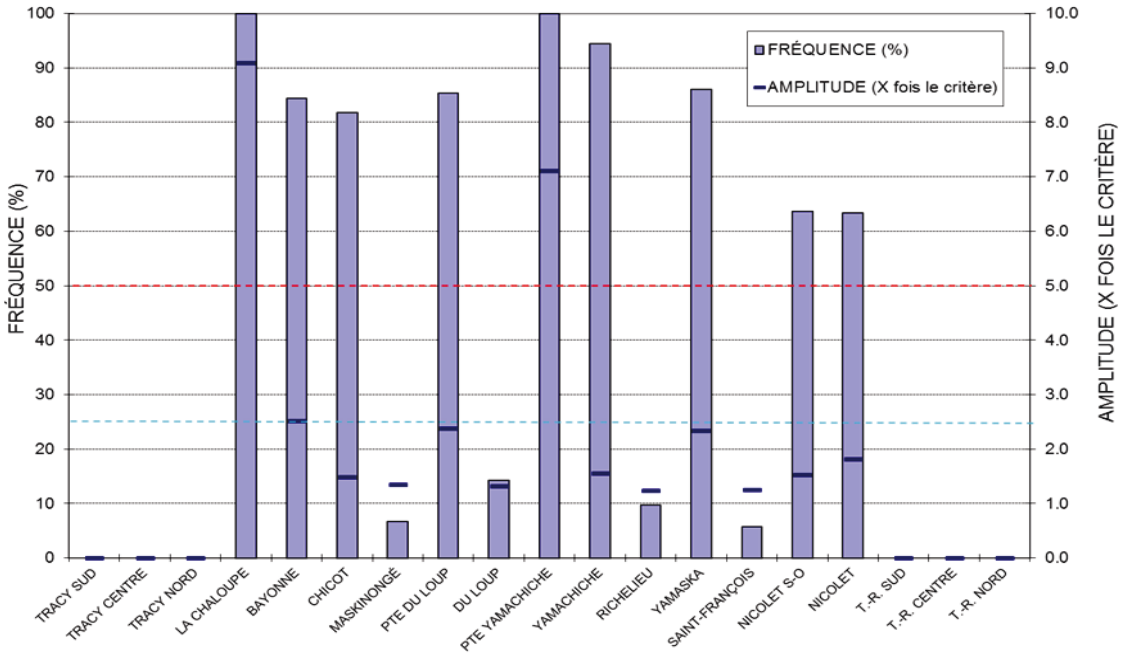
Annexe 5.3

Nitrates-nitrites 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de toxicité pour la vie aquatique (effets chroniques, CVAC = 2,9 mg N/l)



Annexe 5.4

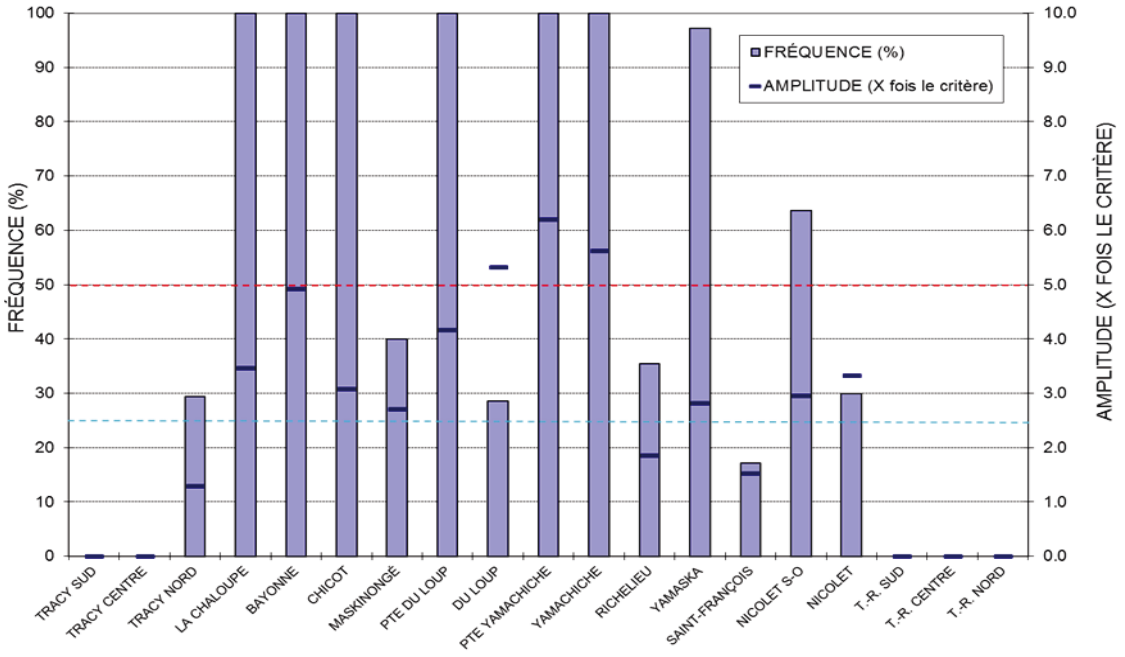
Azote total 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère d'enrichissement de 1,0 mg N/l - qualité satisfaisante, selon IQBP6



Annexe 5 Illustration par paramètre de la fréquence et de l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre pour la période 2012-2014 (suite)

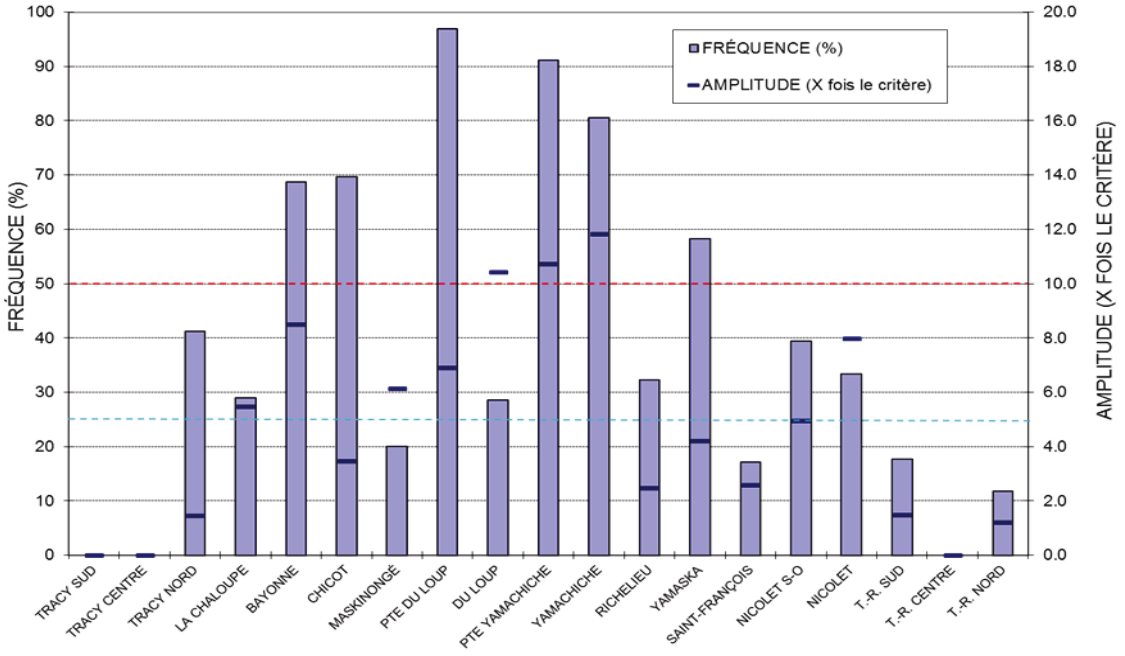
Annexe 5.5

Phosphore 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de l'eau pour la prévention de l'eutrophisation (30 µg/l)



Annexe 5.6

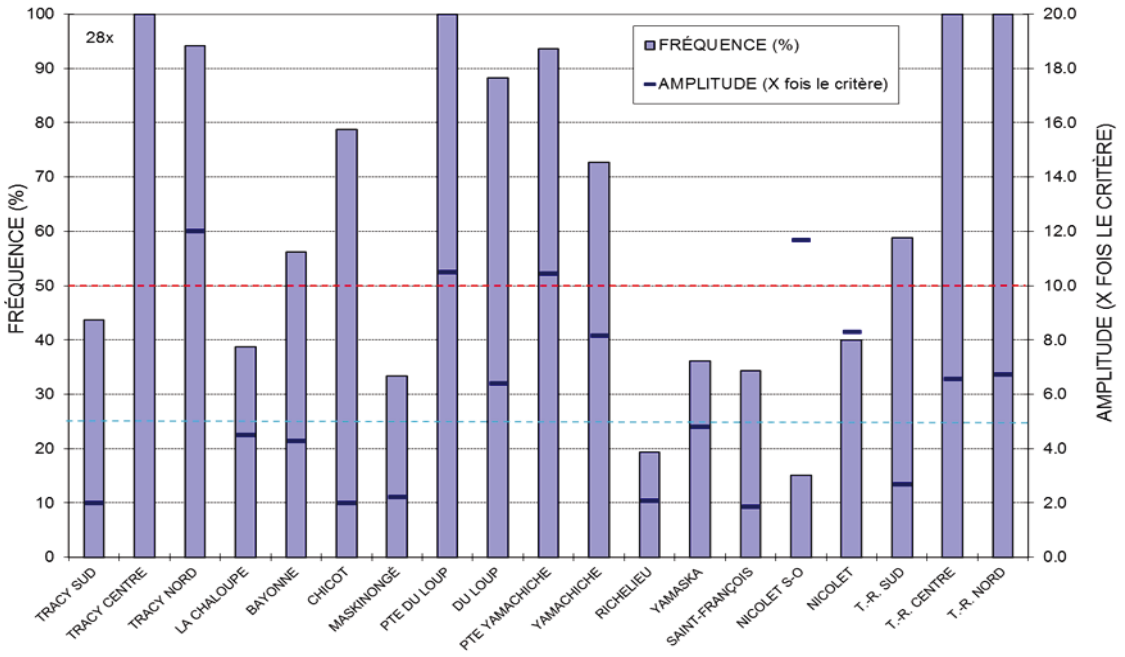
Matières en suspension 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements de la valeur repère de 13 mg/l (qualité satisfaisante, selon IQBP6)



Annexe 5 Illustration par paramètre de la fréquence et de l'amplitude moyenne des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre pour la période 2012-2014 (suite)

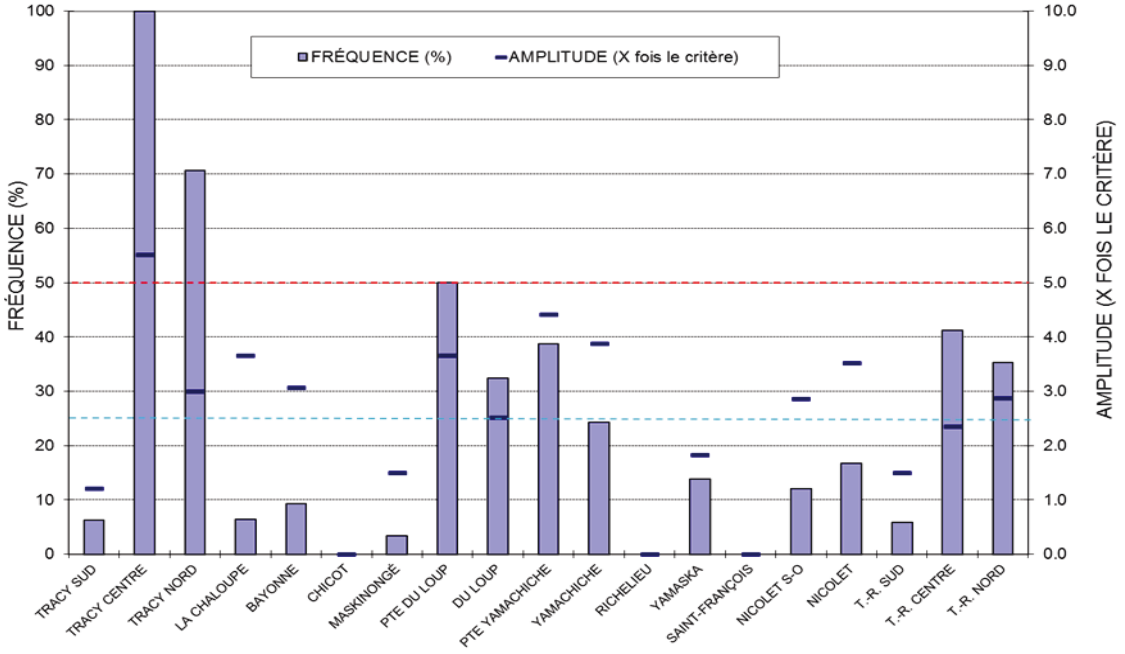
Annexe 5.7

Coliformes fécaux 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de l'eau pour contact direct – 200 UFC/100 ml



Annexe 5.8

Coliformes fécaux 2012-2014: Fréquence et amplitude moyenne des dépassements du critère de qualité de l'eau pour contact indirect – 1000 UFC/100 ml



Annexe 6 Occupation du territoire et illustration par station des fréquences (%) et amplitudes moyennes (X fois le critère) des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre au cours de la période 2012-2014

Annexe 6.1 Rivière La Chaloupe

Annexe 6.2 Rivière Bayonne

Annexe 6.3 Rivière Chicot

Annexe 6.4 Rivière Maskinongé

Annexe 6.5 Petite rivière du Loup

Annexe 6.6 Rivière du Loup

Annexe 6.7 Petite rivière Yamachiche

Annexe 6.8 Rivière Yamachiche

Annexe 6.9 Bassins orphelins rive nord

Annexe 6.10 Rivière Richelieu

Annexe 6.11 Rivière Yamaska

Annexe 6.12 Rivière Saint-François

Annexe 6.13 Rivière Saint-Zéphirin

Annexe 6.14 Rivière Nicolet Sud-Ouest

Annexe 6.15 Rivière Nicolet

Annexe 6.16 Bassins orphelins rive sud

Annexe 6 Occupation du territoire et illustration par station des fréquences (%) et amplitudes moyennes (X fois le critère) des dépassements de certains critères de qualité et valeurs repères observés aux stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre au cours de la période 2012-2014 (suite)

CRITÈRES DE QUALITÉ ET VALEURS REPÈRES

CF1000 = Critère de qualité pour activités récréatives de contact indirect (canotage, pêche, etc.) 1000 UFC (coliformes fécaux)/100 ml

CF200 = Critère de qualité pour activités récréatives de contact direct (baignade, planche à voile, kayak, etc.) 200 UFC (coliformes fécaux)/100 ml

CHLAT_VR = La biomasse d'algues microscopiques exprimée en microgrammes par litre de chlorophylle a est utilisée pour évaluer la productivité d'un cours d'eau. La valeur repère de 8,6 µg/l de chlorophylle a permet de départager les classes de qualité satisfaisante et douteuse de l'IQBP.

NH3_CVAC = Critère de toxicité pour la protection de la vie aquatique (effets chroniques). La valeur du critère varie en fonction de la température et du pH de l'eau.

NH3_CPEBA = Critère de qualité de 0,2 mg N/l pour la protection de l'eau brute d'approvisionnement. Il permet d'assurer l'efficacité de la désinfection.

NOX_CVAC = Critère de toxicité de 2,9 mg N/l pour la protection de la vie aquatique (effets chroniques).

NTOT_VR = Concentration permettant de jauger le degré d'enrichissement des cours d'eau en azote. La valeur repère de 1,0 mg N/l permet de départager les classes de qualité satisfaisante et douteuse de l'IQBP.

PTOT_CARE = Critère de qualité visant la protection des activités récréatives et de l'esthétique des cours d'eau. La valeur de 0,03 mg P/l vise à prévenir la croissance excessive des algues et des plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières.

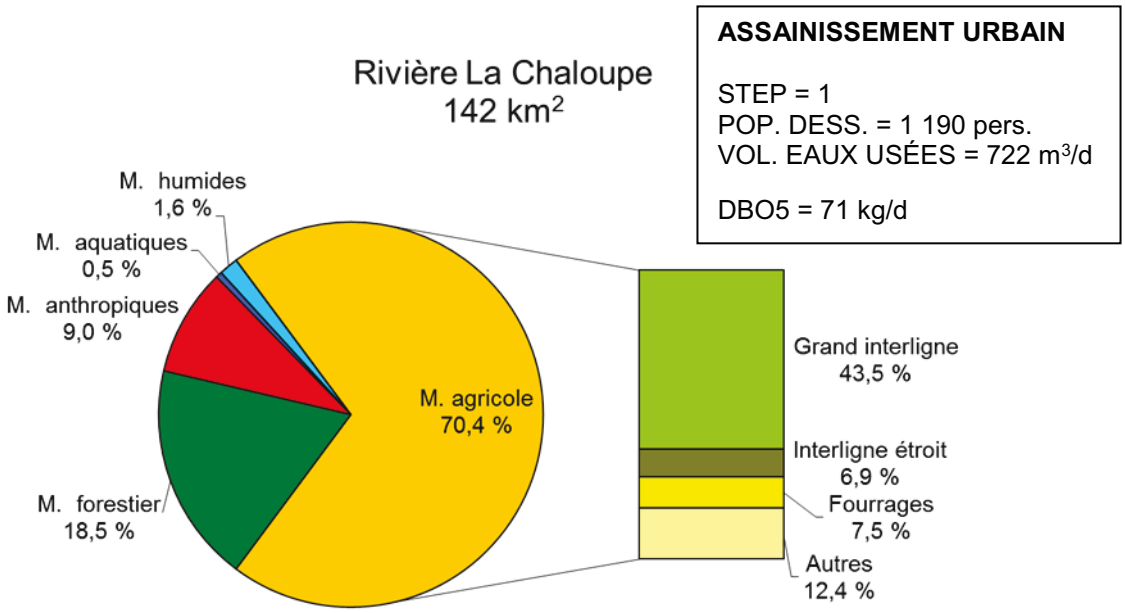
MES_VR = La valeur repère de 13 mg/l de matières en suspension (MES) permet de départager les classes de qualité satisfaisante et douteuse de l'IQBP.

ASSAINISSEMENT URBAIN (paramètres de conception)

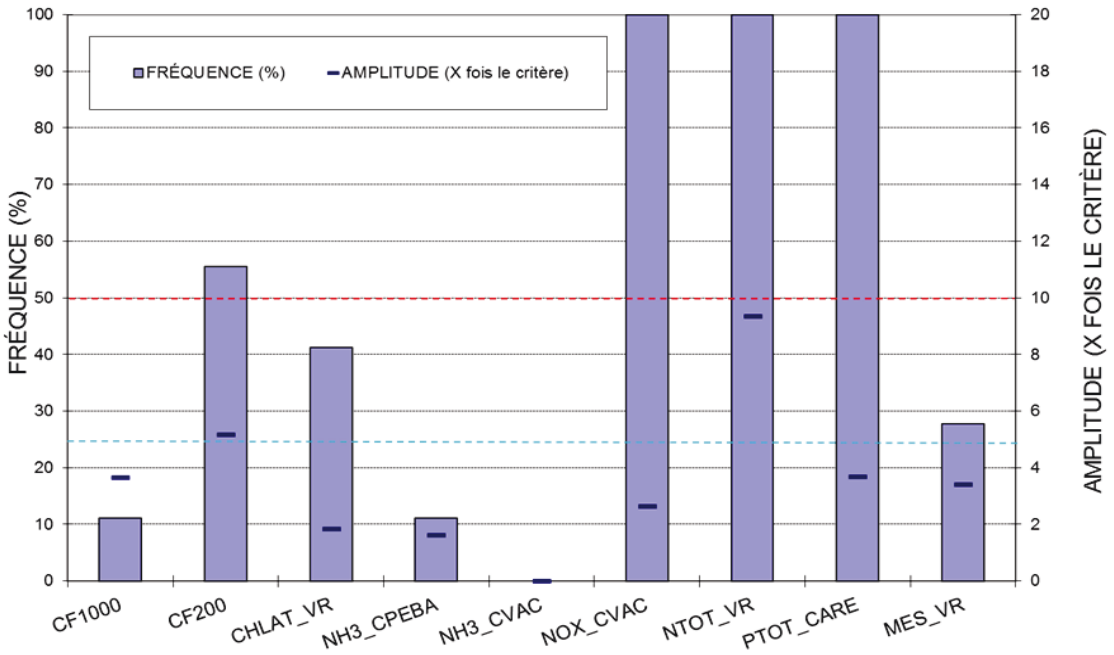
STEP = nombre de station d'épuration
POP. DESS. = population desservie (personnes)
VOL. EAUX USÉES = volume quotidien d'eaux usées (mètres cubes/jour)
DBO5 = demande biochimique en oxygène (5 jours)

Source : MAMOT, 2015. Stations d'épurations suivies ou non par SOMAE, Direction des infrastructures, Québec, 15 février 2015.

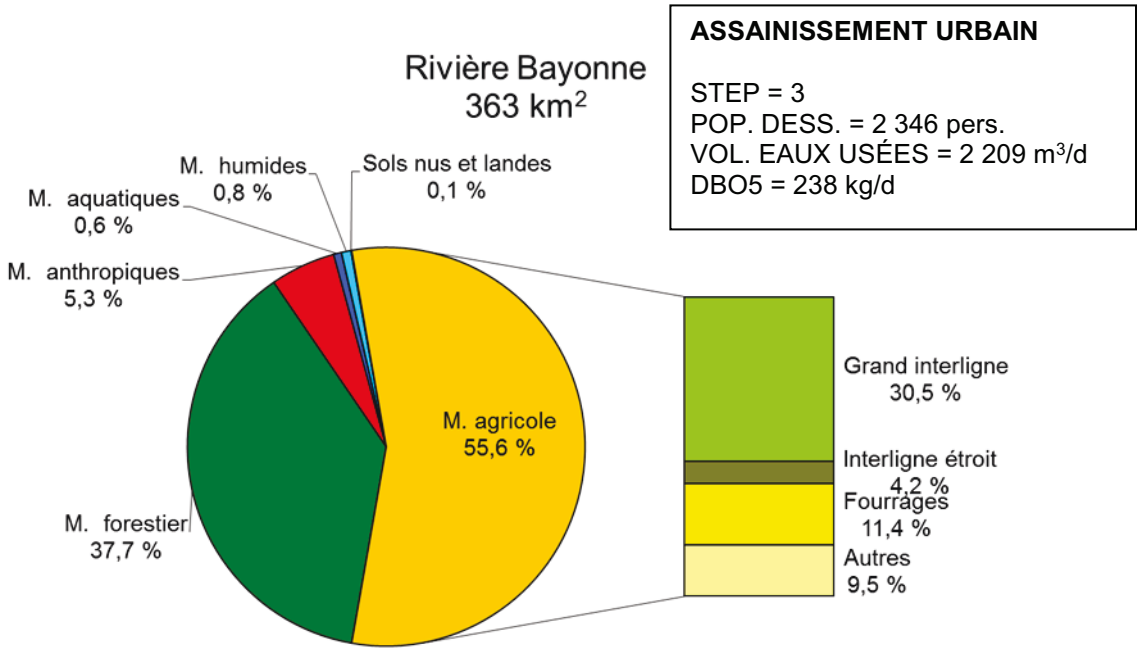
Annexe 6.1 Rivière La Chaloupe



Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **La Chaloupe** (05230001), période 2012-2014



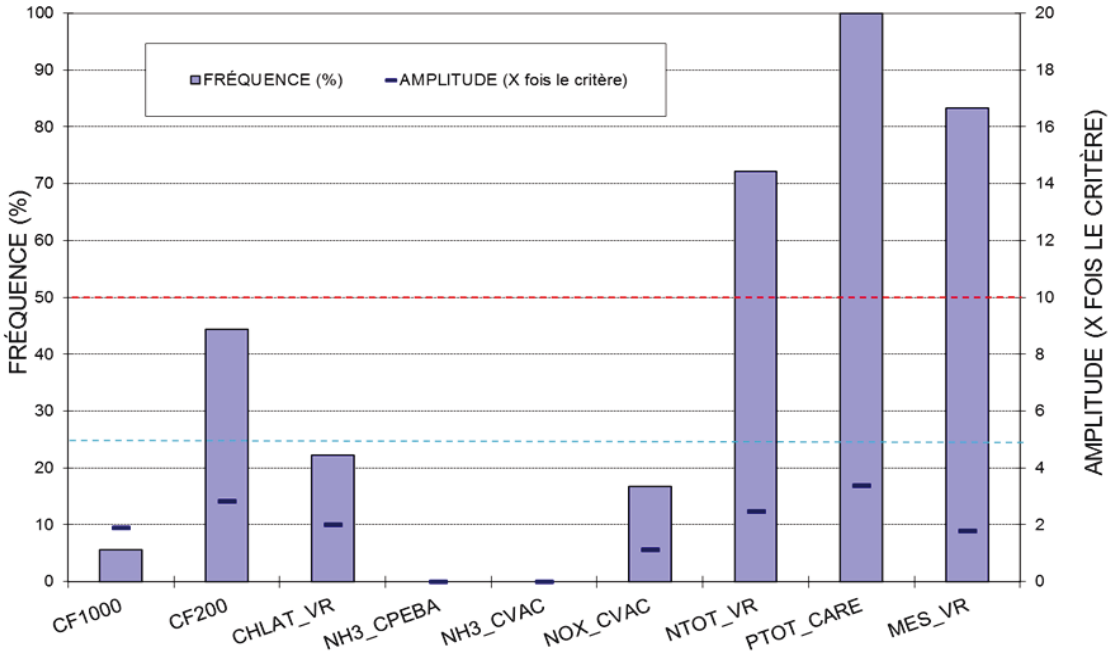
Annexe 6.2 Rivière Bayonne



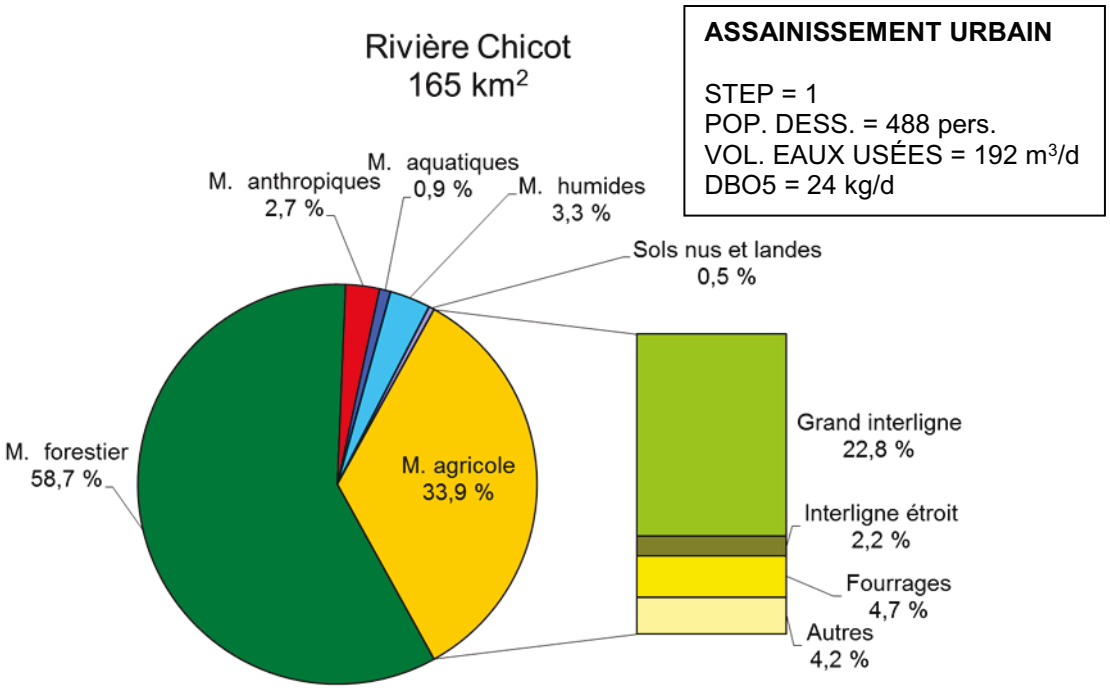
ASSAINISSEMENT URBAIN

STEP = 3
POP. DESS. = 2 346 pers.
VOL. EAUX USÉES = 2 209 m^3/d
DBO5 = 238 kg/d

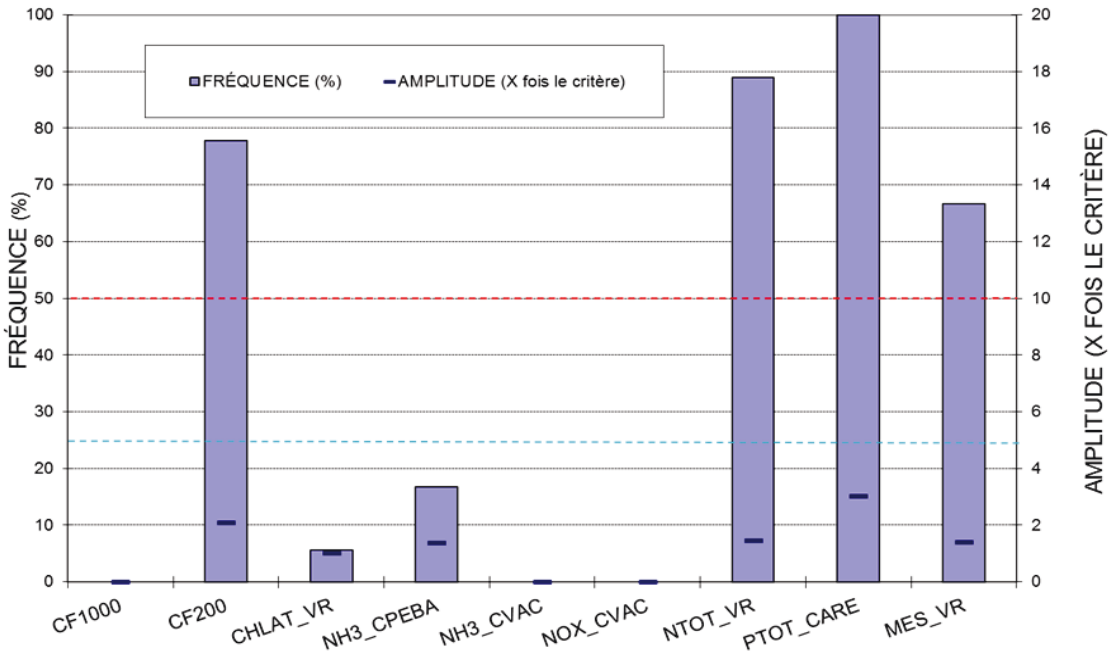
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Bayonne** (05240001), période 2012-2014



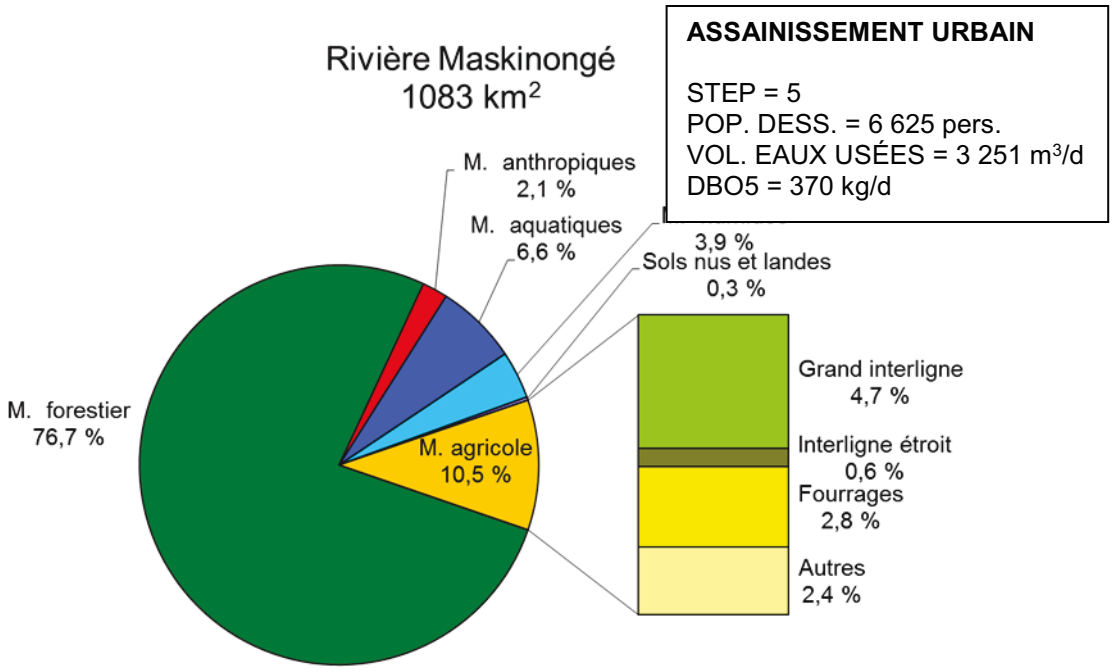
Annexe 6.3 Rivière Chicot



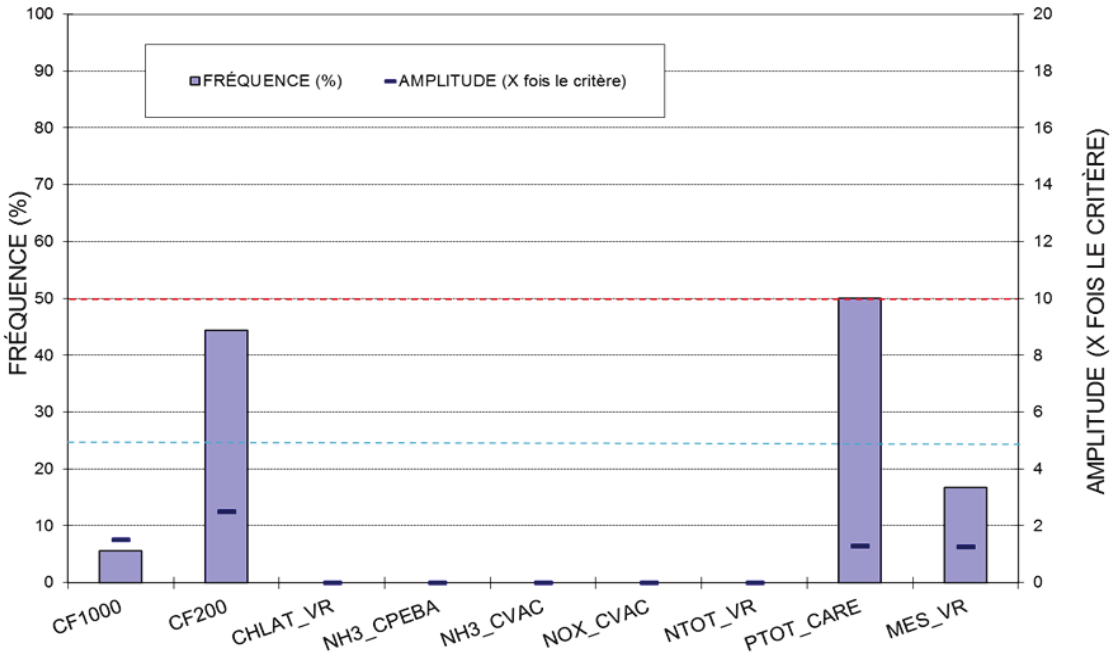
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la **rivière Chicot** (05250002), période 2012-2014



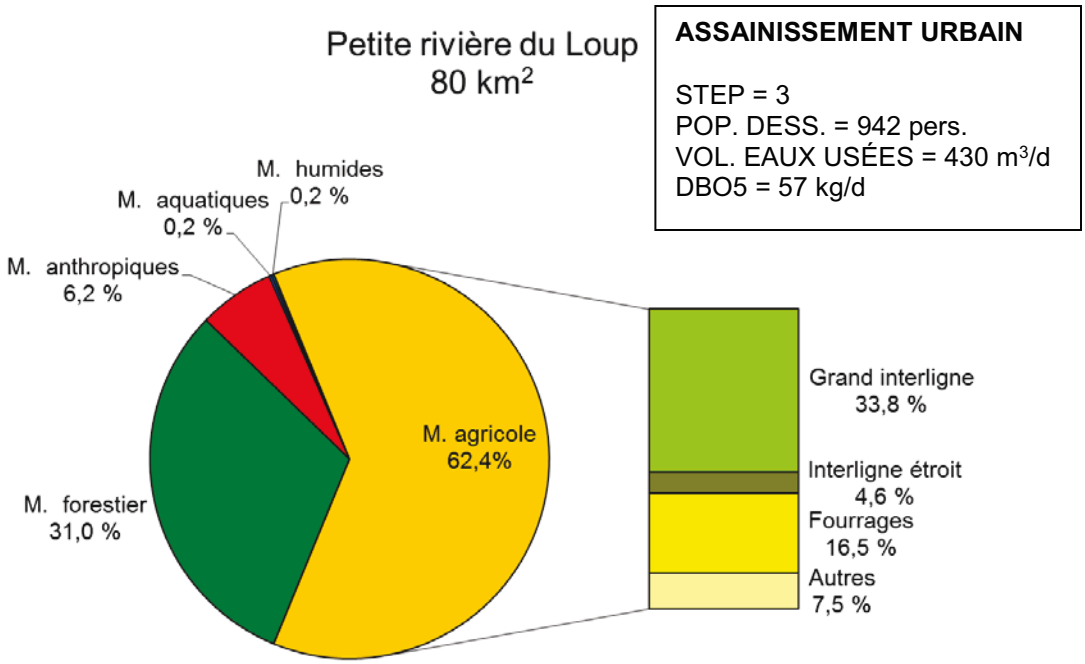
Annexe 6.4 Rivière Maskinongé



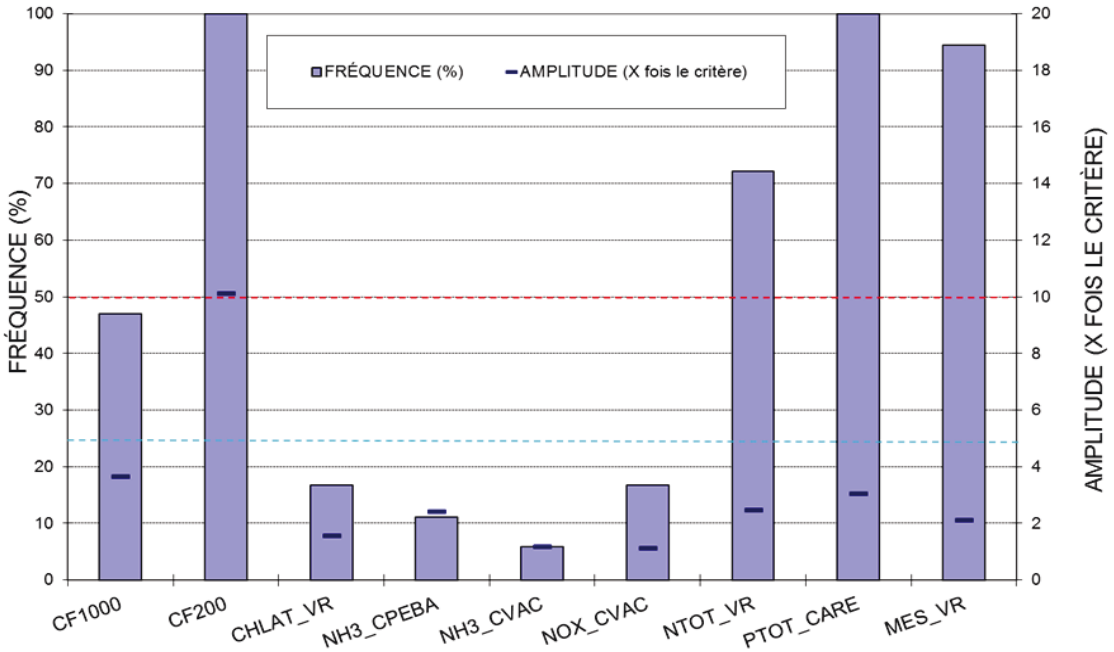
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Maskinongé** (05260003), période 2012-2014



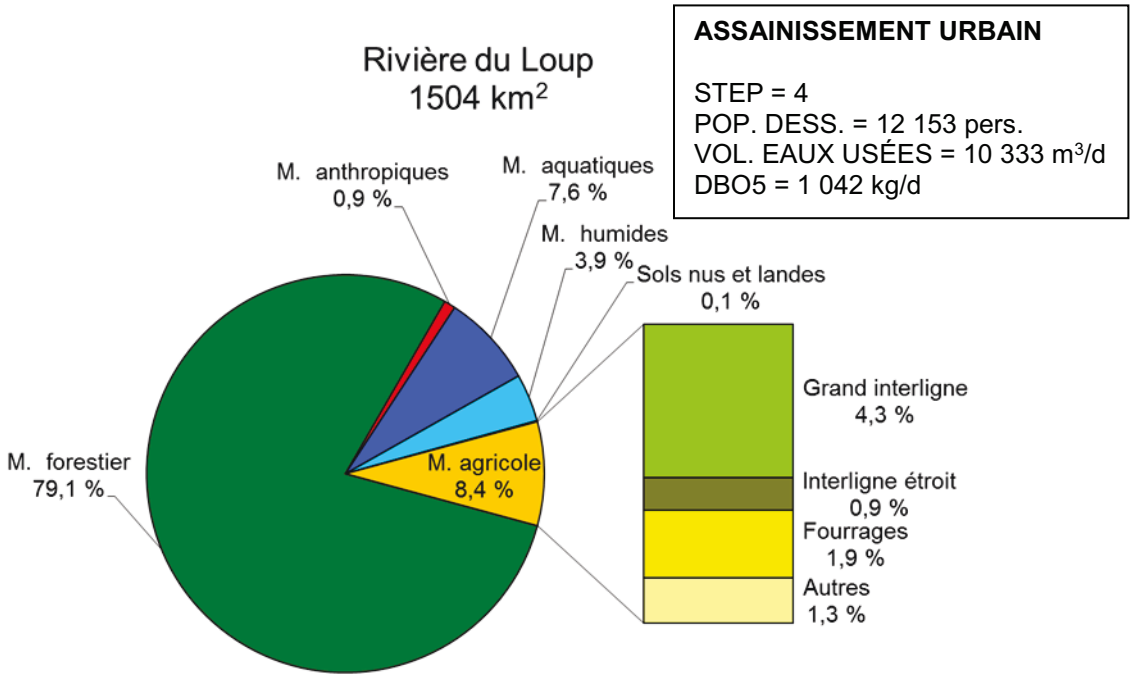
Annexe 6.5 Petite rivière du Loup



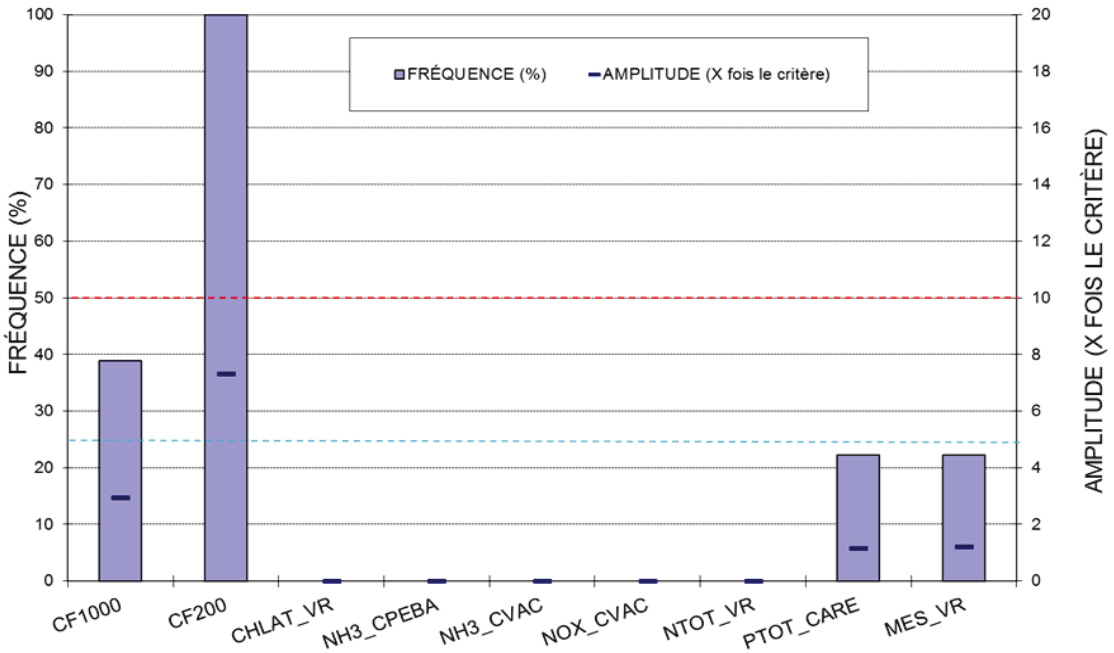
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la **Petite rivière du Loup** (05280064), période 2012-2014



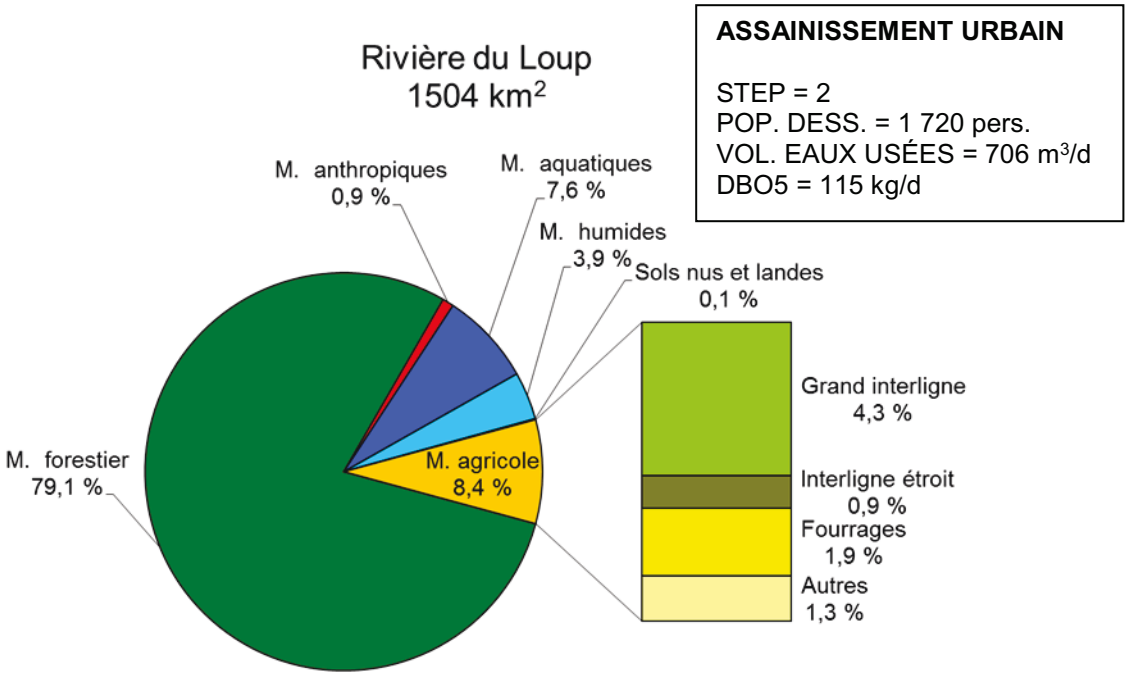
Annexe 6.6 Rivière du Loup



Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **du Loup** (05280001), période 2012-2014



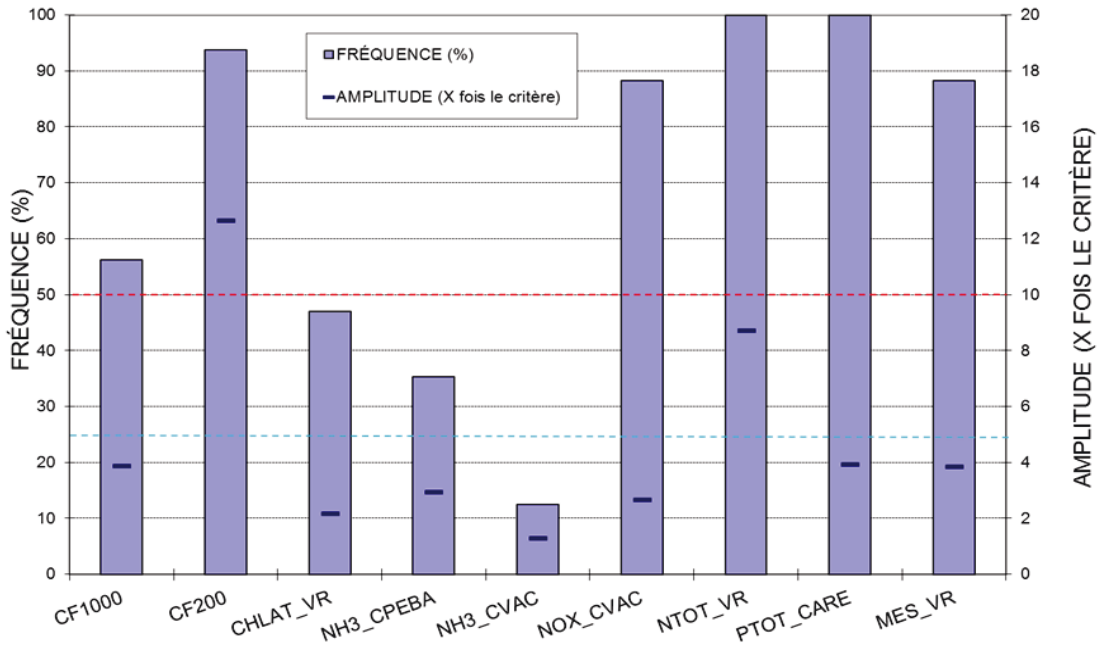
Annexe 6.7 Rivière du Loup



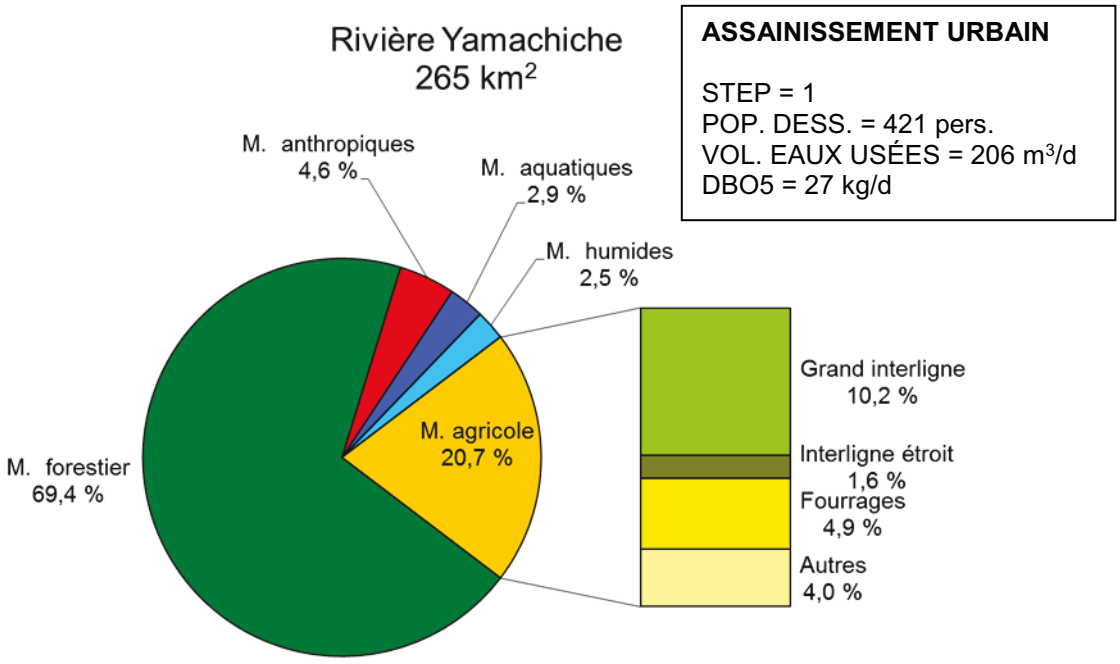
ASSAINISSEMENT URBAIN

STEP = 2
POP. DESS. = 1 720 pers.
VOL. EAUX USÉES = 706 m^3/d
DBO5 = 115 kg/d

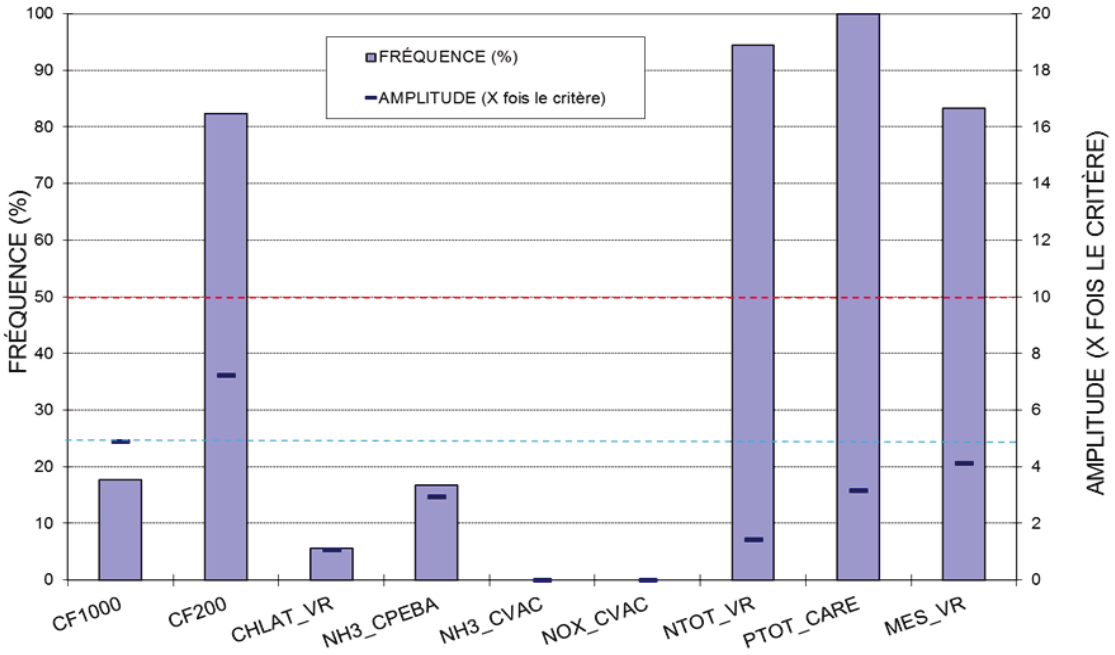
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la **petite rivière Yamachiche** (05290001), période 2012-2014



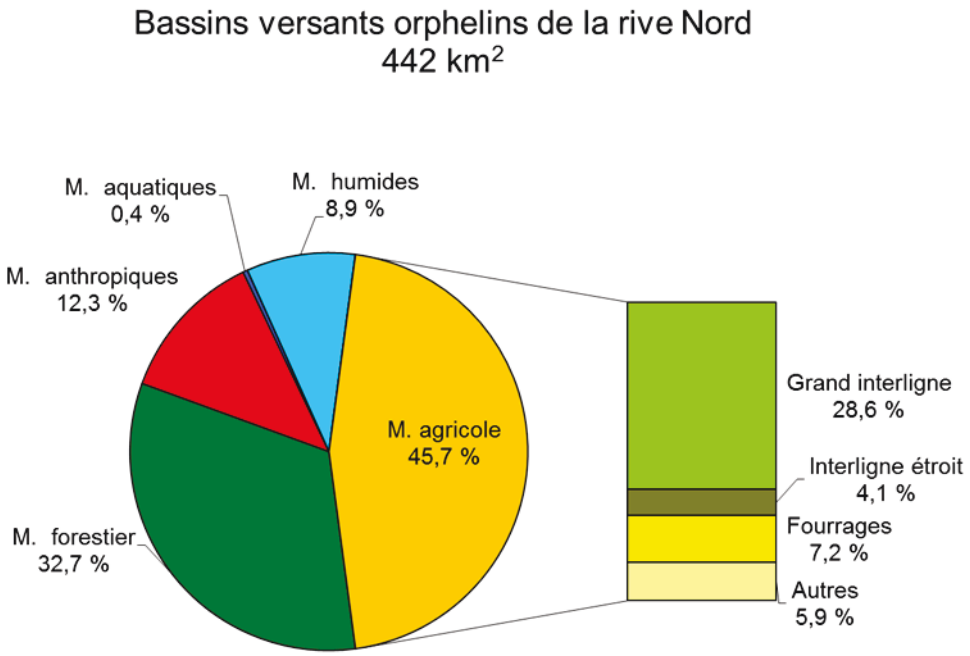
Annexe 6.8 Rivière Yamachiche



Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Yamachiche** (05300004), période 2012-2014



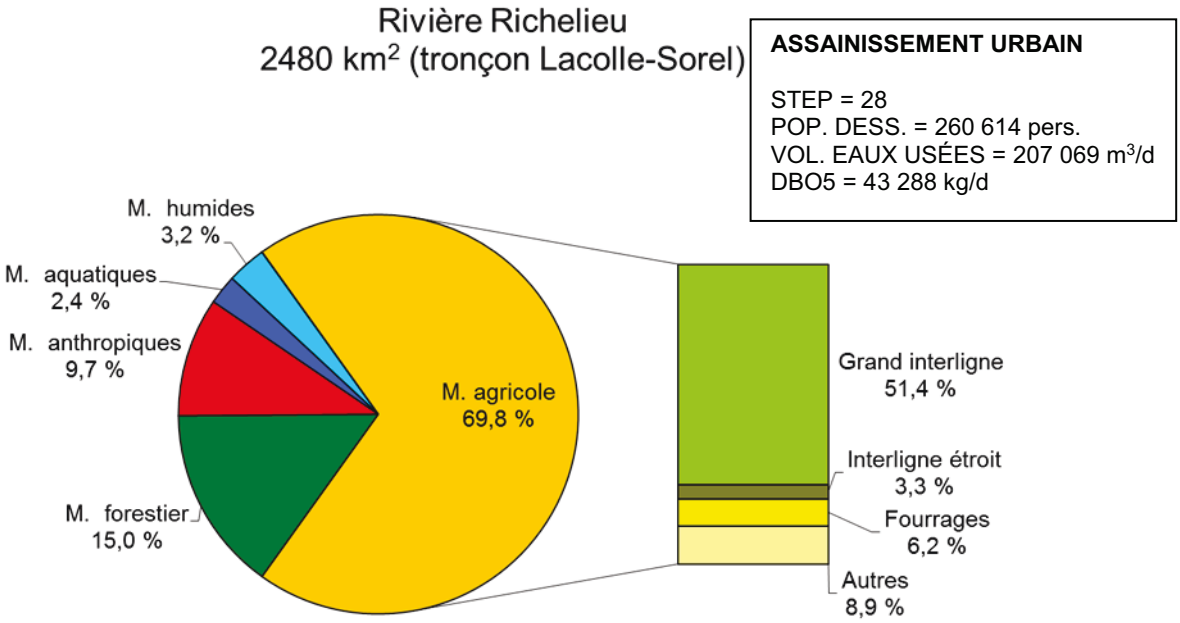
Annexe 6.9 Bassins versants orphelins de la rive Nord



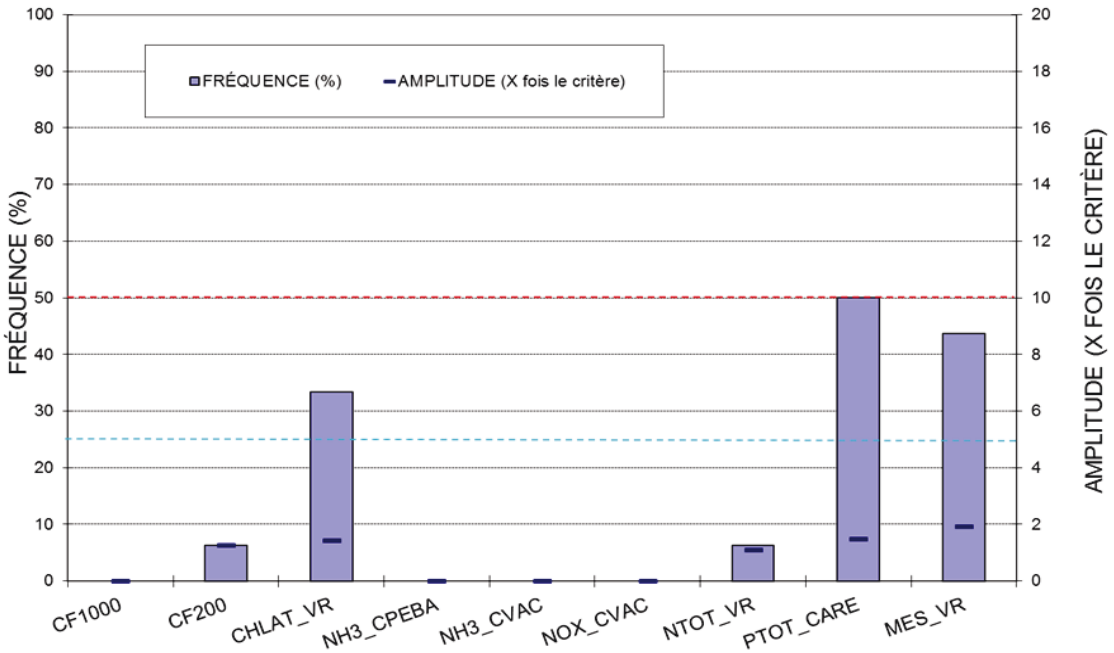
ASSAINISSEMENT URBAIN
Saint-Barthélemy, ruisseau Sarrazin

STEP = 1
POP. DESS. = 482 pers.
VOL. EAUX USÉES = 363 m^3/d
DBO5 = 30 kg/d

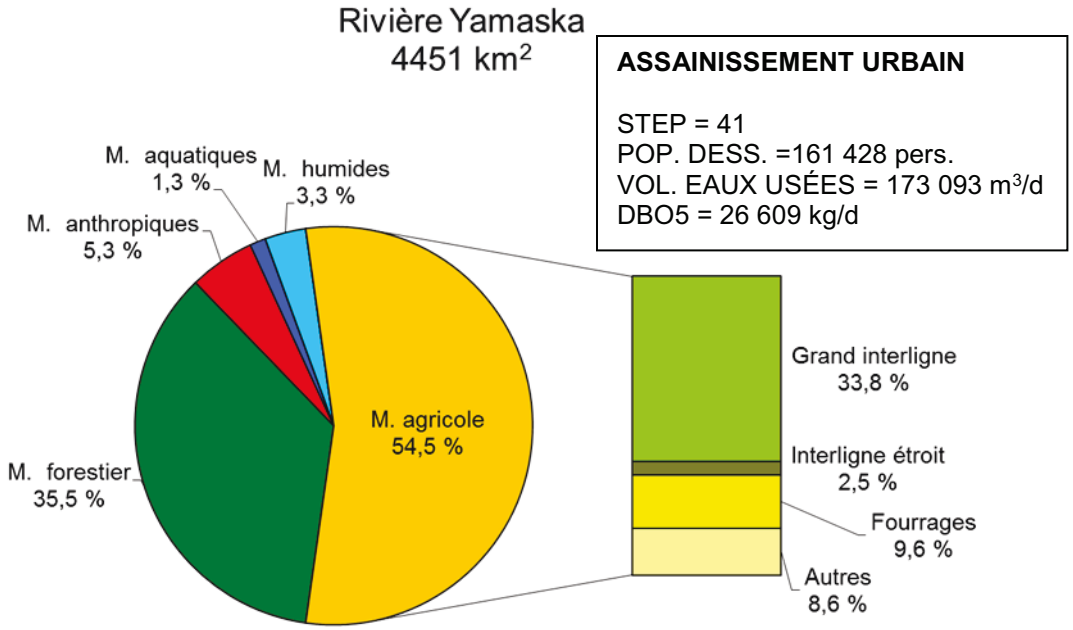
Annexe 6.10 Rivière Richelieu



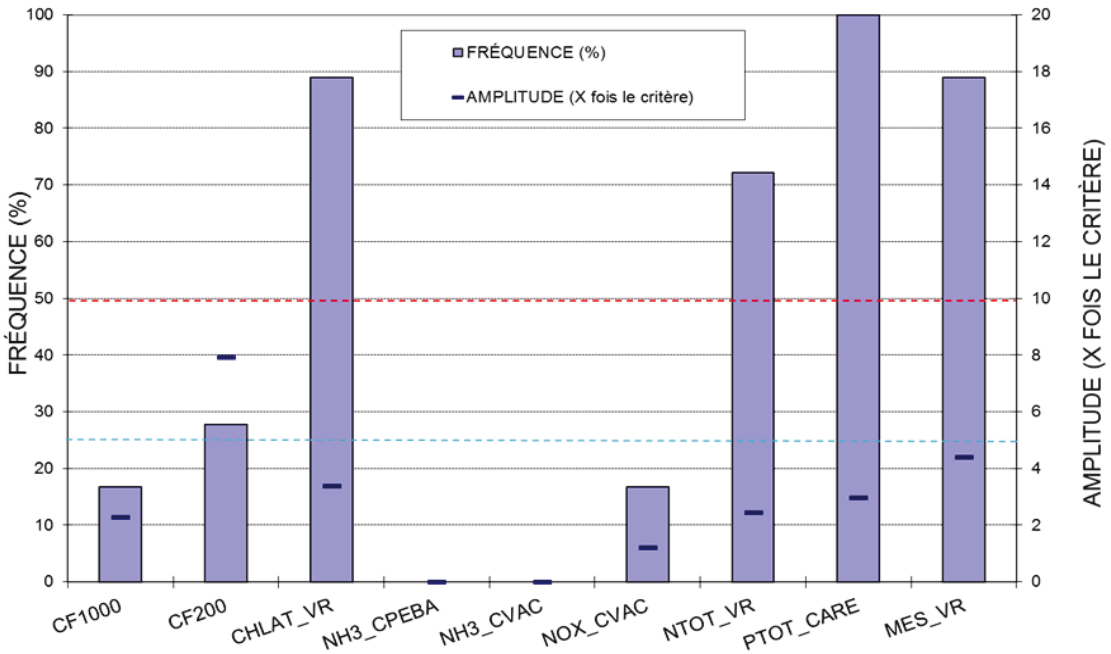
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Richelieu** (03040009), période 2012-2014



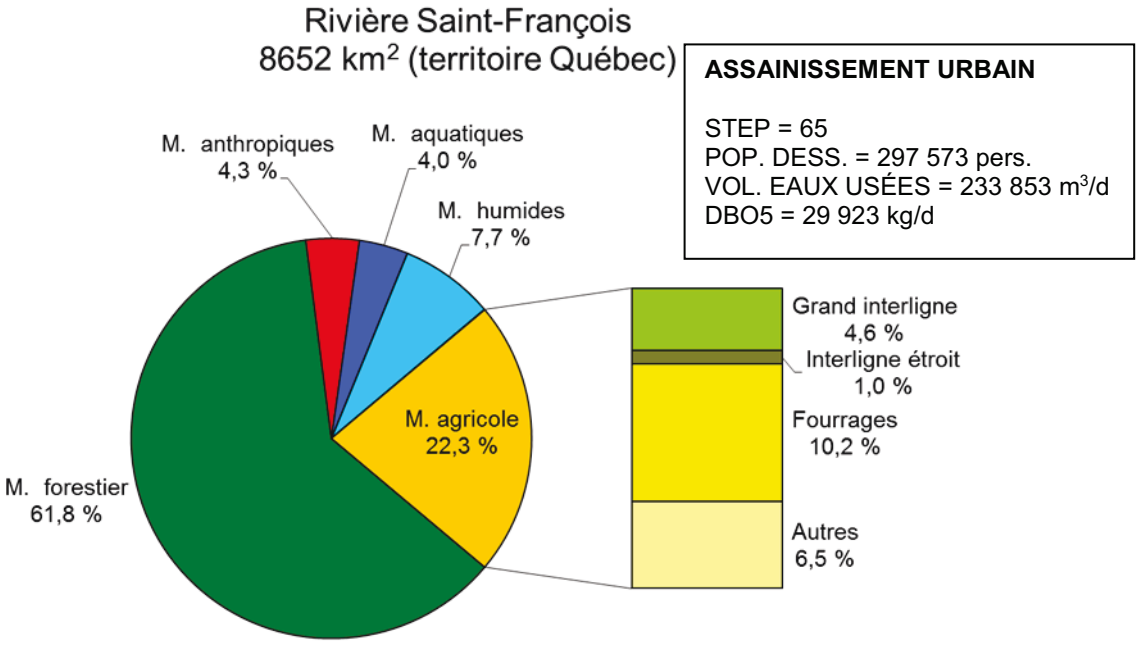
Annexe 6.11 Rivière Yamaska



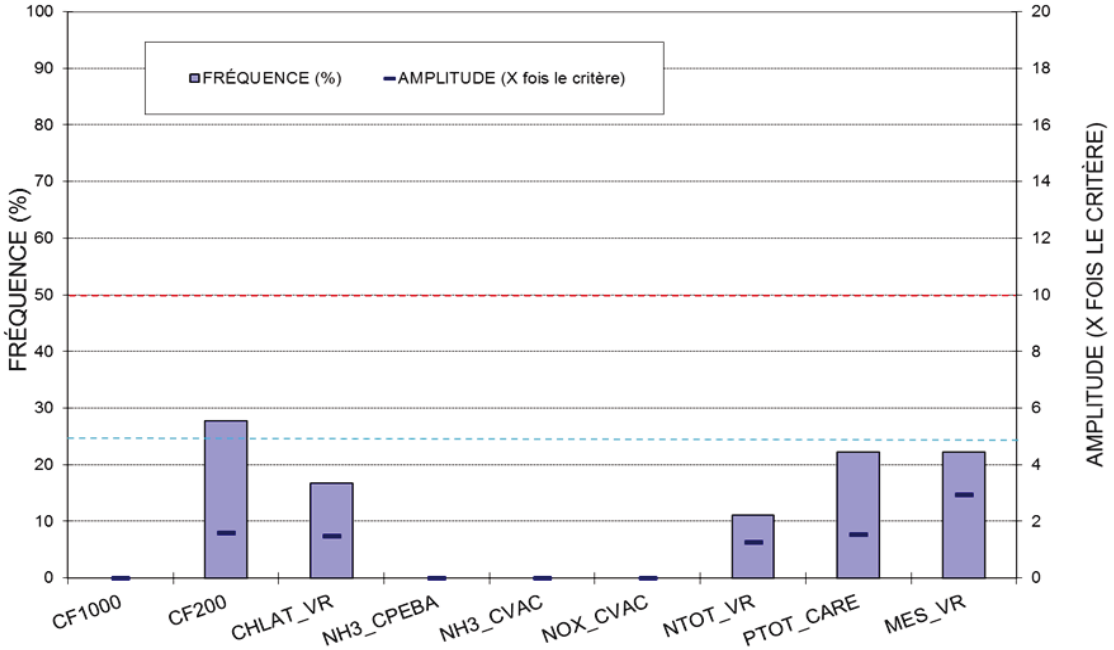
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Yamaska** (03030023), période 2012-2014



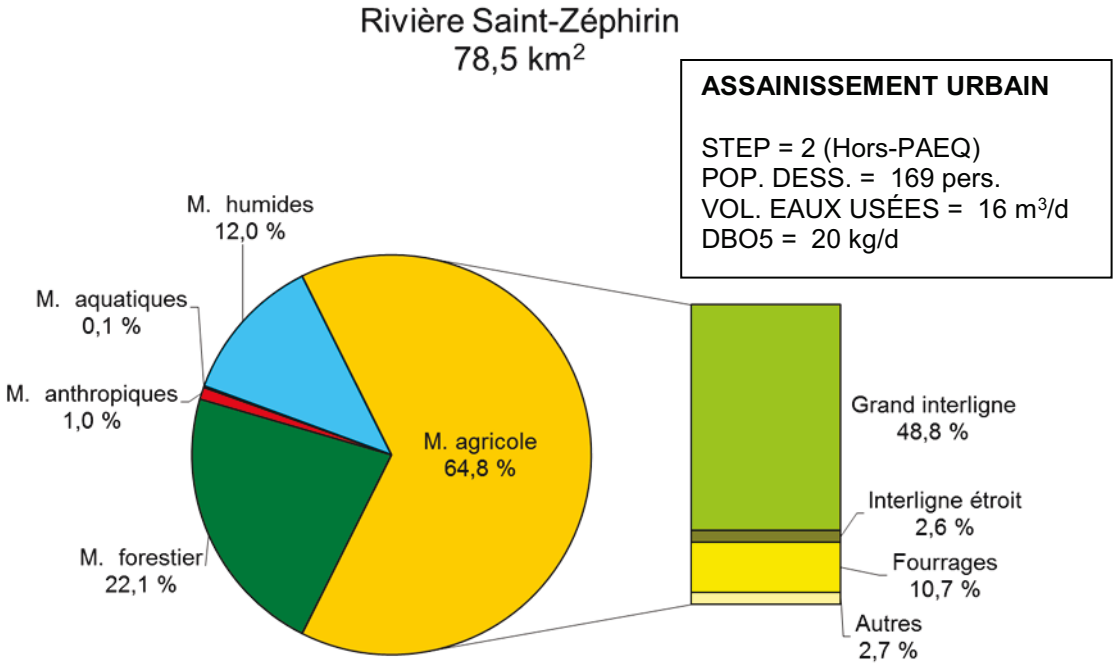
Annexe 6.12 Rivière Saint-François



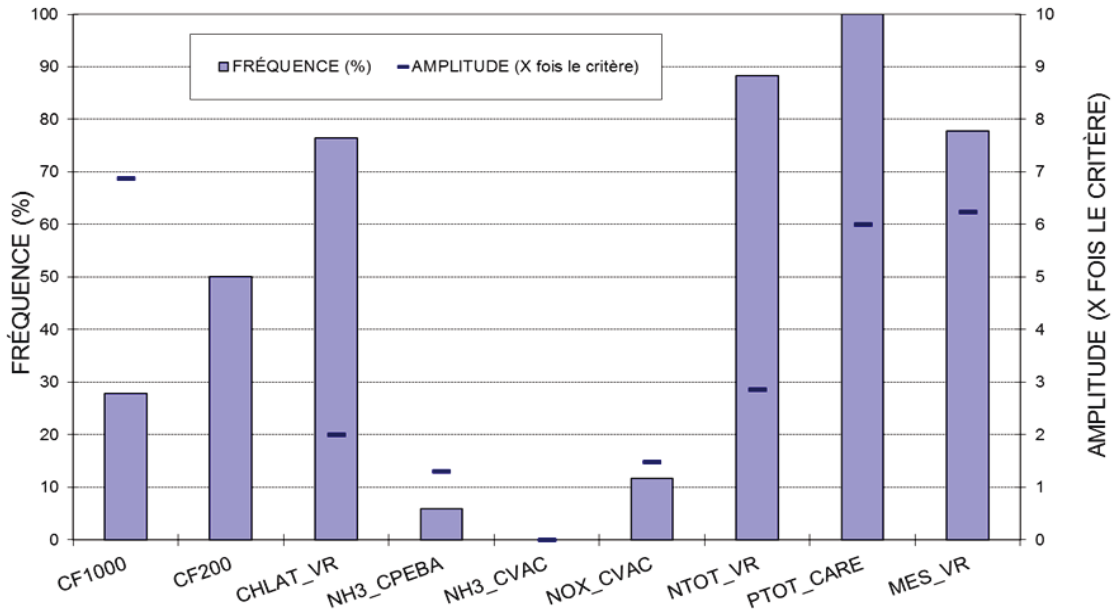
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Saint-François** (03020031), période 2012-2014



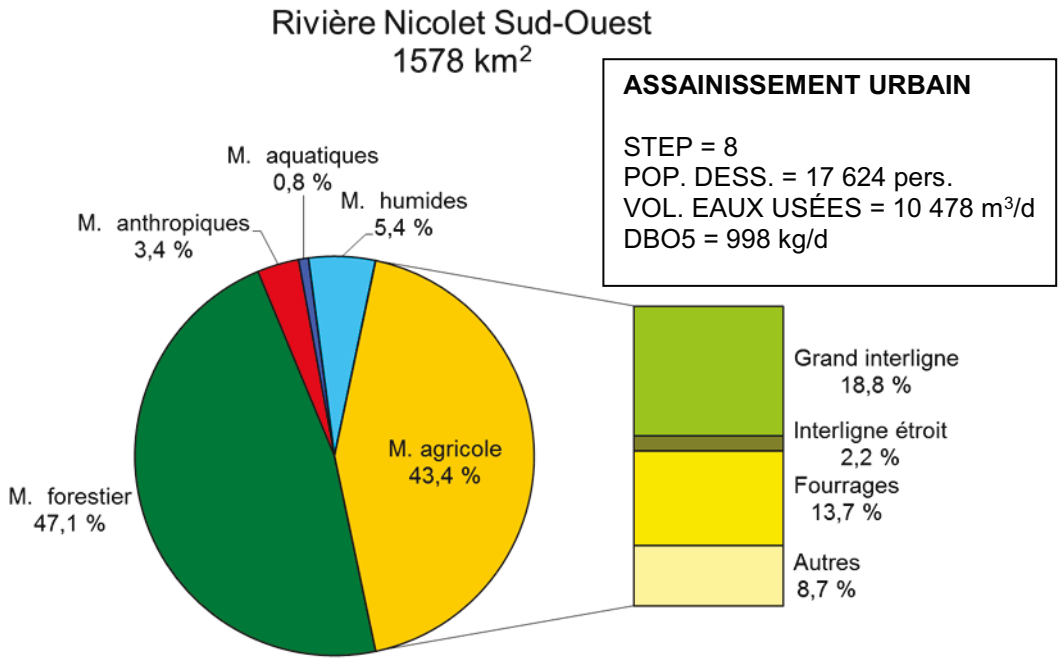
Annexe 6.13 Rivière Saint-Zéphirin



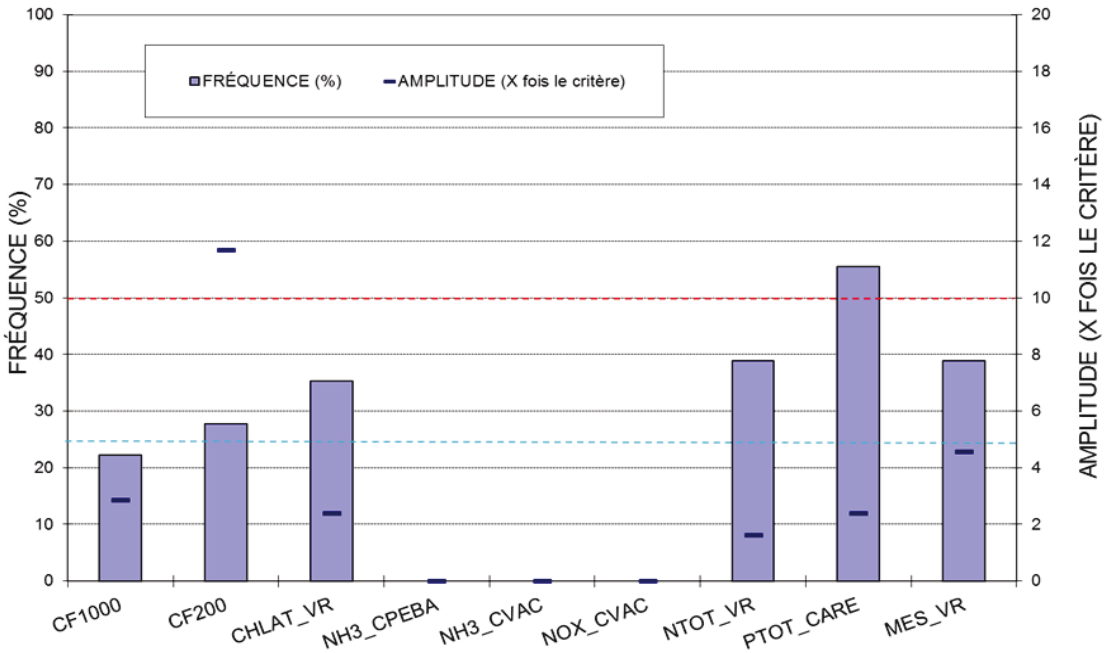
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière St-Zéphirin (03010046),à La Visitation-de-Yamaska, période 2012-2014



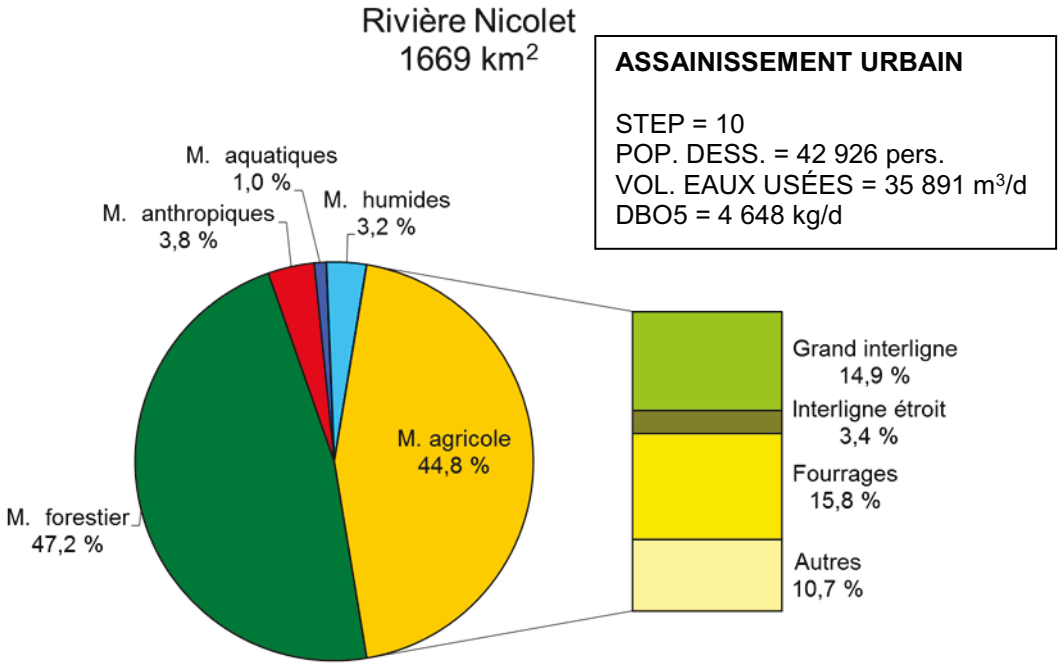
Annexe 6.14 Rivière Nicolet Sud-Ouest



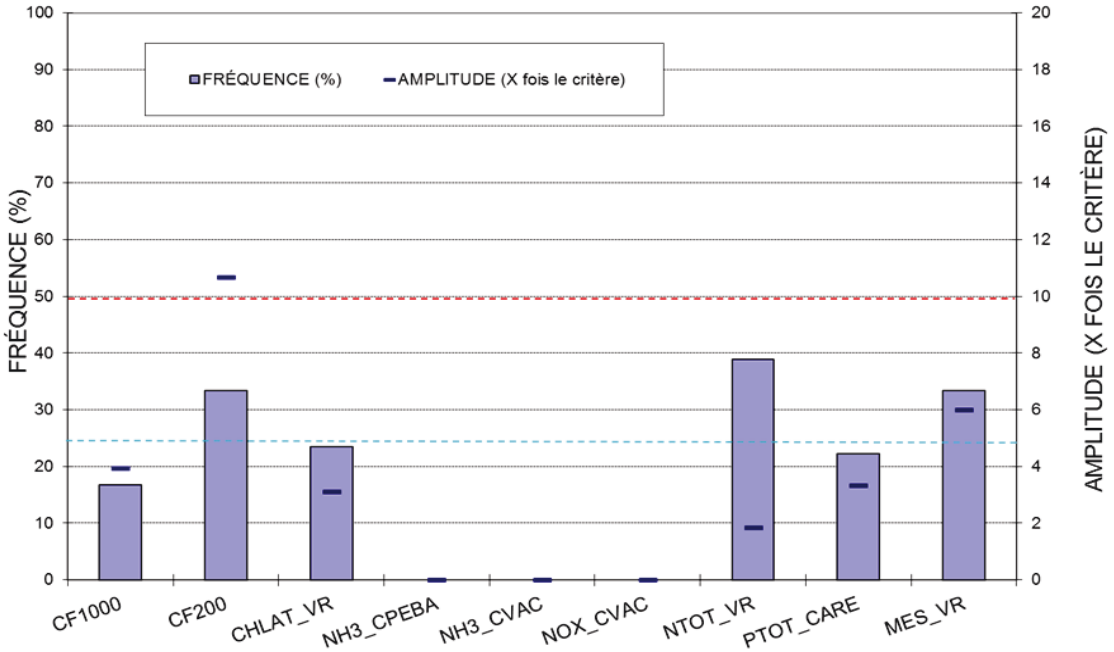
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Nicolet Sud-Ouest** (03010009), période 2012-2014



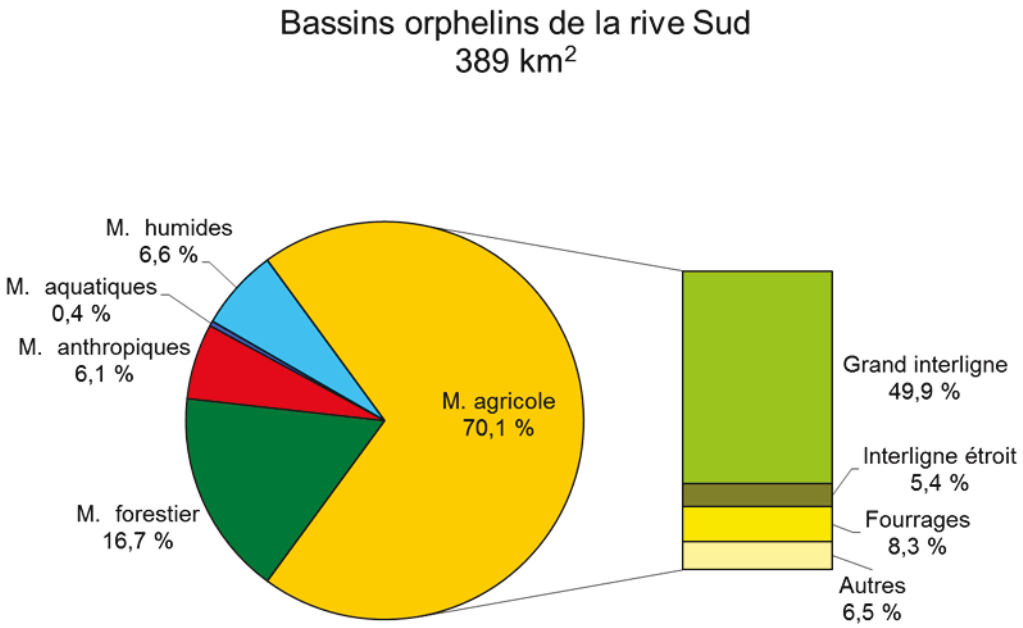
Annexe 6.15 Rivière Nicolet



Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Nicolet** (03010008), période 2012-2014



Annexe 6.16 Bassins orphelins de la rive Sud



ASSAINISSEMENT URBAIN
Baie-du-Febvre, rivière des Frères

STEP = 1
POP. DESS. = 504 pers.
VOL. EAUX USÉES = 432 m^3/d
DBO5 = 40 kg/d

Annexe 7 Diagrammes en boîte illustrant les résultats du calcul de l'IQBP6 effectué à partir des données des mois de mai à octobre 2012-2014 pour les stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre

CF : Coliformes fécaux

CHLA : Chlorophylle a

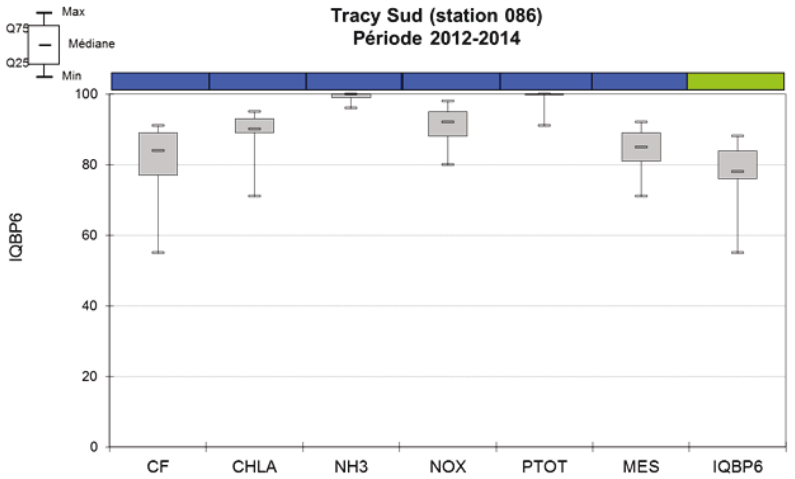
NH3 : Azote ammoniacal

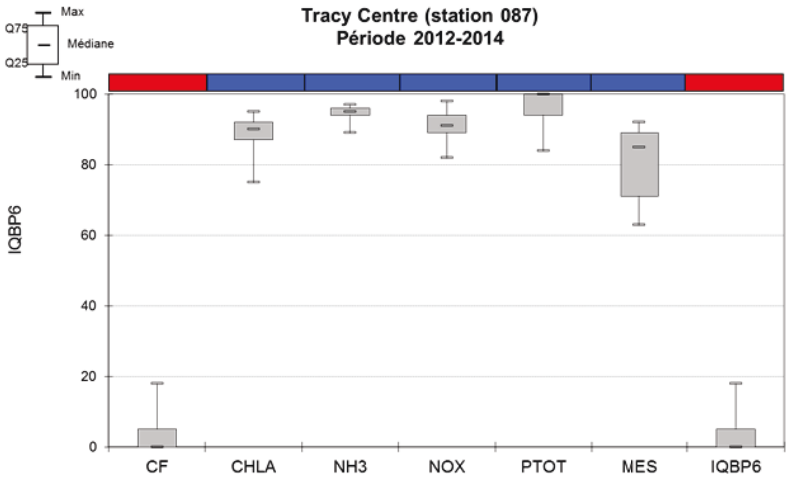
NOX : Nitrates-nitrites

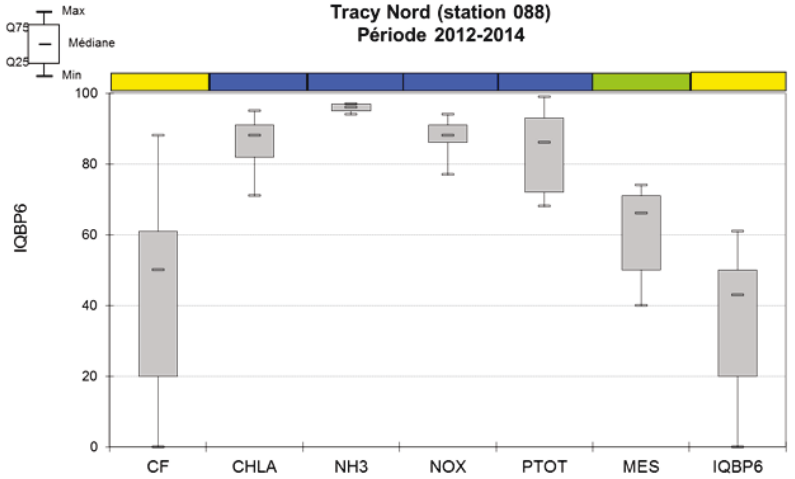
PTOT : Phosphore total

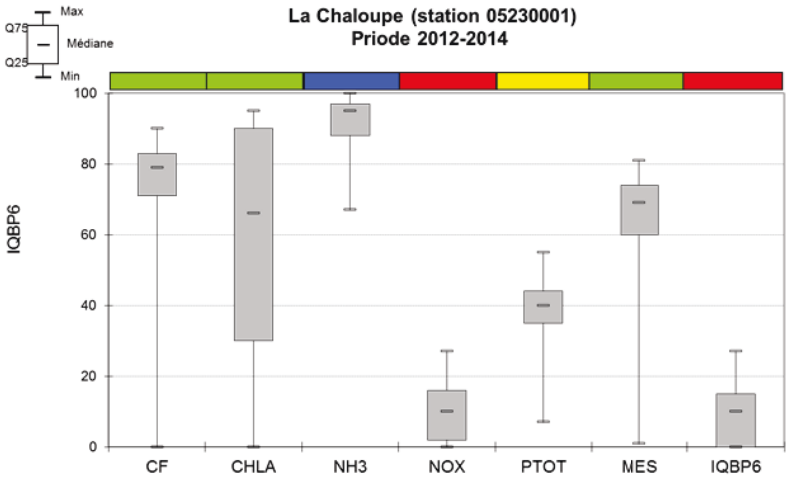
MES : Matières en suspension

Annexe 7 Diagrammes en boîte illustrant les résultats du calcul de l'IQBP6 effectué à partir des données des mois de mai à octobre 2012-2014 pour les stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre

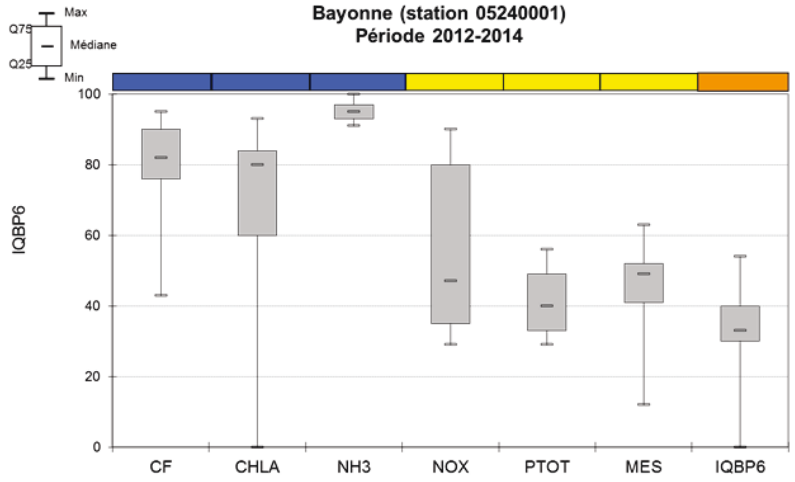


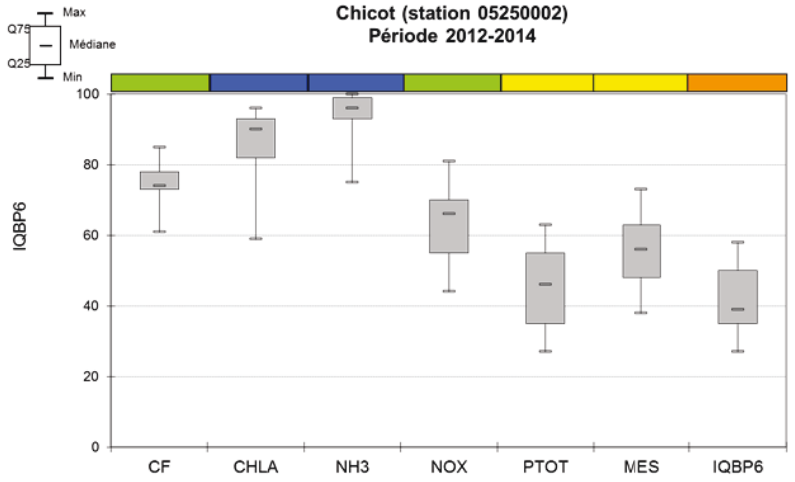


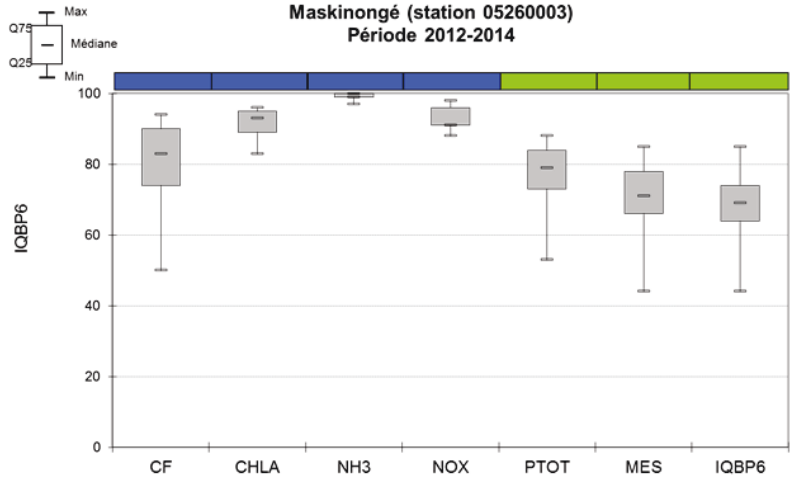


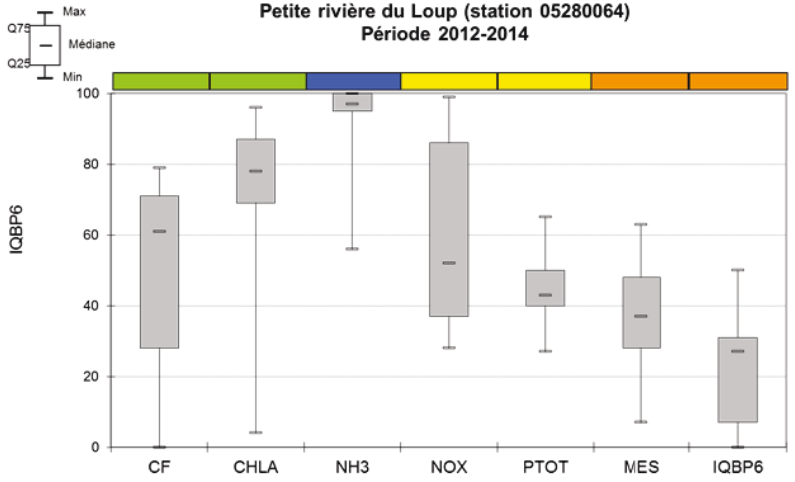


Annexe 7 Diagrammes en boîte illustrant les résultats du calcul de l'IQBP6 effectué à partir des données des mois de mai à octobre 2012-2014 pour les stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

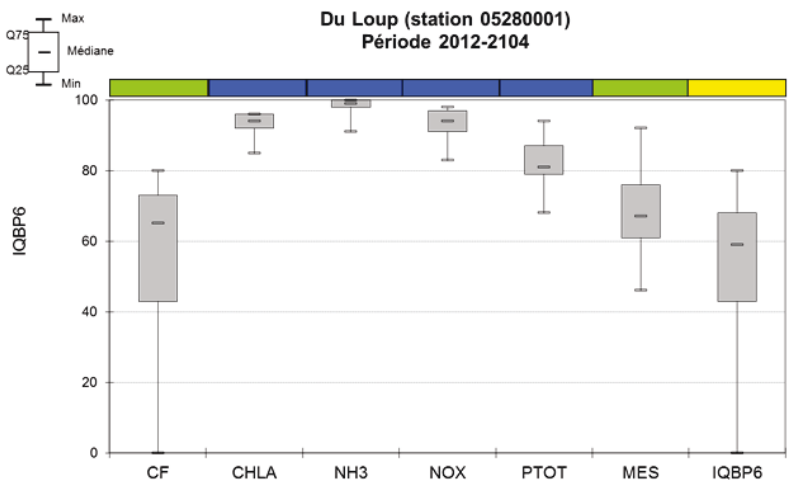


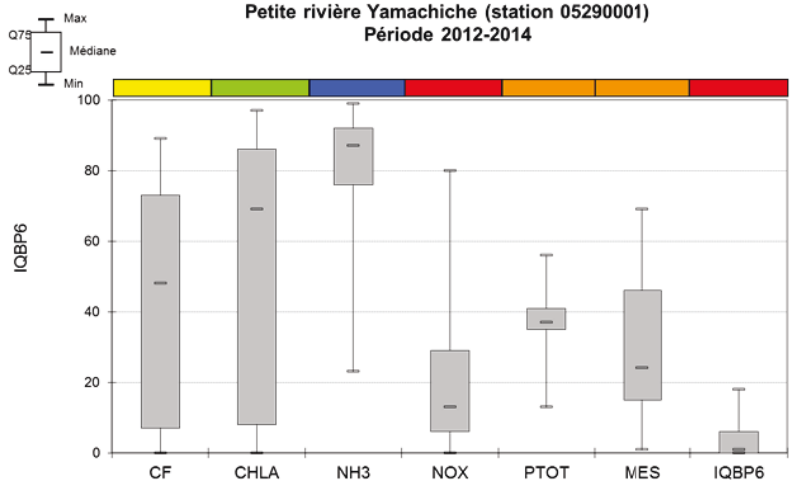


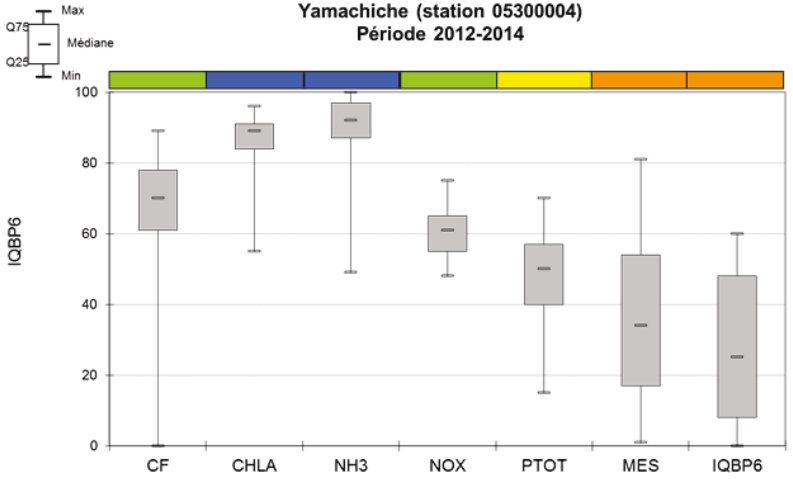


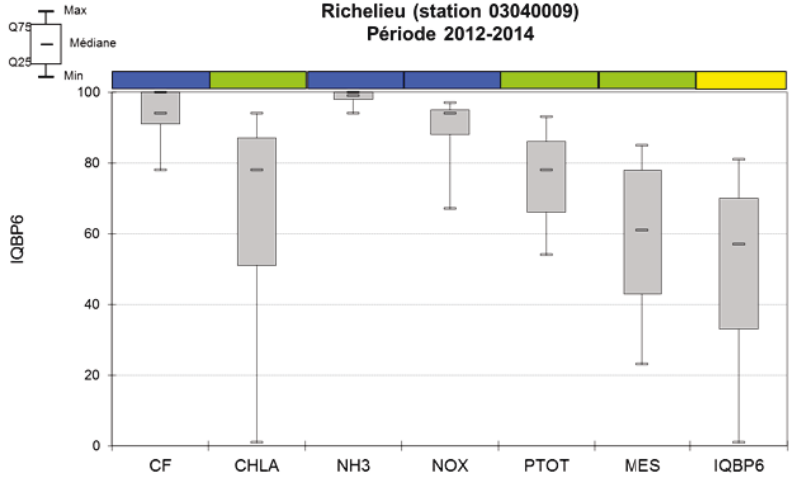


Annexe 7 Diagrammes en boîte illustrant les résultats du calcul de l'IQBP6 effectué à partir des données des mois de mai à octobre 2012-2014 pour les stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

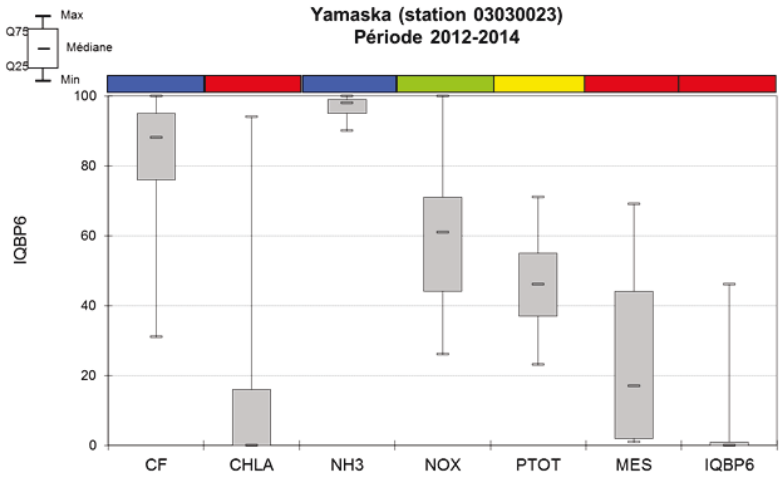


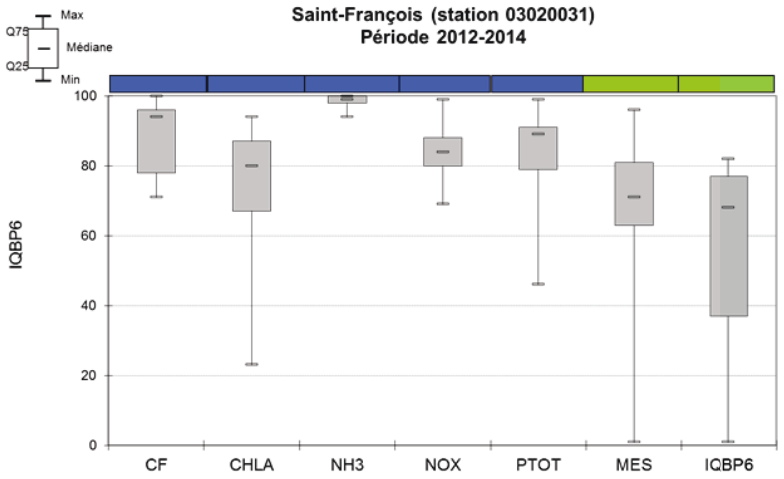


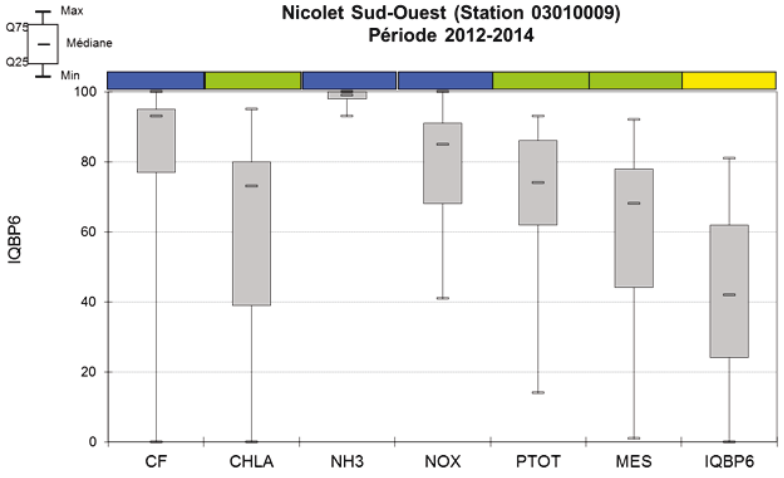


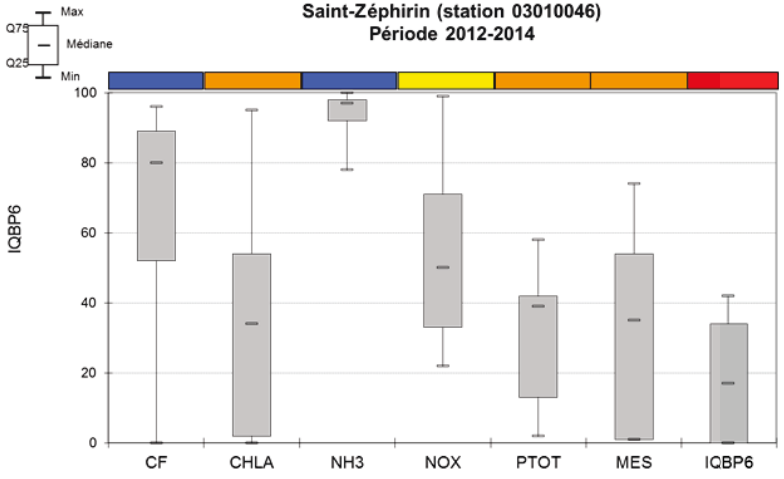


Annexe 7 Diagrammes en boîte illustrant les résultats du calcul de l'IQBP6 effectué à partir des données des mois de mai à octobre 2012-2014 pour les stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)

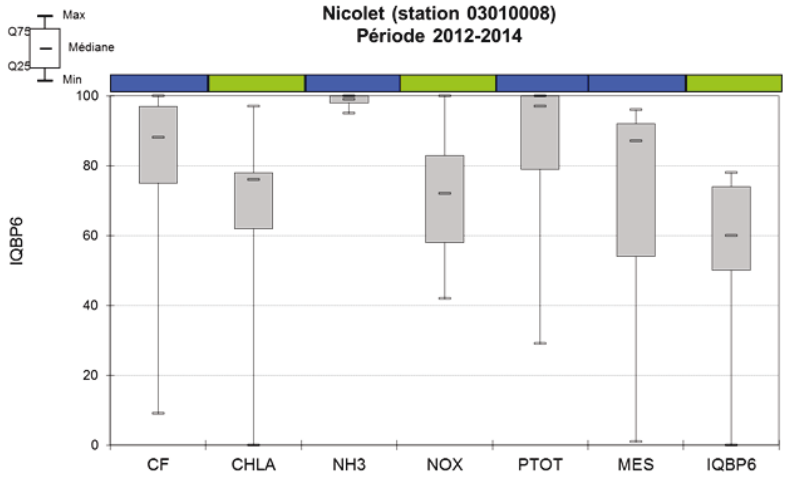


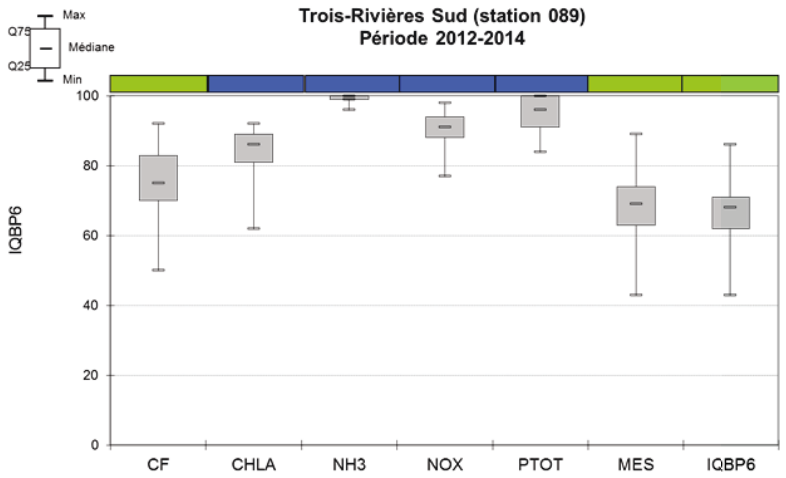


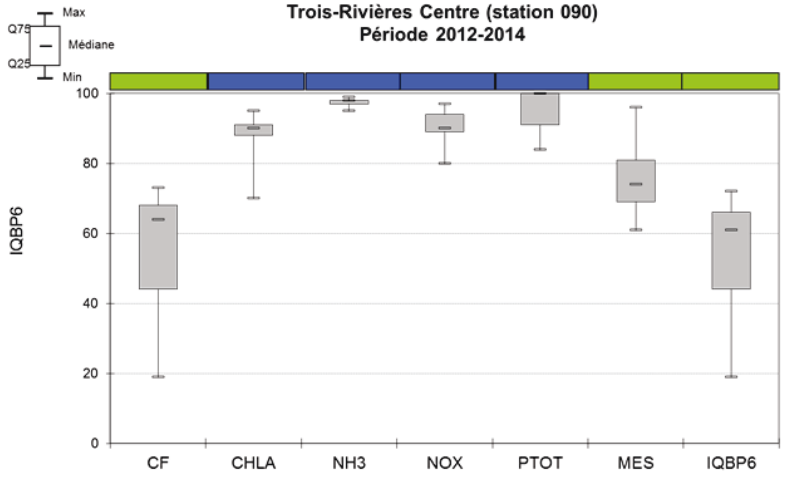


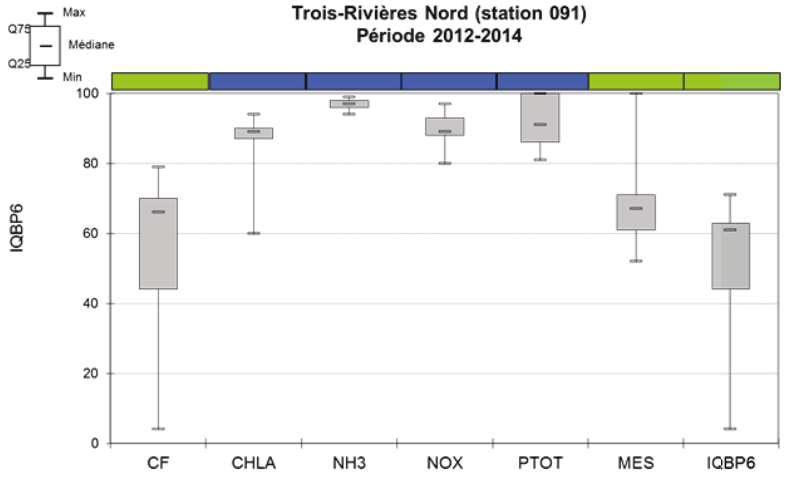


Annexe 7 Diagrammes en boîte illustrant les résultats du calcul de l'IQBP6 effectué à partir des données des mois de mai à octobre 2012-2014 pour les stations du fleuve et des tributaires directs du lac Saint-Pierre (suite)









Annexe 8 Tendances des concentrations et des charges pondérées de phosphore total, de nitrates-nitrites et de matières en suspension (MES) de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Bootstrap (WBT; Hirsch et coll., 2015)

Annexe 8.1 Phosphore total

Annexe 8.2 Nitrates-nitrites

Annexe 8.3 Matières en suspension

Annexe 8 Tendances des concentrations et des charges pondérées de phosphore total, de nitrates-nitrites et de matières en suspension (MES) de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Bootstrap (WBT; Hirsch et coll., 2015)

Annexe 8.1

Tendances des concentrations et des charges pondérées par le débit de P total de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Boostrap (WBT; Hirsch et al., 2015)

	Concentrations			Charges		
	Probabilité[1]	Vraisemblance[2]		Probabilité[1]	Vraisemblance[2]	
		Hausse (%)	Baisse (%)		Hausse (%)	Baisse (%)
Richelieu	< 0.05	HI	HP	< 0.05	HI	HP
Yamaska	< 0.05	HI	HP	< 0.05	HI	HP
St-François	< 0.05	HI	HP	< 0.05	HI	HP
Nicolet	< 0.025	HI	HP	0,07	HI	HP
Nicolet S-O	< 0.05	HI	HP	< 0.05	HI	HP
Bayonne	< 0.05	HI	HP	< 0.05	HI	HP
Maskinongé	0,04	HI	HP	0,07	HI	HP
du Loup	< 0.05	HI	HP	< 0.05	HI	HP

1 : Résultat du test d'hypothèses statistiques associé au test WRTDS Bootstrap:

H_0 : Tendance des concentrations ou charges pondérées par le débit = 0;

H_A : Tendance des concentrations ou charges pondérées par le débit ≠ 0;

2 :

Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 8 Tendances des concentrations et des charges pondérées de phosphore total, de nitrates-nitrites et de matières en suspension (MES) de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Bootstrap (WBT; Hirsch et coll., 2015) (suite)

Annexe 8.2

Tendances des concentrations et des charges pondérées par le débit de nitrates-nitrites de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Boostrap (WBT; Hirsch et al., 2015)

	Concentrations			Charges		
	Probabilité[1]	Vraisemblance[2]		Probabilité[1]	Vraisemblance[2]	
		Hausse (%)	Baisse (%)		Hausse (%)	Baisse (%)
Richelieu	< 0.05	P	I	< 0.05	P	I
Yamaska	< 0.05	HP	HI	< 0.05	HP	HI
St-François	< 0.05	HP	HI	< 0.05	HP	HI
Nicolet	< 0.025	HP	HI	0,07	HP	HI
Nicolet S-O	< 0.05	HP	HI	< 0.05	HP	HI
Bayonne	< 0.05	HP	HI	< 0.05	HP	HI
Maskinongé	0,04	HP	HI	0,07	HP	HI
du Loup	< 0.05	HP	HI	< 0.05	HP	HI

1 : Résultat du test d'hypothèses statistiques associé au test WRTDS Bootstrap:

H_o : Tendance des concentrations ou charges pondérées par le débit = 0;

H_A : Tendance des concentrations ou charges pondérées par le débit ≠ 0;

2 :

Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 8 Tendances des concentrations et des charges pondérées de phosphore total, de nitrates-nitrites et de matières en suspension (MES) de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Bootstrap (WBT; Hirsch et coll., 2015) (suite)

Annexe 8.3

Tendances des concentrations et des charges pondérées par le débit des matières en suspension de la période 1979-2014 déterminées à l'aide du test WRTDS Boostrap (WBT; Hirsch et al., 2015)

	Concentrations			Charges		
	Probabilité[1]	Vraisemblance[2]		Probabilité[1]	Vraisemblance[2]	
		Hausse (%)	Baisse (%)		Hausse (%)	Baisse (%)
Richelieu	0,52	I	P	0,57	I	P
Yamaska	0,42	I	P	0,21	TI	TP
St-François	0,19	I	P	0,38	I	P
Nicolet	0,37	I	P	0,46	I	P
Nicolet S-O	0,42	I	P	0,36	I	P
Bayonne	0,81	API	API	0,51	P	I
Maskinongé	0,22	I	P	0,43	I	P
du Loup	0,19	TI	TP	0,43	I	P

1 : Résultat du test d'hypothèses statistiques associé au test WRTDS Bootstrap:

H_0 : Tendance des concentrations ou charges pondérées par le débit = 0;

H_A : Tendance des concentrations ou charges pondérées par le débit ≠ 0;

2 :

Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9 Figures et tableaux illustrant l'évolution temporelle 1979-2014 des concentrations et des charges moyennes annuelles brutes et pondérées par le débit de phosphore total de huit tributaires du lac Saint-Pierre

Annexe 9.1 Rivière Richelieu

Annexe 9.2 Rivière Yamaska

Annexe 9.3 Rivière Saint-François

Annexe 9.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest

Annexe 9.5 Rivière Nicolet

Annexe 9.6 Rivière Bayonne

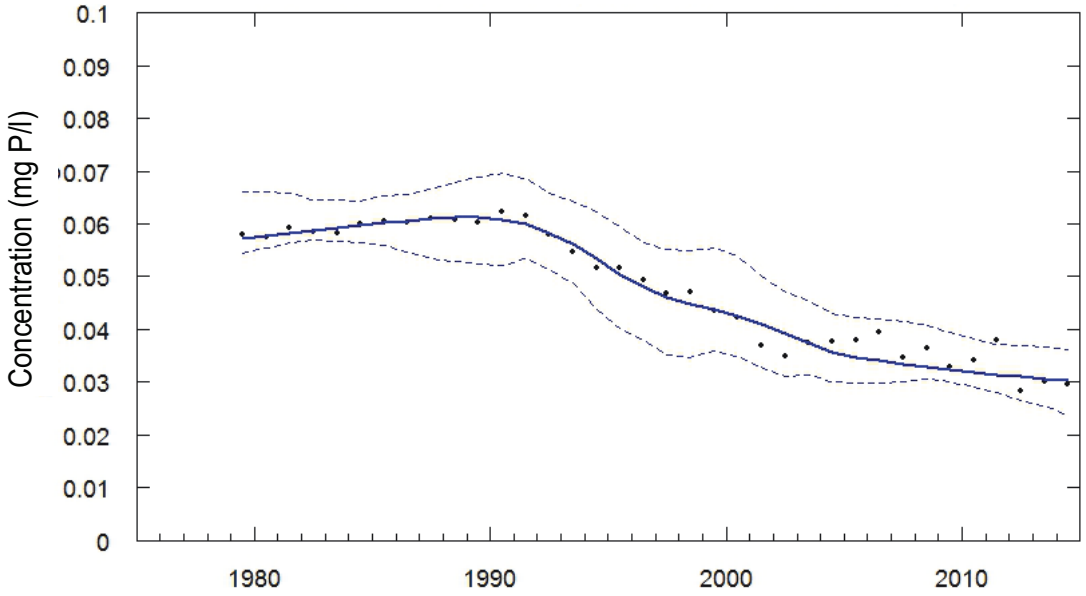
Annexe 9.7 Rivière Maskinongé

Annexe 9.8 Rivière du Loup

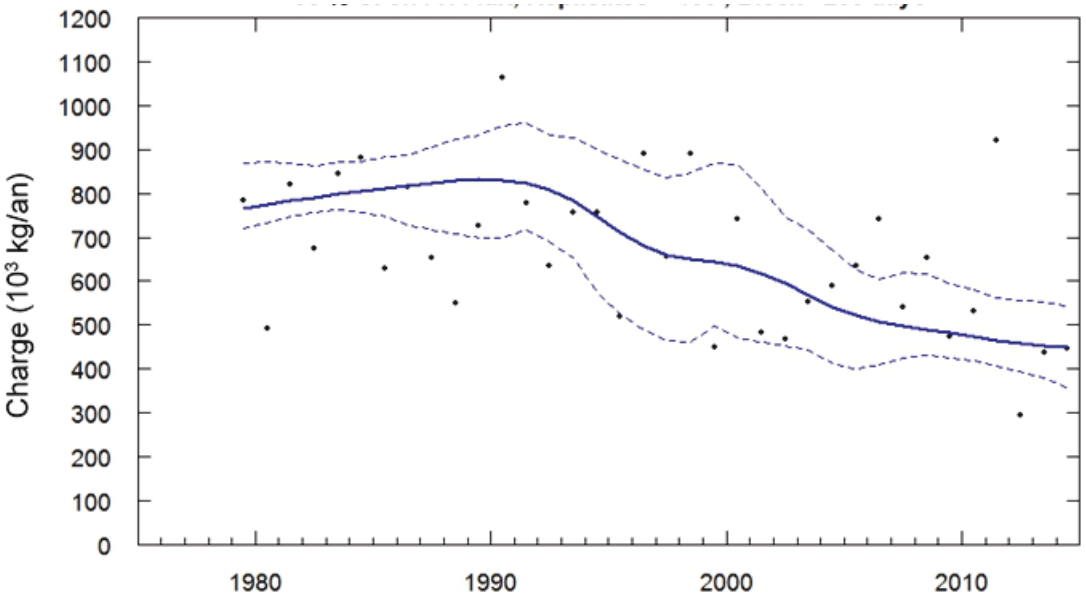
Conc = concentration moyenne annuelle
Conc PD = concentration pondérée par le débit
Charge = charge moyenne annuelle
Charge PD = charge pondérée par le débit

Annexe 9.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009) (suite)

Rivière Richelieu à Sorel (03040009)
Phosphore total

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	423	0,058	0,057	782	765
1980	272	0,057	0,058	492	773
1981	435	0,059	0,058	819	782
1982	359	0,059	0,059	675	791
1983	457	0,058	0,059	844	799
1984	461	0,060	0,060	881	805
1985	326	0,060	0,060	629	813
1986	415	0,060	0,061	815	819
1987	335	0,061	0,061	652	824
1988	283	0,061	0,061	549	829
1989	368	0,060	0,061	726	831
1990	534	0,062	0,061	1062	829
1991	396	0,062	0,060	776	823
1992	335	0,058	0,058	634	809
1993	408	0,055	0,056	757	784
1994	421	0,052	0,053	756	748
1995	324	0,052	0,050	520	711
1996	551	0,049	0,048	891	679
1997	420	0,047	0,046	654	660
1998	556	0,047	0,045	891	650
1999	316	0,044	0,044	449	645
2000	466	0,042	0,043	742	634
2001	329	0,037	0,041	482	618
2002	369	0,035	0,039	466	594
2003	414	0,037	0,037	552	567
2004	461	0,038	0,036	589	540
2005	491	0,038	0,035	636	521
2006	573	0,040	0,034	740	508
2007	449	0,035	0,034	540	498
2008	537	0,037	0,033	654	489
2009	442	0,033	0,032	474	481
2010	467	0,034	0,032	531	473
2011	684	0,038	0,031	919	466
2012	324	0,028	0,031	293	459
2013	427	0,030	0,031	436	453
2014	419	0,030	0,030	445	448

Annexe 9.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009) (suite)

Rivière Richelieu à Sorel (03040009)
Phosphore total

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,002	0,0002	2,8	0,28
1991 to 2001	-0,019	-0,0019	-32	-3,2
2001 to 2012	-0,010	-0,0010	-24	-2,2
1981 to 2012	-0,027	-0,0009	-47	-1,5

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	41	4,1	5,2	0,52
1991 to 2001	-205	-21	-25	-2,5
2001 to 2012	-159	-14	-26	-2,3
1981 to 2012	-324	-10	-41	-1,3

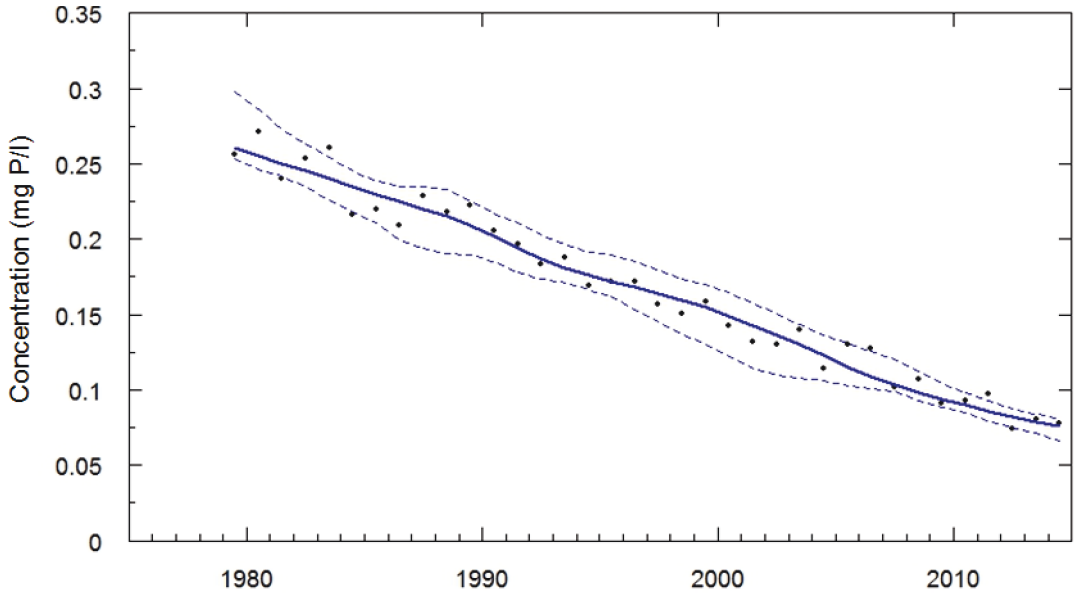
Richelieu 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,027	-325,6
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	1,2	1,2
Baisse (%)	98,8	98,8

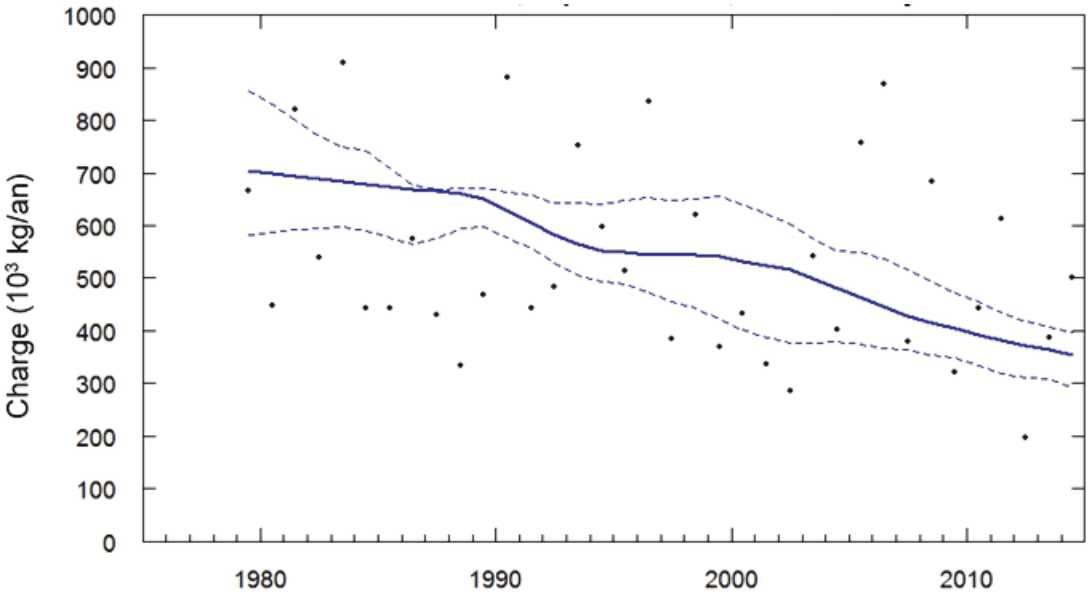
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9.2 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.2 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023) (suite)

Rivière Yamaska à Yamaska (03030023)
Phosphore total

Année	Débit m^3/s	Conc mg/L	Conc PD	Charge 10^3 kg/an	Charge PD
1979	80,0	0,256	0,260	666	703
1980	58,6	0,271	0,255	447	698
1981	86,8	0,240	0,250	821	693
1982	65,2	0,254	0,245	540	688
1983	100,6	0,261	0,240	909	683
1984	63,4	0,216	0,235	442	678
1985	61,8	0,220	0,230	442	673
1986	73,9	0,209	0,225	575	669
1987	53,0	0,229	0,220	431	665
1988	47,0	0,218	0,215	334	661
1989	54,9	0,222	0,209	468	650
1990	107,4	0,205	0,202	882	628
1991	67,3	0,197	0,194	442	605
1992	69,8	0,184	0,187	483	581
1993	95,0	0,188	0,181	752	564
1994	83,4	0,169	0,176	598	553
1995	73,2	0,172	0,172	514	548
1996	99,2	0,172	0,168	835	545
1997	68,7	0,157	0,163	385	545
1998	74,4	0,150	0,159	619	543
1999	63,3	0,159	0,155	370	541
2000	76,6	0,142	0,149	432	532
2001	52,0	0,132	0,143	337	525
2002	61,8	0,130	0,137	285	515
2003	82,4	0,140	0,130	543	498
2004	72,9	0,115	0,123	401	481
2005	100,9	0,130	0,115	758	463
2006	124,5	0,128	0,109	869	444
2007	80,5	0,102	0,104	380	429
2008	105,5	0,107	0,099	683	415
2009	78,8	0,091	0,094	321	404
2010	93,4	0,093	0,090	443	393
2011	114,7	0,097	0,086	612	381
2012	57,7	0,074	0,082	197	371
2013	86,1	0,080	0,079	387	364
2014	88,0	0,078	0,076	500	353

Annexe 9.2 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023) (suite)

Rivière Yamaska à Yamaska (03030023)
Phosphore total

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-0,056	-0,0056	-22	-2,2
1991 to 2001	-0,051	-0,0051	-26	-2,6
2001 to 2012	-0,061	-0,0055	-43	-3,9
1981 to 2012	-0,170	-0,0054	-67	-2,2

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-88	-8,8	-13	-1,3
1991 to 2001	-81	-8,1	-13	-1,3
2001 to 2012	-154	-14	-29	-2,7
1981 to 2012	-322	-10	-47	-1,5

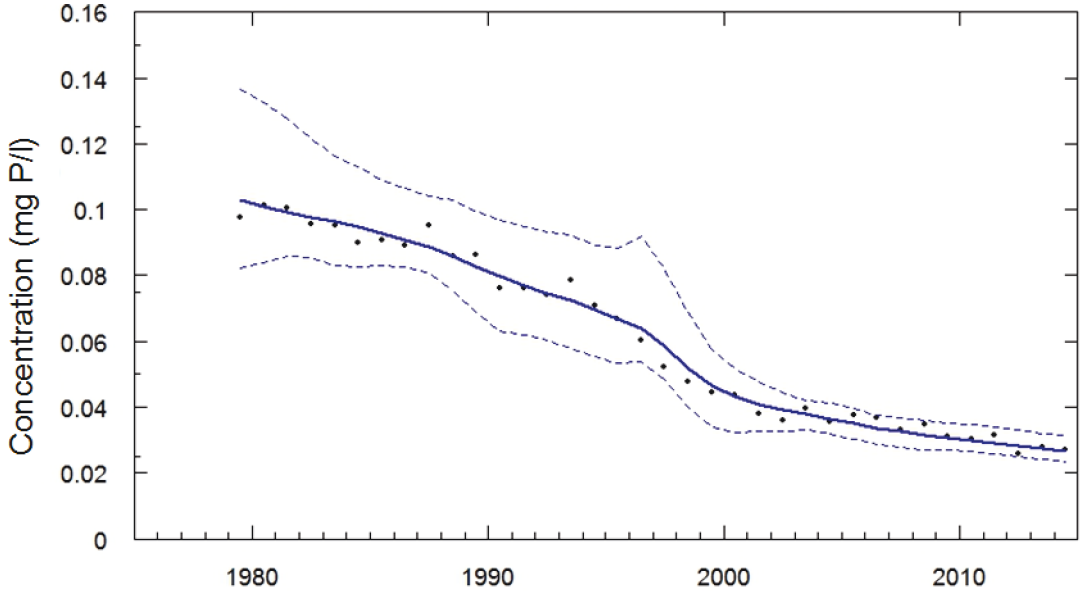
Yamaska 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,179	-344,9
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	1,2	1,2
Baisse (%)	98,8	98,8

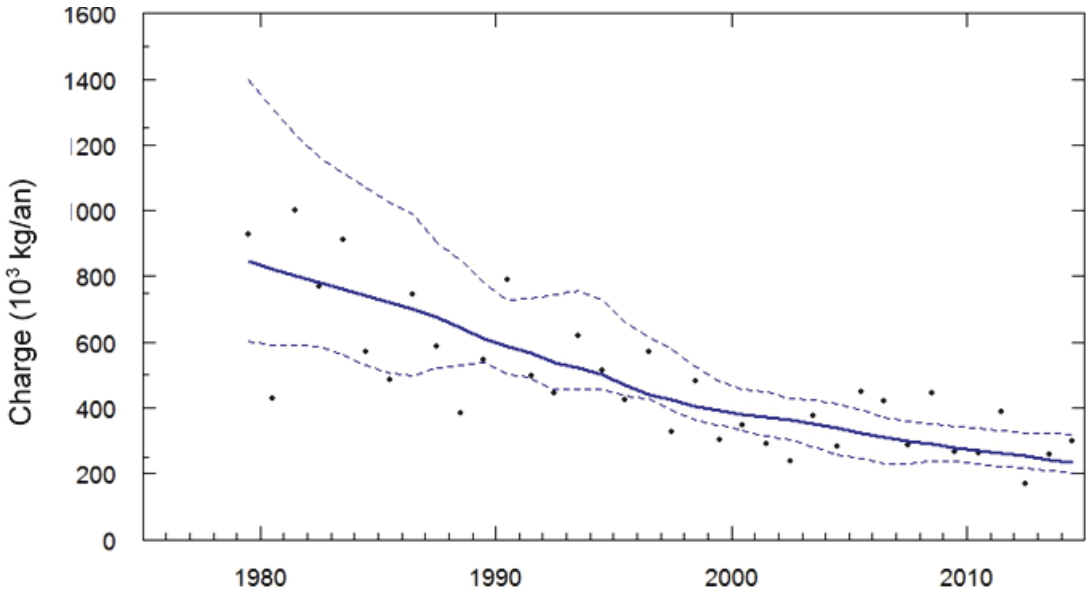
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031) (suite)

Rivière St-François à Pierreville (03020031)
Phosphore total

Année	Débit m^3/s	Conc mg/L	Conc PD mg/L	Charge 10^3 kg/an	Charge PD 10^3 kg/an
1979	217	0,098	0,103	928	844
1980	151	0,101	0,101	430	820
1981	233	0,101	0,099	1002	802
1982	192	0,096	0,098	770	782
1983	238	0,095	0,096	913	762
1984	179	0,090	0,095	569	741
1985	161	0,091	0,093	486	722
1986	211	0,089	0,091	746	700
1987	150	0,095	0,089	587	675
1988	137	0,086	0,086	382	643
1989	153	0,086	0,083	546	611
1990	266	0,076	0,080	789	585
1991	176	0,076	0,077	499	565
1992	167	0,074	0,075	444	538
1993	223	0,078	0,072	621	524
1994	195	0,071	0,070	512	502
1995	184	0,067	0,067	426	468
1996	236	0,061	0,064	569	442
1997	174	0,052	0,059	326	423
1998	184	0,048	0,052	479	404
1999	180	0,045	0,046	302	391
2000	192	0,044	0,043	347	381
2001	143	0,038	0,041	292	371
2002	150	0,036	0,039	236	362
2003	206	0,040	0,038	377	350
2004	172	0,035	0,036	281	339
2005	241	0,038	0,035	448	325
2006	265	0,037	0,034	420	311
2007	200	0,033	0,033	285	300
2008	265	0,035	0,032	443	289
2009	210	0,031	0,031	266	280
2010	216	0,030	0,030	263	271
2011	266	0,031	0,029	388	261
2012	147	0,026	0,028	170	252
2013	211	0,028	0,027	258	243
2014	207	0,027	0,027	297	235

Annexe 9.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031) (suite)

Rivière St-François à Pierreville (03020031)
Phosphore total

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-0,022	-0,0022	-22	-2,2
1991 to 2001	-0,036	-0,0036	-47	-4,7
2001 to 2012	-0,013	-0,0012	-31	-2,9
1981 to 2012	-0,071	-0,0023	-72	-2,3

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-237	-24	-30	-3,0
1991 to 2001	-194	-19	-34	-3,4
2001 to 2012	-119	-11	-32	-2,9
1981 to 2012	-549	-18	-69	-2,2

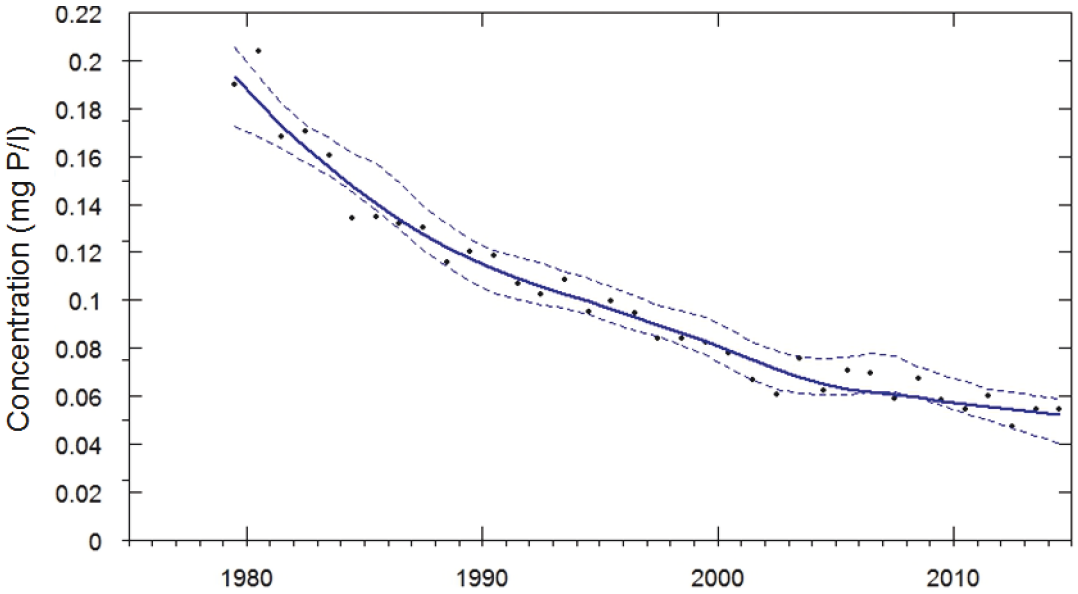
Saint-François 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,075	-585,6
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	1,2	1,2
Baisse (%)	98,8	98,8

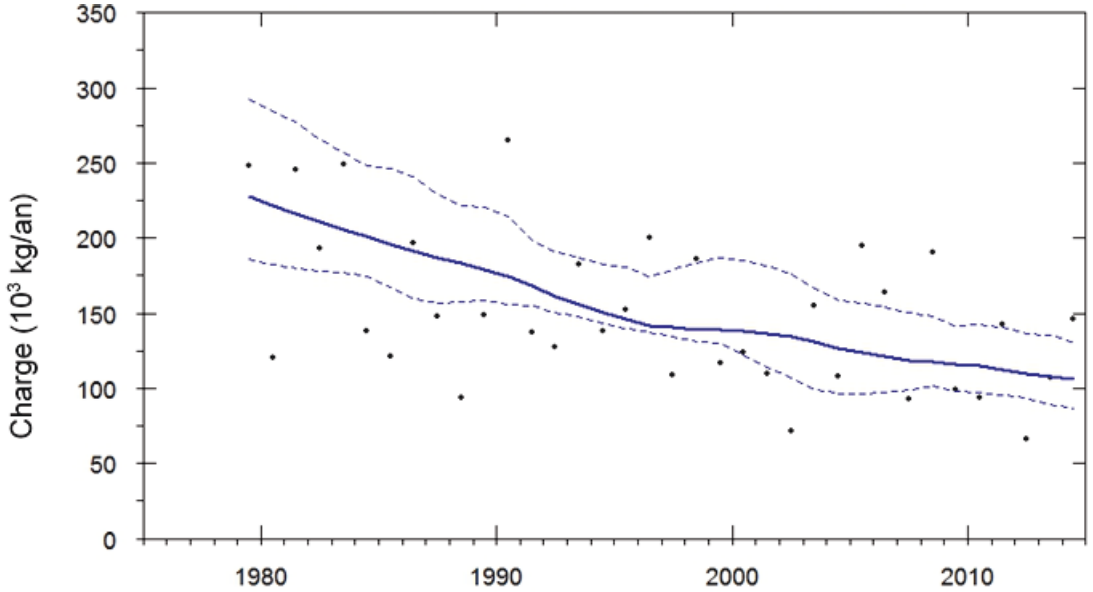
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009) (suite)

Rivière Nicolet Sud-Ouest à La Visitation (03010009)
Phosphore total

Année	Débit m^3/s	Conc mg/L	Conc PD mg/L	Charge 10^3 kg/an	Charge PD 10^3 kg/an
1979	35,0	0,190	0,193	248	228
1980	23,3	0,204	0,183	120	222
1981	34,3	0,168	0,173	245	216
1982	29,0	0,171	0,164	193	211
1983	38,9	0,161	0,156	249	206
1984	28,6	0,134	0,148	138	201
1985	25,5	0,135	0,141	121	196
1986	33,3	0,132	0,134	197	191
1987	24,3	0,131	0,128	148	187
1988	21,3	0,116	0,122	93	183
1989	23,2	0,120	0,117	149	179
1990	42,8	0,119	0,113	265	174
1991	29,4	0,107	0,109	137	168
1992	27,2	0,103	0,106	128	162
1993	35,4	0,108	0,103	183	156
1994	31,1	0,095	0,100	138	151
1995	30,4	0,099	0,096	153	146
1996	38,7	0,094	0,093	200	142
1997	29,3	0,084	0,090	109	141
1998	30,4	0,084	0,086	186	139
1999	30,5	0,082	0,083	117	139
2000	33,6	0,078	0,079	124	138
2001	23,9	0,067	0,075	109	137
2002	23,9	0,061	0,071	72	135
2003	34,6	0,076	0,068	155	131
2004	28,9	0,062	0,065	108	127
2005	38,6	0,071	0,063	195	124
2006	43,1	0,070	0,062	164	121
2007	30,2	0,059	0,061	92	119
2008	41,3	0,067	0,059	190	117
2009	35,3	0,058	0,058	99	116
2010	33,4	0,054	0,057	94	115
2011	41,2	0,060	0,055	143	112
2012	23,2	0,047	0,054	66	110
2013	35,8	0,054	0,053	107	108
2014	31,7	0,054	0,052	146	106

Annexe 9.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009) (suite)

Rivière Nicolet Sud-Ouest à La Visitation (03010009)
Phosphore total

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-0,063	-0,0063	-37	-3,7
1991 to 2001	-0,034	-0,0034	-31	-3,1
2001 to 2012	-0,021	-0,0019	-28	-2,5
1981 to 2012	-0,120	-0,0038	-69	-2,2

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-48	-4,8	-22	-2,2
1991 to 2001	-32	-3,2	-19	-1,9
2001 to 2012	-27	-2,4	-20	-1,8
1981 to 2012	-107	-3,4	-49	-1,6

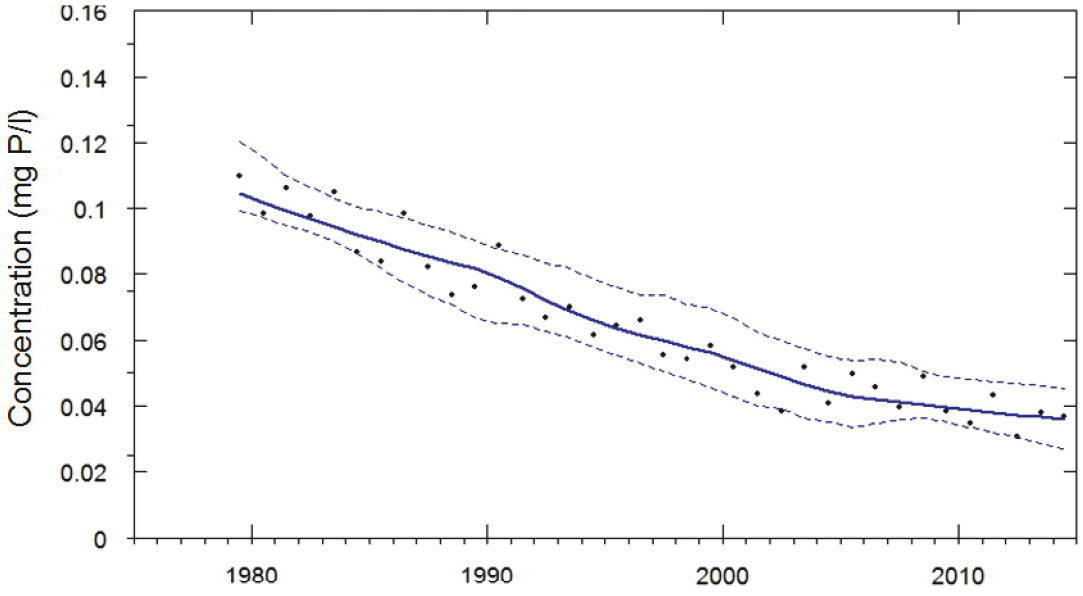
Nicolet Sud-Ouest 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,130	-115,9
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	1,2	1,2
Baisse (%)	98,8	98,8

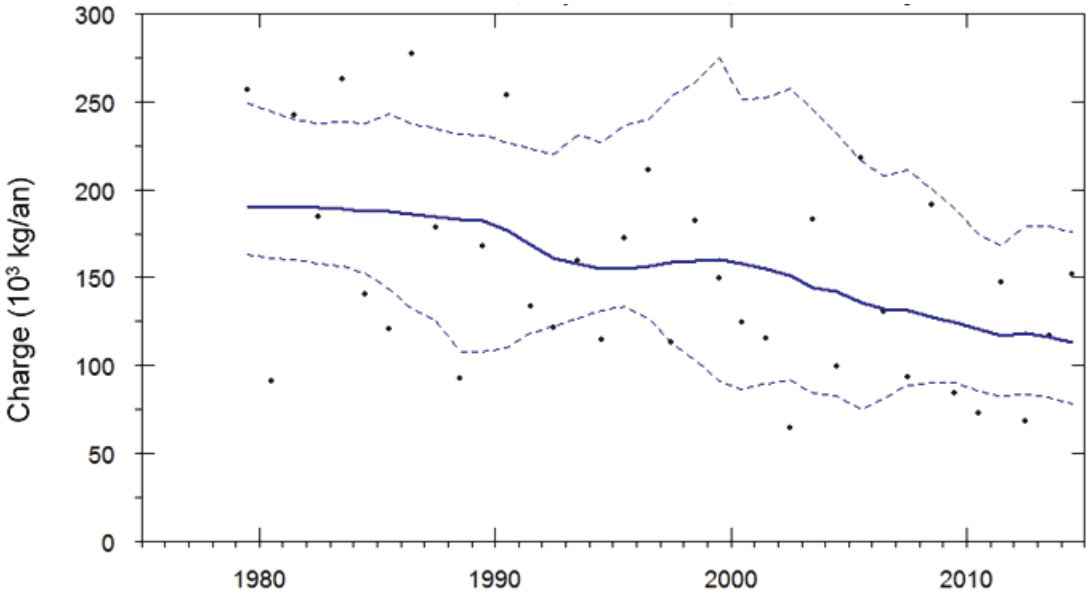
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9.5 Rivière Nicolet, à Sainte-Monique (03010008)

Concentrations moyennes annuelles (points) et concentrations pondérées par le débit (trait bleu) de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.5 Rivière Nicolet, à Sainte-Monique (03010008) (suite)

Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010008)
Phosphore total

Année	Débit m^3/s	Conc mg/L	Conc PD mg/L	Charge 10^3 kg/an	Charge PD 10^3 kg/an
1979	42,1	0,110	0,104	257	191
1980	26,6	0,098	0,102	91	190
1981	41,1	0,106	0,099	243	190
1982	34,9	0,098	0,097	184	190
1983	44,4	0,105	0,095	263	189
1984	34,3	0,087	0,092	140	188
1985	29,6	0,084	0,090	121	187
1986	46,4	0,098	0,088	278	186
1987	31,3	0,082	0,085	179	185
1988	25,1	0,074	0,083	93	183
1989	29,1	0,076	0,082	168	182
1990	48,1	0,089	0,079	254	177
1991	31,7	0,072	0,076	134	168
1992	30,4	0,067	0,072	121	161
1993	37,7	0,070	0,069	160	158
1994	32,4	0,062	0,066	115	155
1995	36,0	0,064	0,064	172	155
1996	41,6	0,066	0,062	211	157
1997	33,1	0,055	0,060	113	159
1998	33,0	0,054	0,058	182	159
1999	36,5	0,058	0,056	150	160
2000	36,2	0,052	0,054	125	158
2001	28,1	0,044	0,051	115	155
2002	26,3	0,038	0,049	64	151
2003	38,8	0,052	0,046	183	144
2004	31,0	0,041	0,045	99	142
2005	43,7	0,050	0,043	218	136
2006	45,9	0,046	0,042	131	132
2007	34,5	0,040	0,041	93	132
2008	45,3	0,049	0,040	192	128
2009	37,3	0,039	0,040	84	124
2010	35,4	0,035	0,039	73	121
2011	44,4	0,043	0,038	147	117
2012	26,5	0,031	0,037	69	118
2013	38,8	0,038	0,037	117	116
2014	33,6	0,037	0,036	152	113

Annexe 9.5 Rivière Nicolet, à Sainte-Monique (03010008) (suite)

Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010008)
Phosphore total

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-0,024	-0,0024	-24	-2,4
1991 to 2001	-0,024	-0,0024	-32	-3,2
2001 to 2012	-0,014	-0,0013	-27	-2,5
1981 to 2012	-0,062	-0,002	-62	-2,0

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-22	-2,2	-11	-1,1
1991 to 2001	-13	-1,3	-7,8	-0,78
2001 to 2012	-37	-3,3	-24	-2,2
1981 to 2012	-72	-2,3	-38	-1,2

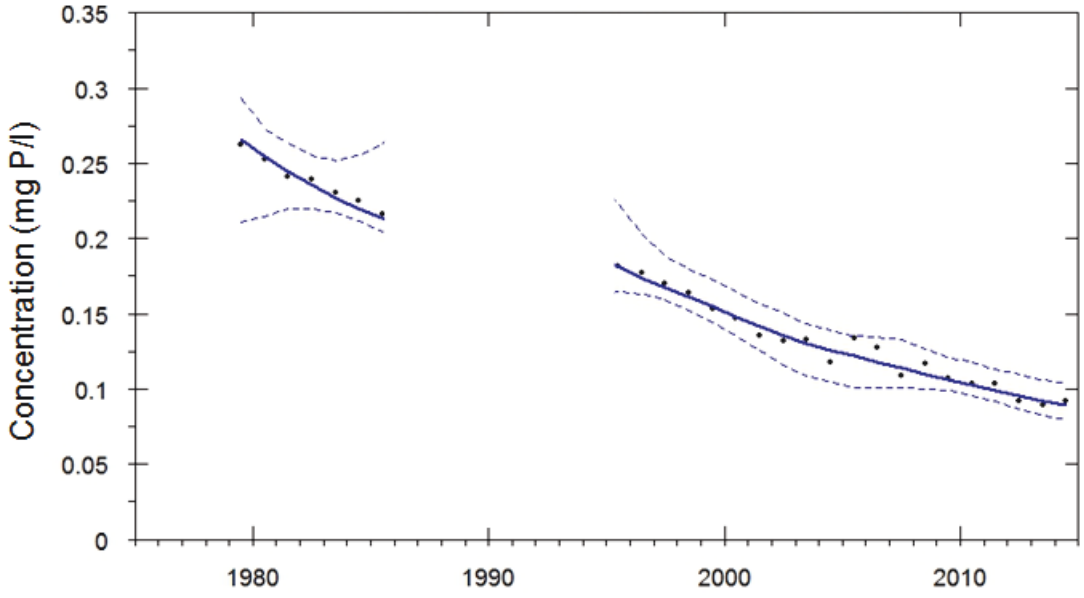
Nicolet 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,066	-76,7
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	0,025	0,065
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	0,6	3,1
Baisse (%)	99,4	96,9

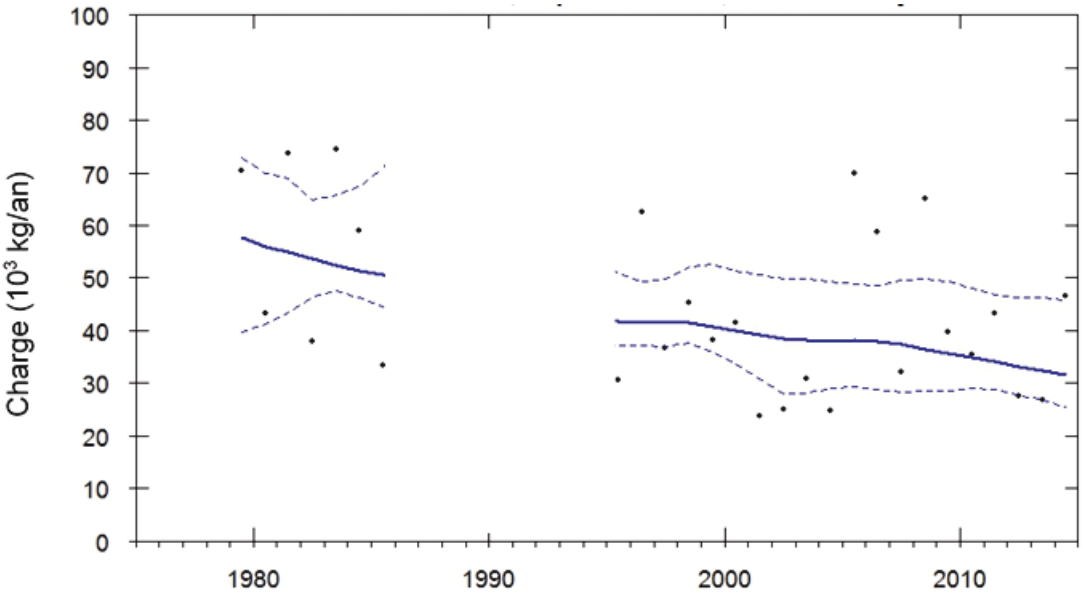
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9.6 Rivière Bayonne, à Berthierville (05240001)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit (**trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.6 Rivière Bayonne, à Berthierville (05240001) (suite)

Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)
Phosphore total

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	7,94	0,262	0,266	70,4	57,6
1980	5,35	0,253	0,254	43,1	56,0
1981	8,50	0,241	0,244	73,7	54,8
1982	5,01	0,240	0,235	38,0	53,6
1983	9,13	0,231	0,227	74,4	52,5
1984	6,80	0,225	0,220	59,0	51,4
1985	4,63	0,217	0,214	33,4	50,7
1986	6,73	NA	NA	NA	NA
1987	5,04	NA	NA	NA	NA
1988	6,38	NA	NA	NA	NA
1989	5,55	NA	NA	NA	NA
1990	6,50	NA	NA	NA	NA
1991	5,70	NA	NA	NA	NA
1992	5,80	NA	NA	NA	NA
1993	6,82	NA	NA	NA	NA
1994	6,46	NA	NA	NA	NA
1995	5,44	0,181	0,181	30,6	41,8
1996	9,64	0,177	0,174	62,4	41,4
1997	6,01	0,170	0,167	36,6	41,6
1998	6,26	0,164	0,161	45,2	41,5
1999	6,89	0,153	0,155	38,3	40,8
2000	7,01	0,147	0,148	41,5	39,9
2001	4,66	0,135	0,141	23,8	39,1
2002	4,59	0,132	0,135	24,9	38,5
2003	6,58	0,133	0,130	31,0	38,2
2004	5,56	0,118	0,125	24,9	37,9
2005	9,07	0,134	0,122	69,8	38,2
2006	10,55	0,127	0,118	58,8	37,9
2007	5,66	0,109	0,114	32,0	37,3
2008	9,66	0,117	0,110	65,0	36,4
2009	7,48	0,107	0,106	39,7	35,7
2010	6,79	0,104	0,102	35,4	34,9
2011	8,38	0,104	0,099	43,3	34,0
2012	5,12	0,092	0,095	27,6	33,0
2013	5,69	0,089	0,092	26,7	32,4
2014	7,55	0,092	0,089	46,6	31,7

Annexe 9.6 Rivière Bayonne, à Berthierville (05240001) (suite)

Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)
Phosphore total

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1985	-0,031	-0,0077	-13	-3,1
1995 to 2005	-0,060	-0,0060	-33	-3,3
2005 to 2012	-0,026	-0,0038	-22	-3,1
1981 to 2012	-0,150	-0,0048	-61	-2,0

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1985	-4,1	-1	-7,5	-1,9
1995 to 2005	-3,6	-0,36	-8,7	-0,87
2005 to 2012	-5,2	-0,74	-13	-1,9
1981 to 2012	-22	-0,7	-40	-1,3

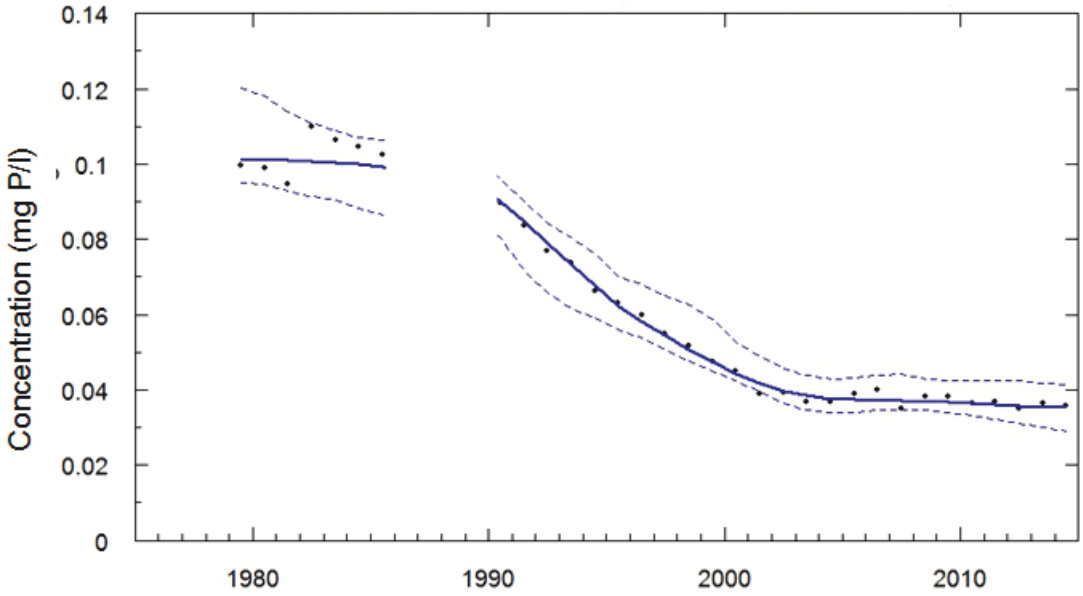
Bayonne 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,165	-24,3
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	1,2	1,2
Baisse (%)	98,8	98,8

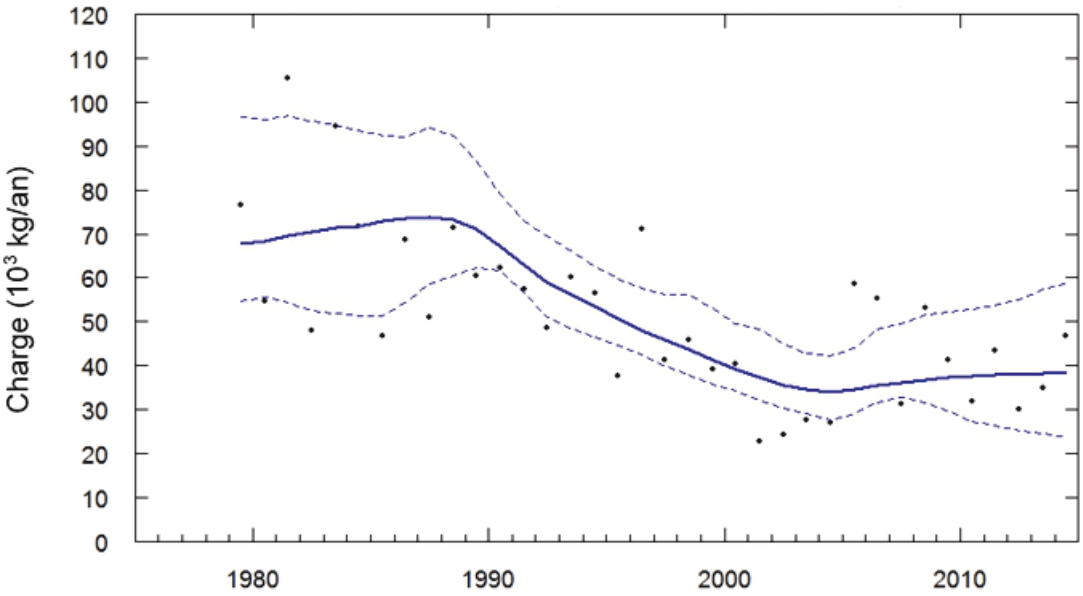
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit (**trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit (**trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003) (suite)

Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)
Phosphore total

Année	Débit m^3/s	Conc mg/L	Conc PD mg/L	Charge 10^3 kg/an	Charge PD 10^3 kg/an
1979	22,8	0,100	0,101	76,5	67,7
1980	17,7	0,099	0,101	54,6	68,4
1981	29,2	0,095	0,101	105,5	69,6
1982	14,7	0,110	0,101	47,9	70,5
1983	26,8	0,106	0,100	94,6	71,3
1984	19,2	0,105	0,100	71,8	71,8
1985	13,9	0,103	0,099	46,8	72,8
1986	20,5	NA	NA	NA	NA
1987	15,1	NA	NA	NA	NA
1988	21,0	NA	NA	NA	NA
1989	19,3	NA	NA	NA	NA
1990	20,5	0,090	0,090	62,2	67,2
1991	19,0	0,084	0,085	57,3	62,8
1992	18,3	0,077	0,079	48,6	58,9
1993	22,7	0,074	0,073	60,0	56,1
1994	22,4	0,066	0,068	56,5	53,4
1995	17,4	0,063	0,062	37,6	50,6
1996	29,9	0,060	0,058	71,2	48,1
1997	18,3	0,055	0,054	41,4	45,9
1998	18,9	0,052	0,051	45,7	43,6
1999	21,4	0,048	0,047	39,0	41,2
2000	21,7	0,045	0,044	40,3	39,1
2001	14,4	0,039	0,042	22,7	37,2
2002	13,6	0,039	0,040	24,1	35,4
2003	20,2	0,037	0,038	27,5	34,5
2004	18,3	0,037	0,038	26,9	34,0
2005	28,8	0,039	0,037	58,6	34,4
2006	32,3	0,040	0,037	55,3	35,4
2007	17,5	0,035	0,037	31,3	36,2
2008	29,8	0,038	0,037	53,1	36,6
2009	21,8	0,038	0,037	41,3	37,2
2010	21,0	0,036	0,036	31,8	37,5
2011	25,3	0,037	0,036	43,4	37,8
2012	18,0	0,035	0,036	30,1	37,8
2013	19,6	0,036	0,036	34,9	38,2
2014	25,2	0,036	0,035	46,6	38,4

Annexe 9.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003) (suite)

Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)
Phosphore total

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-0,016	-0,0016	-16	-1,6
1991 to 2001	-0,043	-0,0043	-51	-5,1
2001 to 2012	-0,006	-0,0006	-15	-1,3
1981 to 2012	-0,065	-0,0021	-65	-2,1

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-6,8	-0,68	-9,7	-0,97
1991 to 2001	-26	-2,6	-41	-4,1
2001 to 2012	0,6	0,055	1,6	0,15
1981 to 2012	-32	-1	-46	-1,5

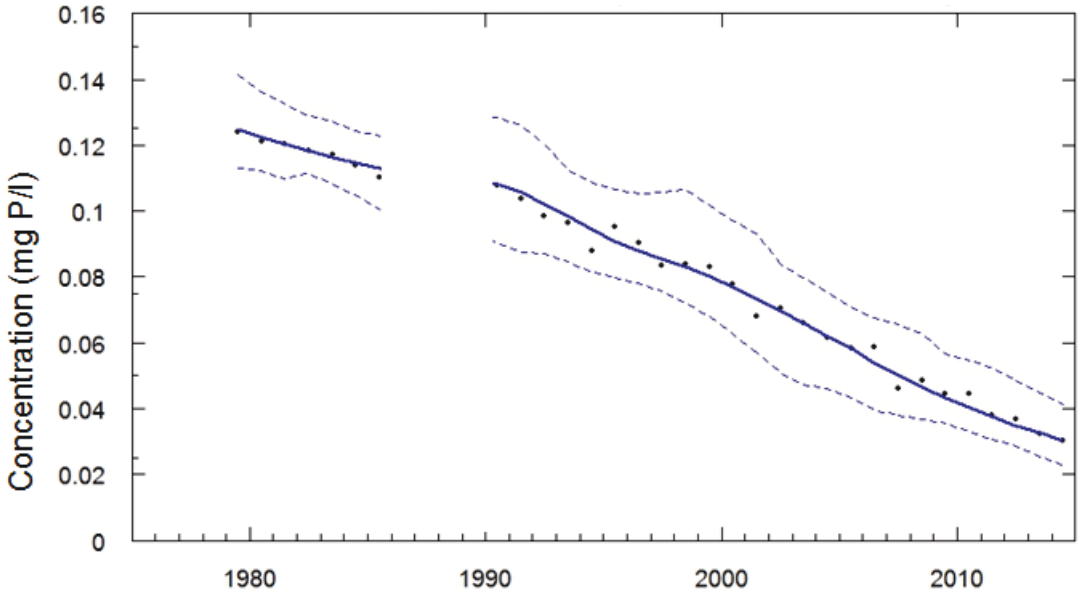
Maskinongé 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,066	-300,8
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	0,04	0,07
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	0,9	2,8
Baisse (%)	99,1	97,2

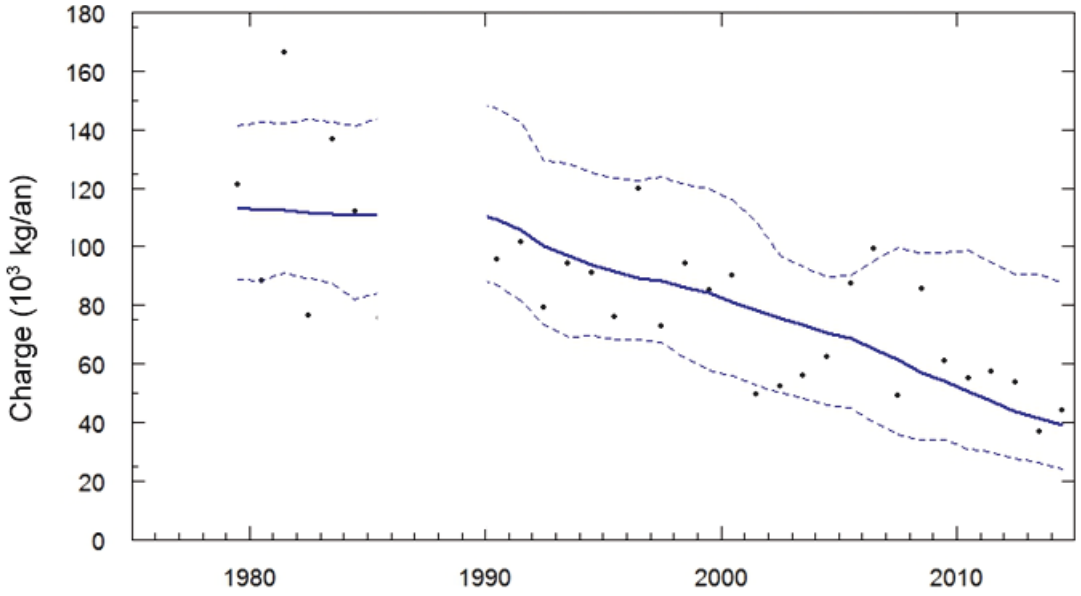
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 9.8 Rivière du Loup, à Louiseville (05280001)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit (**trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit (**trait bleu)** de phosphore total avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 9.8 Rivière du Loup, à Louiseville (05280001) (suite)

Rivière du Loup à Louiseville (05280001)

Phosphore total

1979	28,2	0,124	0,125	121,4	113,7
1980	22,0	0,121	0,122	88,2	112,6
1981	36,3	0,121	0,120	166,4	112,4
1982	19,1	0,119	0,118	76,3	111,9
1983	32,6	0,117	0,117	136,9	111,4
1984	26,2	0,114	0,115	111,9	110,6
1985	19,5	0,110	0,113	75,6	110,9
1986	27,1	NA	NA	NA	NA
1987	17,9	NA	NA	NA	NA
1988	26,3	NA	NA	NA	NA
1989	24,0	NA	NA	NA	NA
1990	24,4	0,108	0,108	95,7	109,5
1991	25,7	0,104	0,106	101,6	105,7
1992	22,8	0,099	0,102	79,1	100,2
1993	25,9	0,097	0,098	94,1	97,3
1994	27,6	0,088	0,094	91,1	94,0
1995	22,0	0,095	0,091	76,1	91,4
1996	38,6	0,090	0,088	119,9	89,1
1997	24,2	0,083	0,086	72,9	88,2
1998	24,7	0,084	0,083	94,3	86,0
1999	27,1	0,083	0,080	85,1	84,0
2000	27,4	0,078	0,077	90,3	81,0
2001	18,4	0,068	0,074	49,4	78,3
2002	16,7	0,070	0,070	52,3	75,4
2003	22,8	0,066	0,066	56,1	73,2
2004	24,4	0,062	0,062	62,5	70,5
2005	32,4	0,058	0,058	87,6	68,6
2006	41,0	0,059	0,054	99,4	65,3
2007	22,5	0,046	0,050	48,9	61,4
2008	41,8	0,049	0,046	85,6	57,0
2009	28,1	0,045	0,043	61,2	54,1
2010	28,2	0,045	0,040	54,9	50,6
2011	35,1	0,038	0,038	57,2	47,3
2012	24,8	0,037	0,035	53,9	43,8
2013	25,2	0,032	0,033	36,9	41,4
2014	30,3	0,030	0,030	44,0	38,8

Annexe 9.8 Rivière du Loup, à Louiseville (05280001) (suite)

Rivière du Loup à Louiseville (05280001)

Phosphore total
Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-0,015	-0,0015	-12	-1,2
1991 to 2001	-0,032	-0,0032	-30	-3,0
2001 to 2012	-0,039	-0,0035	-53	-4,8
1981 to 2012	-0,086	-0,0028	-71	-2,3

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-6,7	-0,67	-6	-0,6
1991 to 2001	-27	-2,7	-26	-2,6
2001 to 2012	-34	-3,1	-44	-4,0
1981 to 2012	-69	-2,2	-61	-2,0

Du Loup 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de phosphore total pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-0,092	-73,7
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	1,2	1,2
Baisse (%)	98,8	98,8

1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10 Figures et tableaux illustrant l'évolution temporelle 1979-2014 des concentrations et des charges moyennes annuelles brutes et pondérées par le débit de nitrates-nitrites de huit tributaires du lac Saint-Pierre

Annexe 10.1 Rivière Richelieu

Annexe 10.2 Rivière Yamaska

Annexe 10.3 Rivière Saint-François

Annexe 10.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest

Annexe 10.5 Rivière Nicolet

Annexe 10.6 Rivière Bayonne

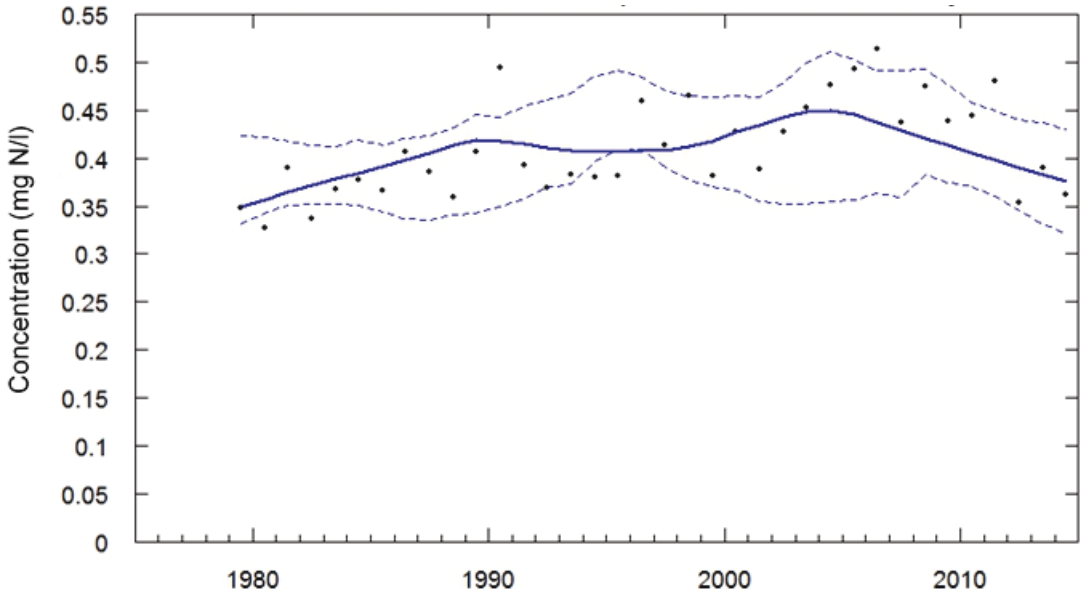
Annexe 10.7 Rivière Maskinongé

Annexe 10.8 Rivière du Loup

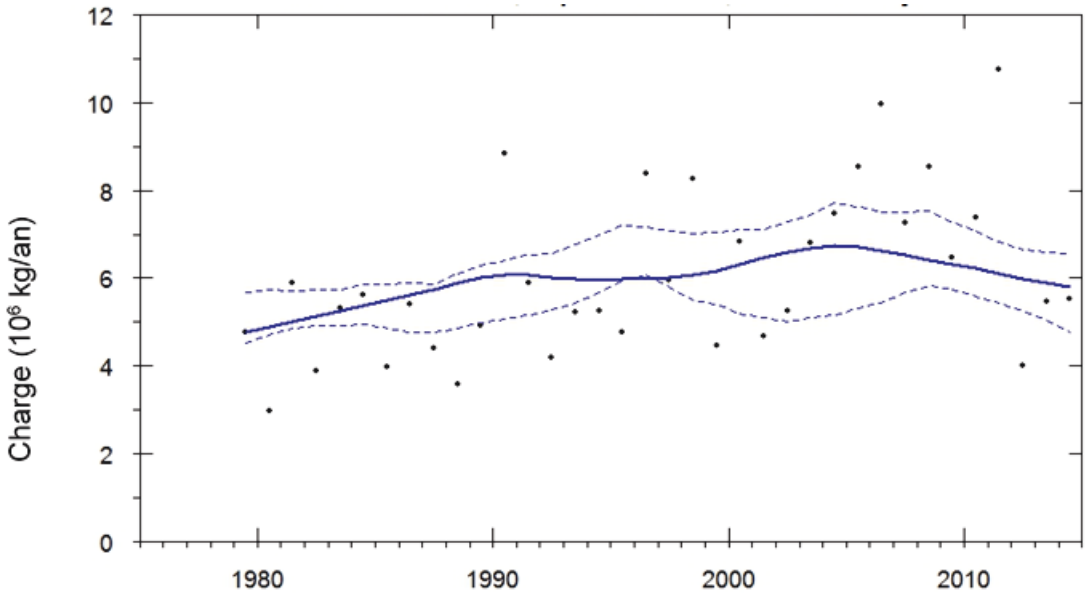
Conc = concentration moyenne annuelle
Conc PD = concentration pondérée par le débit
Charge = charge moyenne annuelle
Charge PD = charge pondérée par le débit

Annexe 10.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009) (suite)

Rivière Richelieu à Sorel (03040009)

		Nitrates-nitrites			
Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	423	0,35	0,35	4776	4777
1980	272	0,33	0,36	2965	4888
1981	435	0,39	0,36	5876	5015
1982	359	0,34	0,37	3892	5134
1983	457	0,37	0,38	5303	5251
1984	461	0,38	0,39	5615	5358
1985	326	0,37	0,39	3974	5484
1986	415	0,41	0,40	5406	5604
1987	335	0,39	0,41	4392	5738
1988	283	0,36	0,41	3588	5891
1989	368	0,41	0,42	4910	6025
1990	534	0,49	0,42	8833	6060
1991	396	0,39	0,42	5890	6058
1992	335	0,37	0,41	4195	6019
1993	408	0,38	0,41	5212	5982
1994	421	0,38	0,41	5239	5961
1995	324	0,38	0,41	4761	5976
1996	551	0,46	0,41	8392	5992
1997	420	0,41	0,41	5956	6021
1998	556	0,47	0,41	8262	6072
1999	316	0,38	0,42	4465	6173
2000	466	0,43	0,43	6836	6312
2001	329	0,39	0,44	4662	6461
2002	369	0,43	0,44	5244	6588
2003	414	0,45	0,45	6809	6689
2004	461	0,48	0,45	7461	6743
2005	491	0,49	0,45	8552	6725
2006	573	0,52	0,44	9966	6627
2007	449	0,44	0,43	7265	6529
2008	537	0,48	0,42	8532	6422
2009	442	0,44	0,41	6477	6323
2010	467	0,44	0,41	7367	6216
2011	684	0,48	0,40	10774	6109
2012	324	0,35	0,39	4013	5995
2013	427	0,39	0,38	5463	5893
2014	419	0,36	0,38	5513	5786

Annexe 10.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009) (suite)

Rivière Richelieu à Sorel (03040009)
Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,05	0,005	14	1,40
1991 to 2001	0,02	0,002	4,8	0,48
2001 to 2012	-0,04	-0,004	-10	-0,94
1981 to 2012	0,03	0,001	7,1	0,23

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	1043	104	21	2,1
1991 to 2001	403	40	6,6	0,66
2001 to 2012	-466	-42	-7,2	-0,66
1981 to 2012	980	32	20	0,63

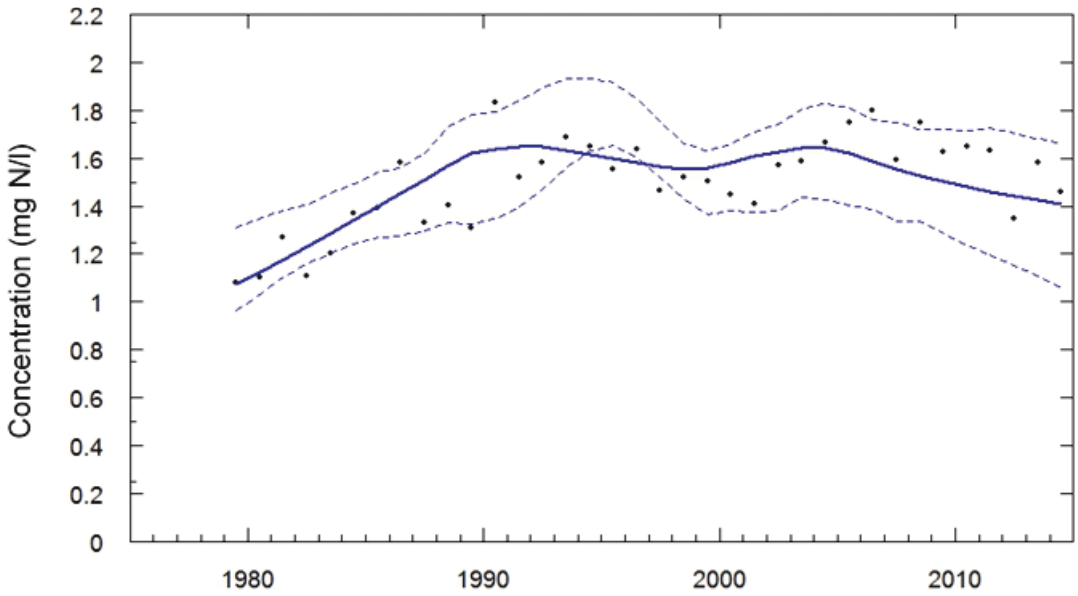
Richelieu 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,02	898,4
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,45	0,21
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	78,7	88,7
Baisse (%)	21,3	11,3

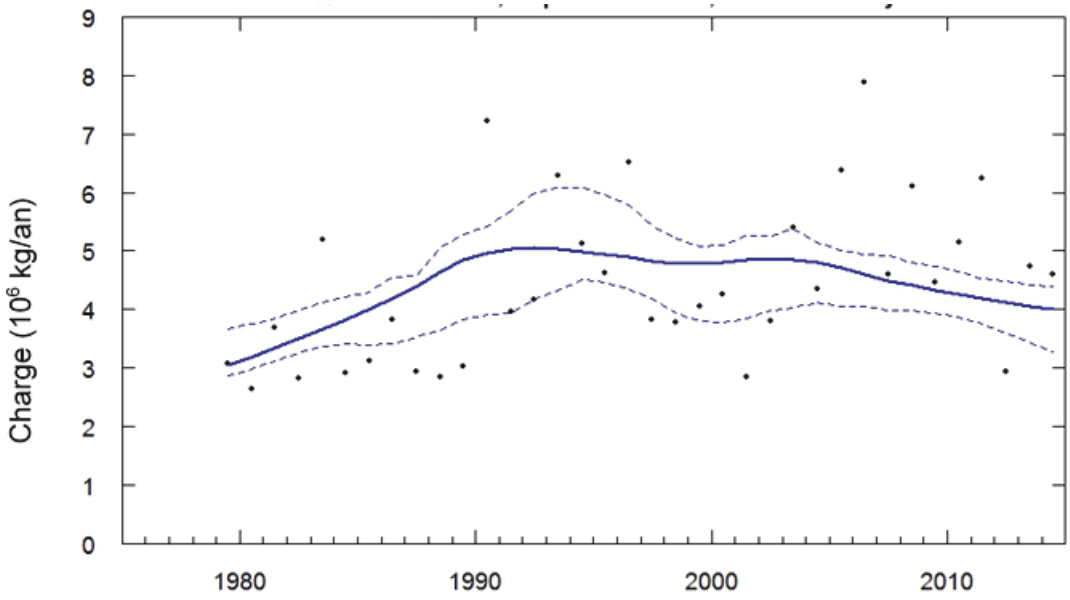
1 : Probabilité (%)	**CODES**	**Description**
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10.2 Rivière Yamaska à Yamaska (03030023)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.2 Rivière Yamaska à Yamaska (03030023) (suite)

Rivière Yamaska à Yamaska

	Nitrates-nitrites			
Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	80,0	1,08	1,08	3076	3047
1980	58,6	1,10	1,13	2645	3193
1981	86,8	1,27	1,18	3683	3341
1982	65,2	1,11	1,23	2823	3496
1983	100,6	1,20	1,28	5188	3658
1984	63,4	1,37	1,34	2905	3829
1985	61,8	1,39	1,40	3106	4003
1986	73,9	1,58	1,45	3825	4192
1987	53,0	1,33	1,51	2930	4402
1988	47,0	1,41	1,57	2837	4649
1989	54,9	1,31	1,62	3032	4848
1990	107,4	1,83	1,64	7230	4961
1991	67,3	1,52	1,65	3956	5029
1992	69,8	1,58	1,65	4158	5049
1993	95,0	1,69	1,63	6300	5029
1994	83,4	1,65	1,61	5131	4985
1995	73,2	1,55	1,60	4613	4933
1996	99,2	1,64	1,58	6510	4899
1997	68,7	1,47	1,56	3822	4830
1998	74,4	1,52	1,55	3783	4786
1999	63,3	1,50	1,56	4064	4776
2000	76,6	1,45	1,58	4247	4811
2001	52,0	1,41	1,61	2836	4844
2002	61,8	1,57	1,63	3809	4860
2003	82,4	1,59	1,64	5396	4843
2004	72,9	1,67	1,64	4338	4804
2005	100,9	1,75	1,62	6387	4711
2006	124,5	1,80	1,59	7881	4596
2007	80,5	1,59	1,55	4601	4494
2008	105,5	1,75	1,53	6097	4409
2009	78,8	1,63	1,50	4458	4325
2010	93,4	1,65	1,48	5146	4252
2011	114,7	1,63	1,46	6253	4187
2012	57,7	1,35	1,44	2932	4126
2013	86,1	1,58	1,43	4748	4059
2014	88,0	1,46	1,41	4595	4007

Annexe 10.2 Rivière Yamaska à Yamaska (03030023) (suite)

Rivière Yamaska à Yamaska
Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,47	0,047	40	4,0
1991 to 2001	-0,04	-0,004	-2,4	-0,24
2001 to 2012	-0,17	-0,015	-10	-0,94
1981 to 2012	0,27	0,009	23	0,73

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	1688	169	51	5,1
1991 to 2001	-185	-18	-3,7	-0,37
2001 to 2012	-718	-65	-15	-1,3
1981 to 2012	785	25	24	0,76

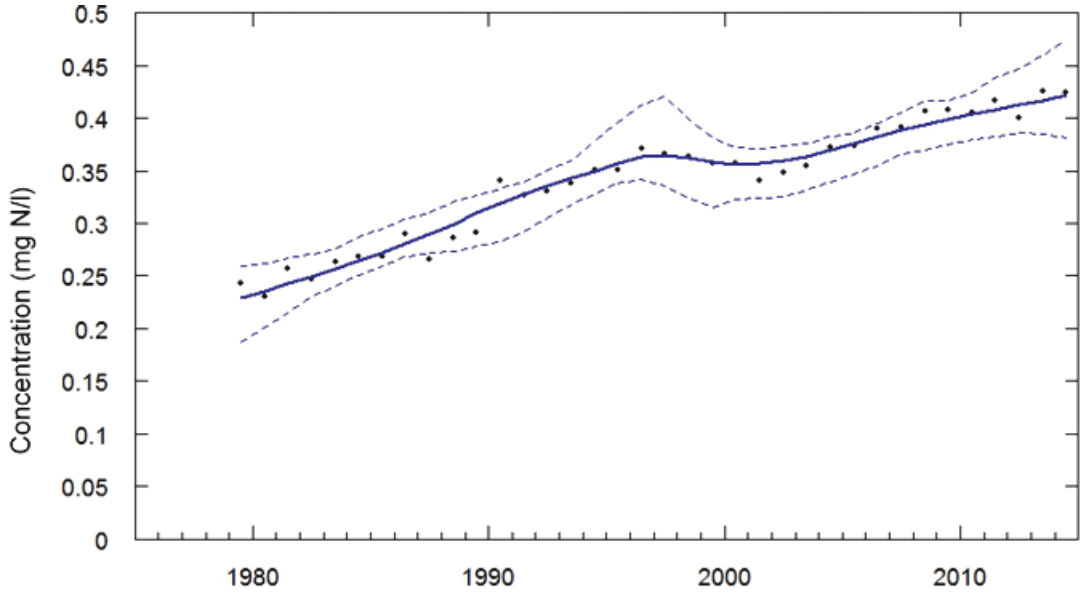
Yamaska 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,29	814,1
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	98,8	98,8
Baisse (%)	1,2	1,2

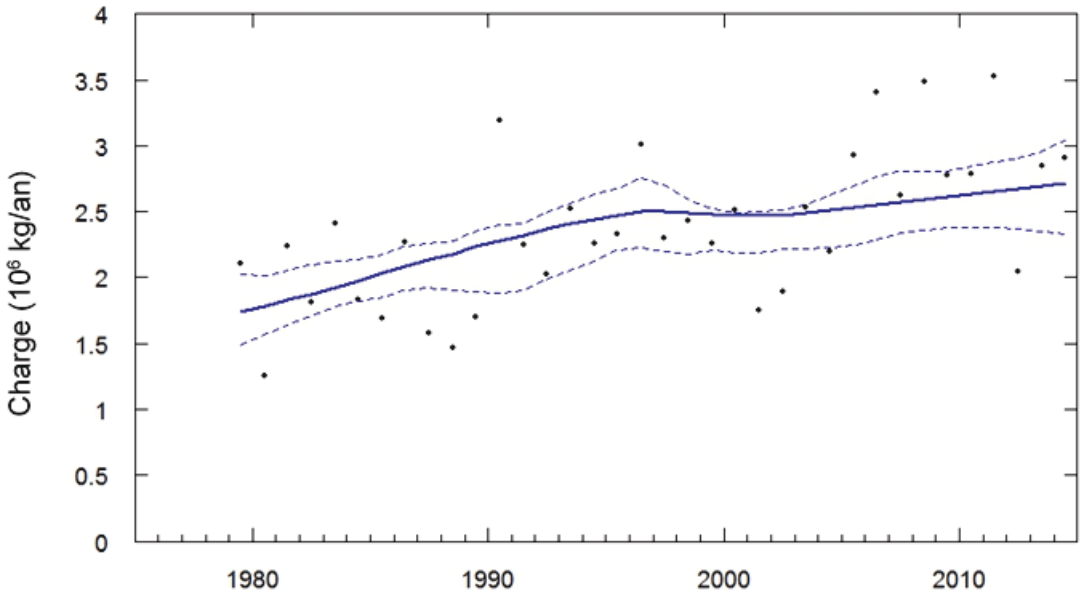
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031)(suite)

Rivière St-François à Pierreville (03020031)

Année	Débit	Nitrates-nitrites Conc	Nitrates-nitrites Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	217	0,24	0,23	2109	1738
1980	151	0,23	0,24	1254	1777
1981	233	0,26	0,24	2233	1829
1982	192	0,25	0,25	1808	1877
1983	238	0,26	0,26	2407	1927
1984	179	0,27	0,26	1836	1972
1985	161	0,27	0,27	1686	2031
1986	211	0,29	0,28	2264	2083
1987	150	0,27	0,29	1583	2136
1988	137	0,29	0,30	1468	2180
1989	153	0,29	0,31	1699	2235
1990	266	0,34	0,32	3186	2275
1991	176	0,33	0,33	2252	2318
1992	167	0,33	0,34	2027	2364
1993	223	0,34	0,34	2523	2410
1994	195	0,35	0,35	2260	2443
1995	184	0,35	0,36	2331	2473
1996	236	0,37	0,36	3011	2497
1997	174	0,37	0,37	2296	2497
1998	184	0,36	0,36	2431	2493
1999	180	0,36	0,36	2257	2482
2000	192	0,36	0,36	2507	2469
2001	143	0,34	0,36	1751	2470
2002	150	0,35	0,36	1891	2475
2003	206	0,36	0,36	2534	2488
2004	172	0,37	0,37	2194	2506
2005	241	0,37	0,38	2926	2531
2006	265	0,39	0,38	3400	2550
2007	200	0,39	0,39	2627	2571
2008	265	0,41	0,39	3487	2590
2009	210	0,41	0,40	2775	2614
2010	216	0,41	0,40	2789	2634
2011	266	0,42	0,41	3522	2654
2012	147	0,40	0,41	2049	2670
2013	211	0,43	0,42	2851	2692
2014	207	0,42	0,42	2906	2711

Annexe 10.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031)(suite)

Rivière St-François à Pierreville (03020031)
Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,09	0,009	35	3,5
1991 to 2001	0,03	0,003	8,8	0,88
2001 to 2012	0,06	0,005	16	1,4
1981 to 2012	0,17	0,006	70	2,3

Tendances des charges

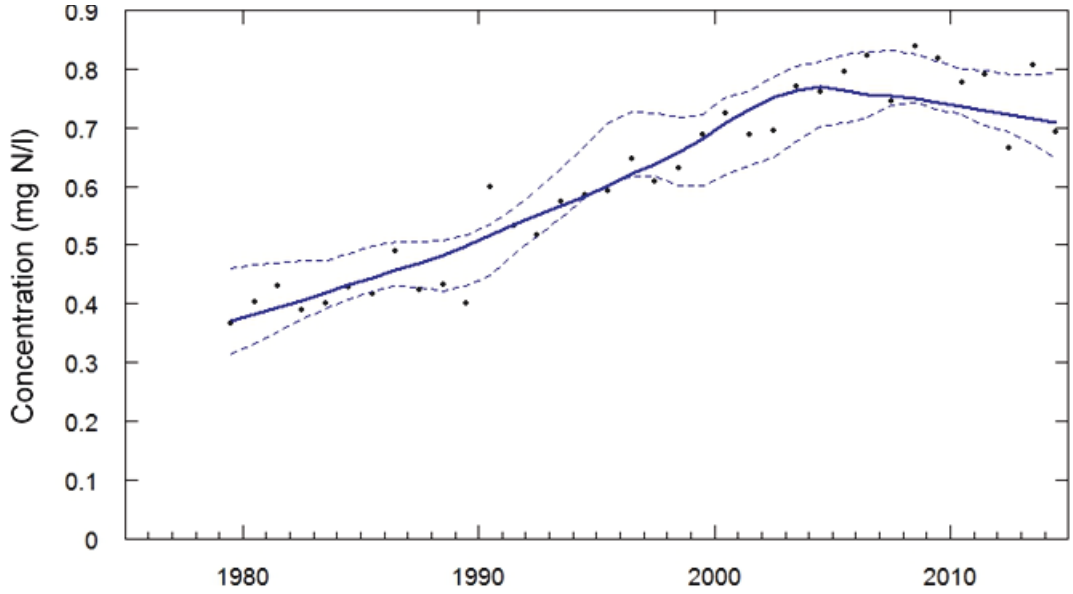
Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	488	49	27	2,7
1991 to 2001	152	15	6,6	0,66
2001 to 2012	200	18	8,1	0,74
1981 to 2012	841	27	46	1,5

Saint-François 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit		
Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,19	933,7
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	98,8	98,8
Baisse (%)	1,2	1,2

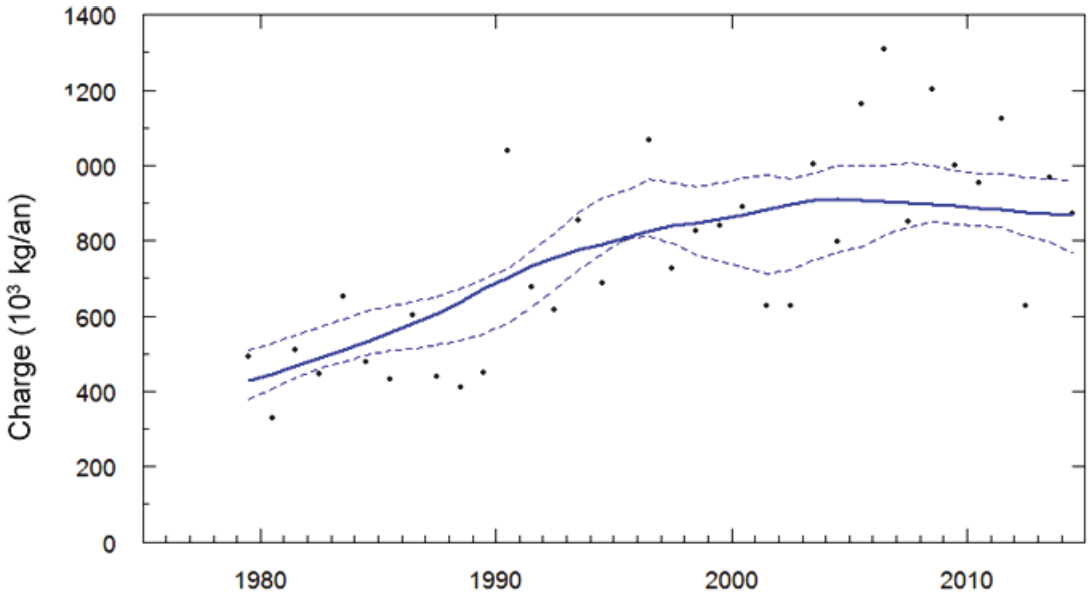
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest à La Visitation (03010009)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest à La Visitation (03010009) (suite)

Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009)

		Nitrates-nitrites			
Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	35,0	0,37	0,37	492	428
1980	23,3	0,40	0,38	330	446
1981	34,3	0,43	0,39	509	466
1982	29,0	0,39	0,41	445	487
1983	38,9	0,40	0,42	652	509
1984	28,6	0,43	0,43	477	531
1985	25,5	0,42	0,44	430	555
1986	33,3	0,49	0,46	602	579
1987	24,3	0,42	0,47	438	606
1988	21,3	0,43	0,48	409	637
1989	23,2	0,40	0,50	449	671
1990	42,8	0,60	0,52	1038	702
1991	29,4	0,53	0,54	678	732
1992	27,2	0,52	0,55	615	753
1993	35,4	0,57	0,57	852	774
1994	31,1	0,59	0,58	689	792
1995	30,4	0,59	0,60	805	809
1996	38,7	0,65	0,62	1067	826
1997	29,3	0,61	0,64	726	838
1998	30,4	0,63	0,66	827	849
1999	30,5	0,69	0,68	839	858
2000	33,6	0,72	0,71	890	870
2001	23,9	0,69	0,73	628	883
2002	23,9	0,70	0,75	628	895
2003	34,6	0,77	0,77	1003	906
2004	28,9	0,76	0,77	796	910
2005	38,6	0,80	0,76	1164	909
2006	43,1	0,82	0,76	1310	905
2007	30,2	0,75	0,75	849	901
2008	41,3	0,84	0,75	1202	897
2009	35,3	0,82	0,74	999	893
2010	33,4	0,78	0,74	955	887
2011	41,2	0,79	0,73	1125	882
2012	23,2	0,67	0,72	627	876
2013	35,8	0,81	0,72	967	872
2014	31,7	0,69	0,71	873	867

Annexe 10.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest à La Visitation (03010009) (suite)

Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009)
Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,14	0,014	36	3,6
1991 to 2001	0,20	0,020	37	3,7
2001 to 2012	-0,01	-0,001	-1,3	-0,12
1981 to 2012	0,33	0,011	84	2,7

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	266	27	57	5,7
1991 to 2001	150	15	21	2,1
2001 to 2012	-7,2	-0,66	-0,82	-0,074
1981 to 2012	409	13	88	2,8

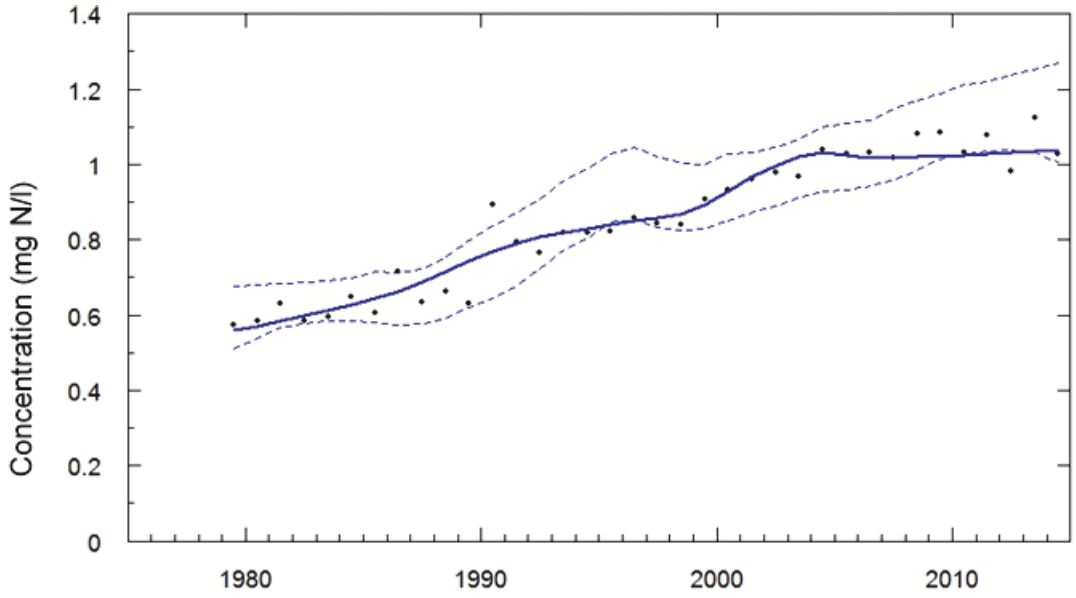
Nicolet Sud-Ouest 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,33	420,8
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	98,8	98,8
Baisse (%)	1,2	1,2

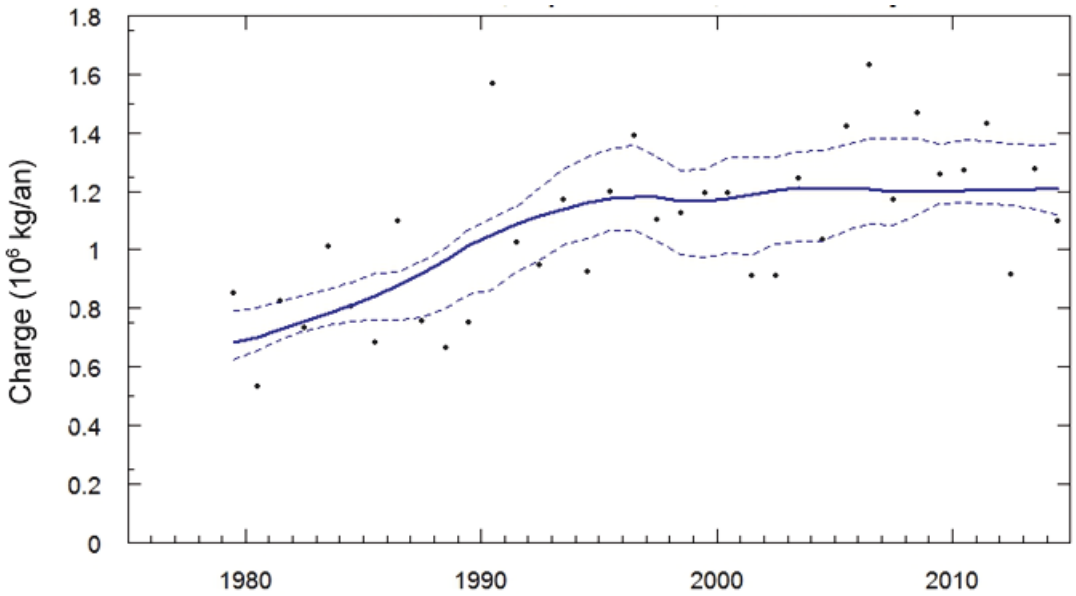
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10.5 Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010008)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.5 Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010008) (suite)

Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010008)

Année	Débit	Nitrates-nitrites Conc	Nitrates-nitrites Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	42,1	0,58	0,56	854	681
1980	26,6	0,59	0,57	534	703
1981	41,1	0,63	0,58	822	729
1982	34,9	0,58	0,60	732	755
1983	44,4	0,60	0,61	1013	783
1984	34,3	0,65	0,63	804	810
1985	29,6	0,60	0,65	684	843
1986	46,4	0,72	0,66	1099	878
1987	31,3	0,63	0,69	757	918
1988	25,1	0,66	0,72	664	966
1989	29,1	0,63	0,75	750	1016
1990	48,1	0,89	0,77	1569	1054
1991	31,7	0,79	0,79	1025	1089
1992	30,4	0,76	0,81	947	1116
1993	37,7	0,82	0,82	1169	1141
1994	32,4	0,82	0,83	924	1161
1995	36,0	0,82	0,84	1197	1177
1996	41,6	0,86	0,85	1392	1182
1997	33,1	0,84	0,86	1102	1179
1998	33,0	0,84	0,87	1127	1168
1999	36,5	0,91	0,89	1193	1165
2000	36,2	0,93	0,93	1196	1173
2001	28,1	0,96	0,97	913	1191
2002	26,3	0,98	1,00	910	1202
2003	38,8	0,97	1,02	1246	1210
2004	31,0	1,04	1,03	1034	1209
2005	43,7	1,03	1,03	1423	1209
2006	45,9	1,03	1,02	1630	1205
2007	34,5	1,02	1,02	1171	1200
2008	45,3	1,08	1,02	1466	1197
2009	37,3	1,09	1,02	1257	1200
2010	35,4	1,03	1,03	1271	1202
2011	44,4	1,08	1,03	1433	1204
2012	26,5	0,98	1,03	916	1205
2013	38,8	1,12	1,04	1275	1206
2014	33,6	1,03	1,04	1098	1210

Annexe 10.5 Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010008) (suite)

Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010008)
Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,21	0,021	35	3,5
1991 to 2001	0,18	0,018	22	2,2
2001 to 2012	0,07	0,006	6,9	0,63
1981 to 2012	0,45	0,014	77	2,5

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	359	36	49	4,9
1991 to 2001	102	10	9,4	0,94
2001 to 2012	14	1,2	1,2	0,1
1981 to 2012	476	15	65	2,1

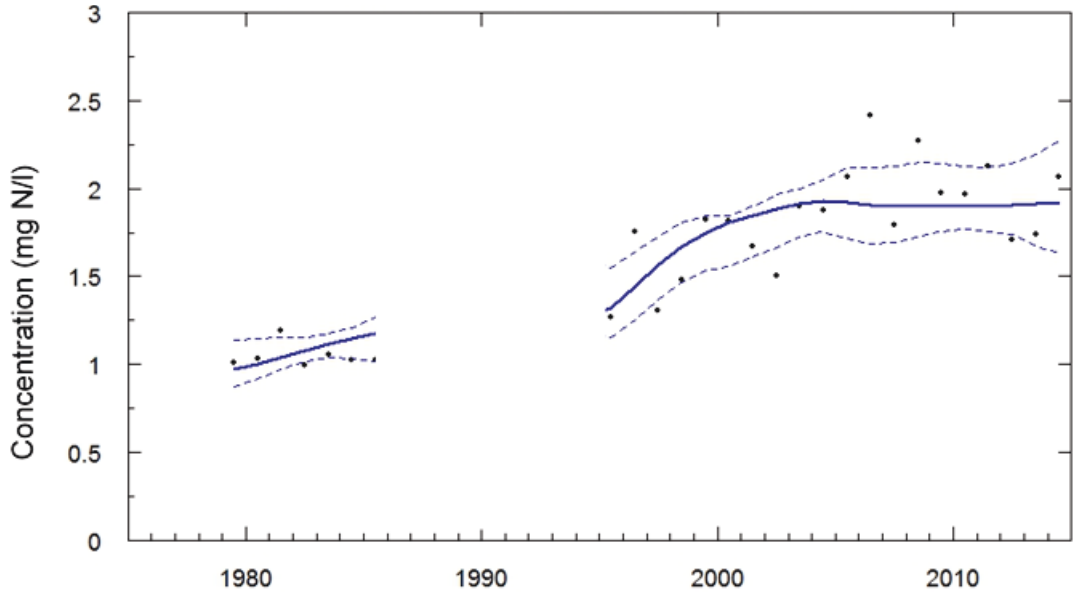
Nicolet 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,47	507,7
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	98,8	98,8
Baisse (%)	1,2	1,2

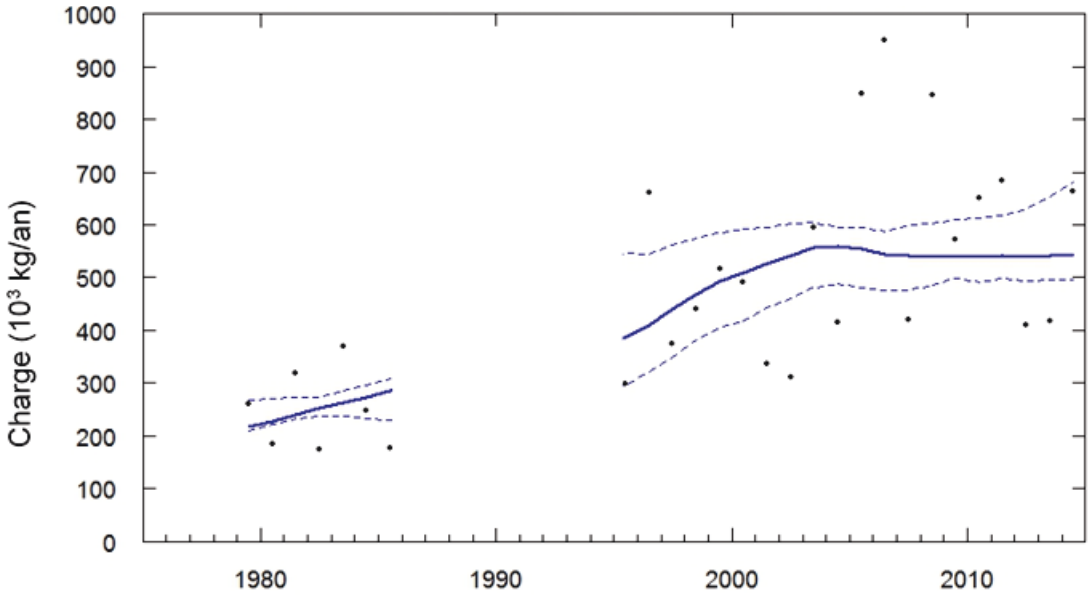
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10.6 Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.6 Rivière Bayonne à Berthierville (05240001) (suite)

Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)

		Nitrates-nitrites			
Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	7,94	1,01	0,97	260	217
1980	5,35	1,03	1,00	183	228
1981	8,50	1,19	1,04	318	240
1982	5,01	0,99	1,08	174	251
1983	9,13	1,05	1,11	368	263
1984	6,80	1,02	1,15	247	274
1985	4,63	1,03	1,18	176	284
1986	6,73	NA	NA	NA	NA
1987	5,04	NA	NA	NA	NA
1988	6,38	NA	NA	NA	NA
1989	5,55	NA	NA	NA	NA
1990	6,50	NA	NA	NA	NA
1991	5,70	NA	NA	NA	NA
1992	5,80	NA	NA	NA	NA
1993	6,82	NA	NA	NA	NA
1994	6,46	NA	NA	NA	NA
1995	5,44	1,27	1,32	298	387
1996	9,64	1,76	1,44	660	411
1997	6,01	1,30	1,56	373	440
1998	6,26	1,48	1,67	439	468
1999	6,89	1,82	1,75	515	492
2000	7,01	1,82	1,81	491	510
2001	4,66	1,67	1,85	335	528
2002	4,59	1,51	1,88	311	542
2003	6,58	1,90	1,91	595	556
2004	5,56	1,88	1,93	416	559
2005	9,07	2,06	1,92	848	554
2006	10,55	2,42	1,91	949	545
2007	5,66	1,79	1,90	420	541
2008	9,66	2,27	1,90	847	538
2009	7,48	1,98	1,90	573	539
2010	6,79	1,97	1,90	650	540
2011	8,38	2,13	1,90	684	541
2012	5,12	1,71	1,91	410	540
2013	5,69	1,74	1,91	418	542
2014	7,55	2,06	1,92	662	543

Annexe 10.6 Rivière Bayonne à Berthierville (05240001) (suite)

Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)
Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1985	0,14	0,035	13	3,3
1995 to 2005	0,60	0,060	46	4,6
2005 to 2012	-0,02	-0,002	-0,81	-0,12
1981 to 2012	0,87	0,028	83	2,7

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1985	44	11	19	4,6
1995 to 2005	166	17	43	4,3
2005 to 2012	-14	-1,9	-2,4	-0,35
1981 to 2012	300	9,7	125	4

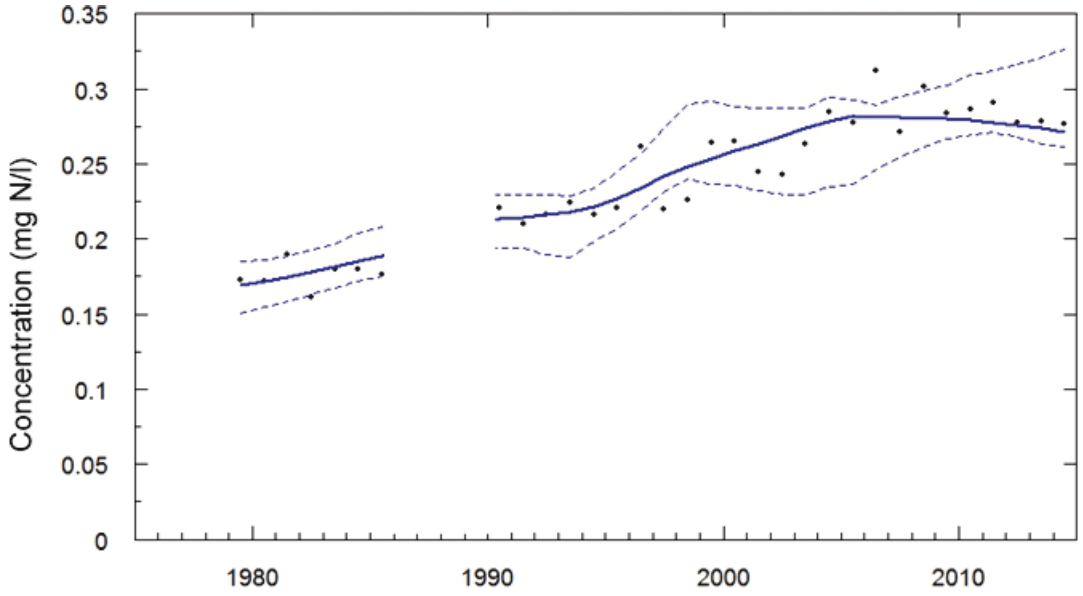
Bayonne 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,91	315,0
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	98,8	98,8
Baisse (%)	1,2	1,2

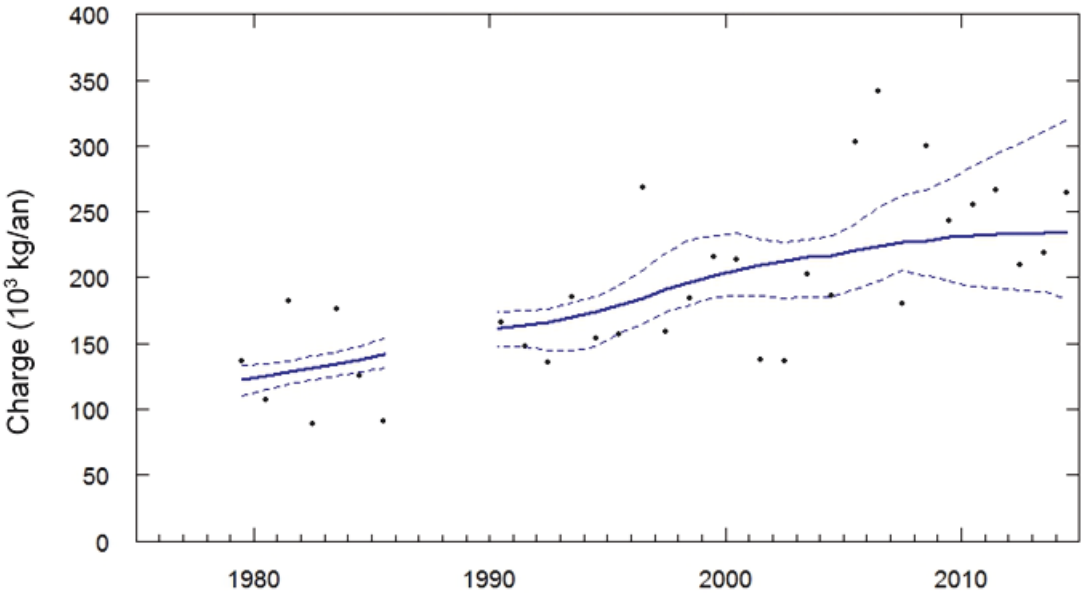
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)

Concentrations moyennes annuelles (points) et concentrations pondérées par le débit (trait bleu) de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles (points) et charges pondérées par le débit (trait bleu) de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003) (suite)

Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)

		Nitrates-nitrites			
Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	22,8	0,17	0,17	137	122
1980	17,7	0,17	0,17	107	125
1981	29,2	0,19	0,18	182	128
1982	14,7	0,16	0,18	89	132
1983	26,8	0,18	0,18	176	135
1984	19,2	0,18	0,19	125	138
1985	13,9	0,18	0,19	91	142
1986	20,5	NA	NA	NA	NA
1987	15,1	NA	NA	NA	NA
1988	21,0	NA	NA	NA	NA
1989	19,3	NA	NA	NA	NA
1990	20,5	0,22	0,21	166	162
1991	19,0	0,21	0,22	148	164
1992	18,3	0,22	0,22	136	166
1993	22,7	0,22	0,22	185	170
1994	22,4	0,22	0,22	154	174
1995	17,4	0,22	0,23	157	179
1996	29,9	0,26	0,23	269	184
1997	18,3	0,22	0,24	159	191
1998	18,9	0,23	0,25	185	197
1999	21,4	0,26	0,25	216	202
2000	21,7	0,27	0,26	214	205
2001	14,4	0,24	0,26	137	209
2002	13,6	0,24	0,27	137	213
2003	20,2	0,26	0,27	203	215
2004	18,3	0,28	0,28	186	217
2005	28,8	0,28	0,28	302	221
2006	32,3	0,31	0,28	341	224
2007	17,5	0,27	0,28	180	227
2008	29,8	0,30	0,28	300	228
2009	21,8	0,28	0,28	243	231
2010	21,0	0,29	0,28	255	232
2011	25,3	0,29	0,28	266	233
2012	18,0	0,28	0,28	210	232
2013	19,6	0,28	0,27	218	234
2014	25,2	0,28	0,27	264	234

Annexe 10.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003) (suite)

Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)
Nitrates-nitrites

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,04	0,004	23	2,3
1991 to 2001	0,05	0,005	23	2,3
2001 to 2012	0,01	0,001	4,5	0,41
1981 to 2012	0,10	0,003	58	1,9

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	36	3,6	28	2,8
1991 to 2001	45	4,5	27	2,7
2001 to 2012	23	2,1	11	1,0
1981 to 2012	104	3,4	81	2,6

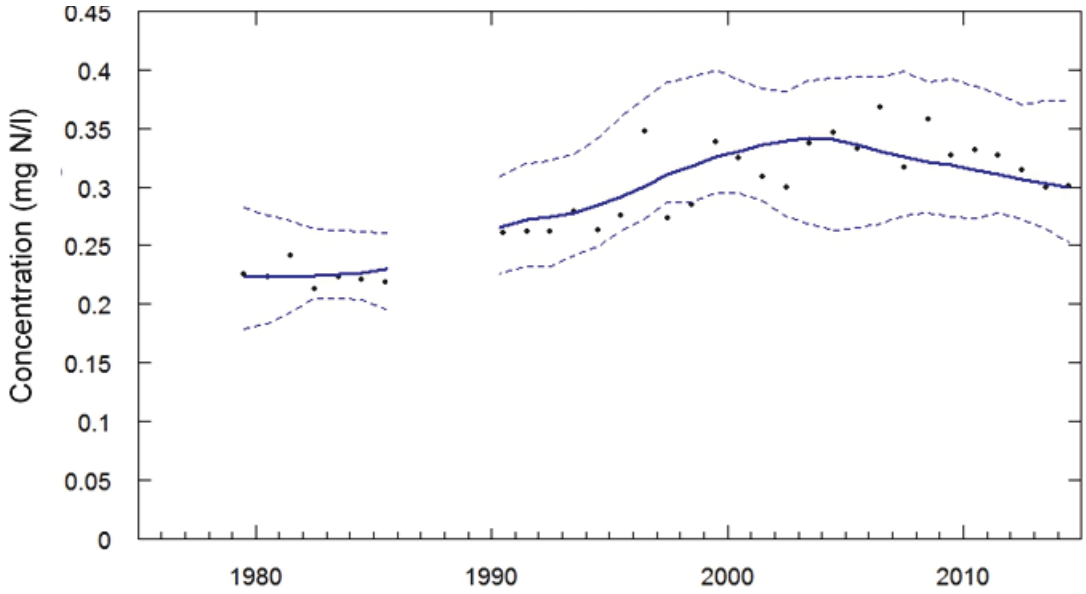
Maskinongé 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,10	109,4
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	< 0,05	< 0,05
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	98,8	98,8
Baisse (%)	1,2	1,2

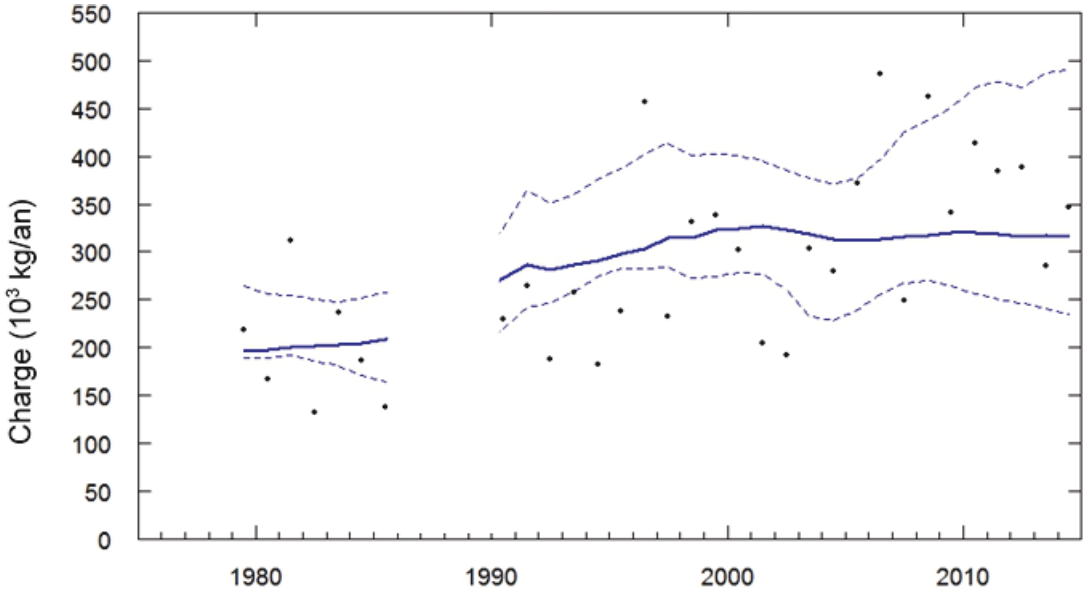
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 10.8 Rivière du Loup, au sud de Louiseville (05280001)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit débit **(trait bleu)** de nitrates-nitrites avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 10.8 Rivière du Loup, au sud de Louiseville (05280001) (suite)

Rivière du Loup à Louiseville (05280001)

		Nitrates-nitrites			
Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	28,2	0,23	0,22	218	197
1980	22,0	0,22	0,22	167	197
1981	36,3	0,24	0,22	312	200
1982	19,1	0,21	0,22	132	201
1983	32,6	0,22	0,23	236	203
1984	26,2	0,22	0,23	186	204
1985	19,5	0,22	0,23	137	209
1986	27,1	NA	NA	NA	NA
1987	17,9	NA	NA	NA	NA
1988	26,3	NA	NA	NA	NA
1989	24,0	NA	NA	NA	NA
1990	24,4	0,26	0,27	230	273
1991	25,7	0,26	0,27	264	286
1992	22,8	0,26	0,27	187	281
1993	25,9	0,28	0,28	257	287
1994	27,6	0,26	0,28	182	291
1995	22,0	0,28	0,29	238	298
1996	38,6	0,35	0,30	457	303
1997	24,2	0,27	0,31	232	314
1998	24,7	0,29	0,32	332	315
1999	27,1	0,34	0,33	338	323
2000	27,4	0,32	0,33	303	324
2001	18,4	0,31	0,34	205	327
2002	16,7	0,30	0,34	192	323
2003	22,8	0,34	0,34	303	319
2004	24,4	0,35	0,34	280	313
2005	32,4	0,33	0,34	372	312
2006	41,0	0,37	0,33	486	314
2007	22,5	0,32	0,33	249	317
2008	41,8	0,36	0,32	462	317
2009	28,1	0,33	0,32	341	320
2010	28,2	0,33	0,32	414	320
2011	35,1	0,33	0,31	385	319
2012	24,8	0,32	0,31	389	316
2013	25,2	0,30	0,30	285	317
2014	30,3	0,30	0,30	347	316

Annexe 10.8 Rivière du Loup, au sud de Louiseville (05280001) (suite)

Rivière du Loup à Louiseville (05280001)
NOX

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,05	0,0049	22	2,2
1991 to 2001	0,06	0,0063	23	2,3
2001 to 2012	-0,03	-0,0026	-8,7	-0,79
1981 to 2012	0,08	0,0027	37	1,2

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	87	8,7	43	4,3
1991 to 2001	40	4	14	1,4
2001 to 2012	-11	-1	-3,4	-0,31
1981 to 2012	116	3,7	58	1,9

Du Loup 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de nitrates-nitrites pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	0,08	119,1
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Rejetée**	**Rejetée**
Probabilité	0,07	0,04
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	97,2	99,1
Baisse (%)	2,8	0,9

1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11 Figures et tableaux illustrant l'évolution temporelle 1979-2014 des concentrations et des charges moyennes annuelles brutes et pondérées par le débit de matières en suspension (MES) de huit tributaires du lac Saint-Pierre

Annexe 11.1 Rivière Richelieu

Annexe 11.2 Rivière Yamaska

Annexe 11.3 Rivière Saint-François

Annexe 11.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest

Annexe 11.5 Rivière Nicolet

Annexe 11.6 Rivière Bayonne

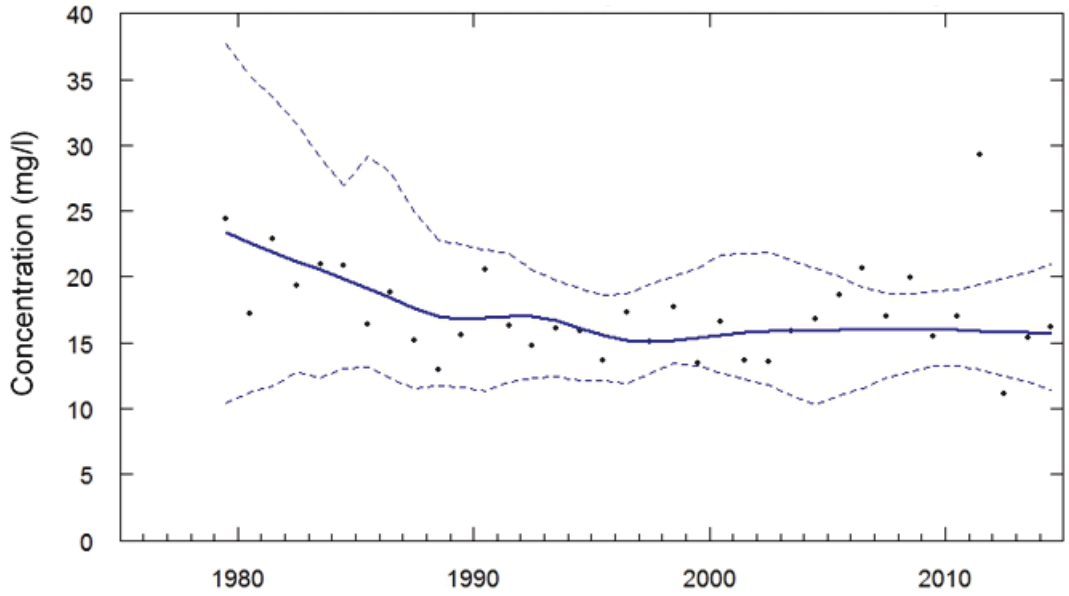
Annexe 11.7 Rivière Maskinongé

Annexe 11.8 Rivière du Loup

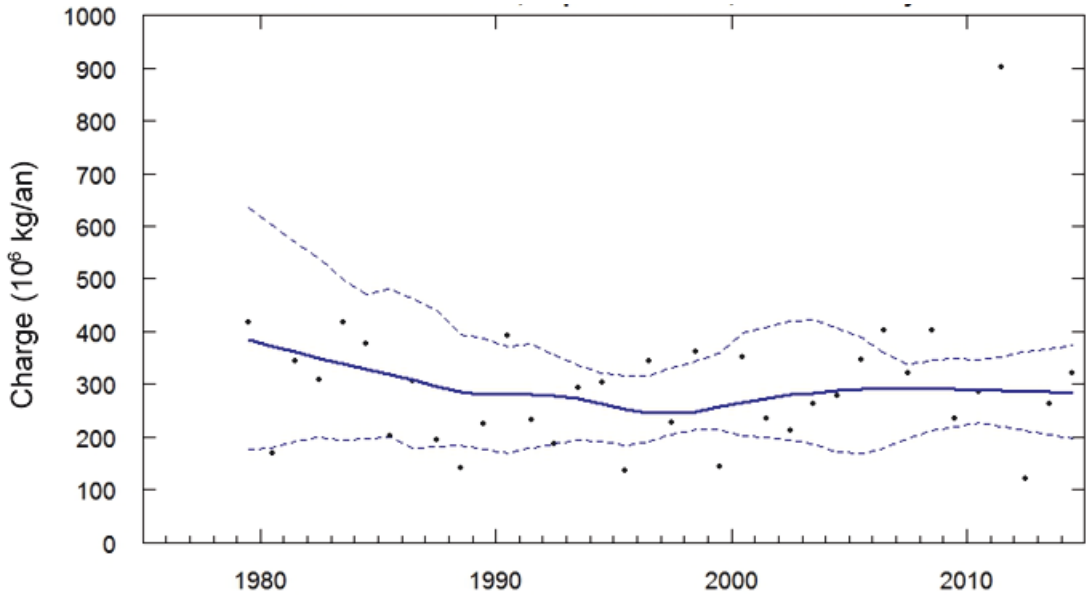
Conc = concentration moyenne annuelle
Conc PD = concentration pondérée par le débit
Charge = charge moyenne annuelle
Charge PD = charge pondérée par le débit

Annexe 11.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009)(suite)

Rivière Richelieu à Sorel (03040009)
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	423	24,4	23,4	417783	383654
1980	272	17,2	22,6	168358	371311
1981	435	22,9	21,9	343903	360603
1982	359	19,4	21,2	307830	350087
1983	457	21,0	20,5	417941	339951
1984	461	20,9	19,8	375923	329528
1985	326	16,4	19,1	201613	319340
1986	415	18,8	18,4	305227	308207
1987	335	15,2	17,6	195412	296543
1988	283	12,9	17,0	140487	285321
1989	368	15,6	16,8	225377	280057
1990	534	20,5	16,9	392500	279555
1991	396	16,3	17,0	232087	280407
1992	335	14,8	17,0	187153	279014
1993	408	16,1	16,6	292403	272655
1994	421	15,9	16,1	303841	262234
1995	324	13,7	15,5	136200	251993
1996	551	17,3	15,2	344822	245599
1997	420	15,0	15,0	227020	244592
1998	556	17,7	15,1	361014	248569
1999	316	13,4	15,4	143115	256458
2000	466	16,6	15,6	352098	265114
2001	329	13,6	15,8	234094	273679
2002	369	13,5	15,9	212188	279732
2003	414	15,8	15,9	262674	283867
2004	461	16,8	15,9	278479	287020
2005	491	18,6	16,0	345278	289788
2006	573	20,7	16,0	401620	289301
2007	449	17,0	16,0	322219	289433
2008	537	19,9	16,0	402623	289504
2009	442	15,5	16,0	234450	289515
2010	467	17,0	16,0	285442	288877
2011	684	29,3	15,9	901281	287759
2012	324	11,2	15,8	119783	286291
2013	427	15,4	15,7	262973	284770
2014	419	16,2	15,7	321960	283286

Annexe 11.1 Rivière Richelieu à Sorel (03040009)(suite)

Rivière Richelieu à Sorel (03040009)
Matières en suspension

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-4,8	-0,48	-22	-2,2
1991 to 2001	-1,2	-0,12	-7,1	-0,71
2001 to 2012	-0,0044	-4e-04	-0,028	-0,0025
1981 to 2012	-6,1	-0,2	-28	-0,89

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-80 196	-8 020	-22	-2,2
1991 to 2001	-6 729	- 673	-2,4	-0,24
2001 to 2012	12 613	1 147	4,6	0,42
1981 to 2012	-74 312	-2 397	-21	-0,66

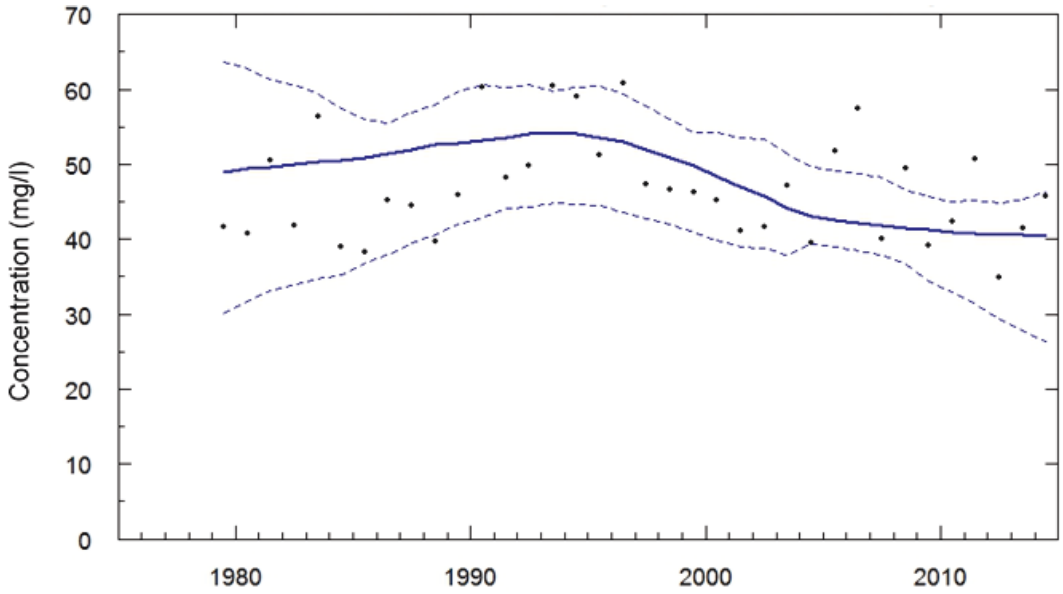
Richelieu 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-7	-88030
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,52	0,57
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	26,2	28,7
Baisse (%)	73,8	71,3

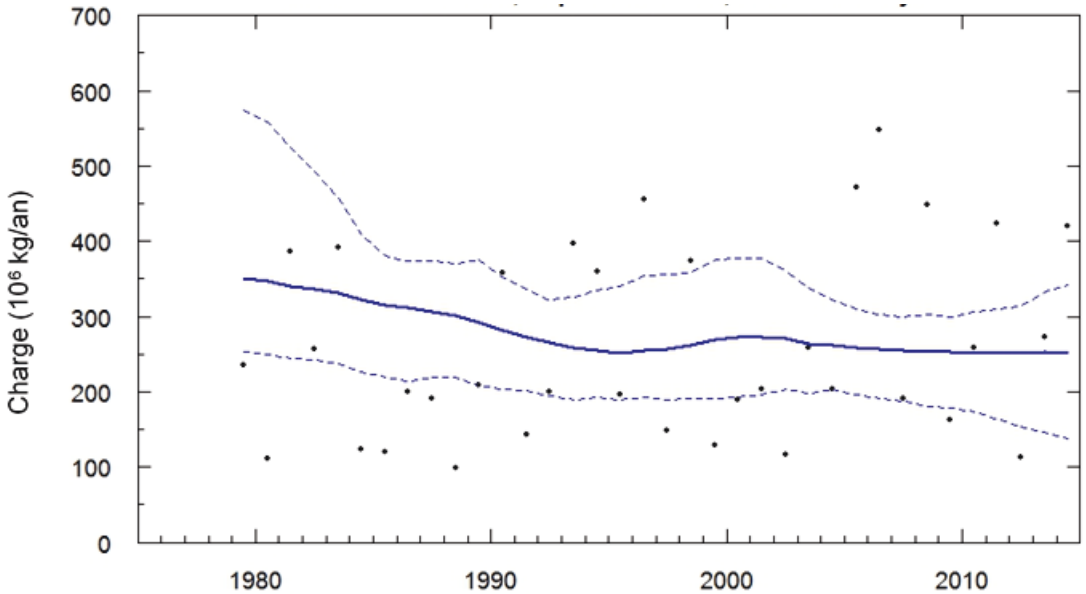
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11.2 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.2 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023) (suite)

Rivière Yamaska, à Yamaska
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	80,0	41,6	49,0	235005	350243
1980	58,6	40,8	49,4	111797	347080
1981	86,8	50,6	49,6	386114	340762
1982	65,2	41,8	49,9	256737	335903
1983	100,6	56,4	50,3	391992	330374
1984	63,4	38,9	50,5	123665	321920
1985	61,8	38,2	50,9	119292	315958
1986	73,9	45,2	51,4	200269	311156
1987	53,0	44,6	51,9	191107	306076
1988	47,0	39,7	52,6	98223	301738
1989	54,9	46,0	52,9	207888	292177
1990	107,4	60,3	53,2	357295	281321
1991	67,3	48,1	53,6	142926	272392
1992	69,8	49,8	54,0	199706	265715
1993	95,0	60,4	54,1	396183	259105
1994	83,4	59,0	54,0	359902	255214
1995	73,2	51,3	53,6	196173	252123
1996	99,2	60,8	53,0	455121	255211
1997	68,7	47,3	52,0	148465	256648
1998	74,4	46,6	51,0	374526	262217
1999	63,3	46,2	49,8	128295	268966
2000	76,6	45,3	48,4	188981	272923
2001	52,0	41,1	47,0	202724	272903
2002	61,8	41,7	45,7	117276	271234
2003	82,4	47,1	44,1	259069	264023
2004	72,9	39,6	43,0	204058	261278
2005	100,9	51,8	42,4	471860	259221
2006	124,5	57,4	42,1	548006	256331
2007	80,5	40,1	41,8	191063	254515
2008	105,5	49,4	41,5	448873	253602
2009	78,8	39,2	41,2	161880	252331
2010	93,4	42,4	40,9	257562	251498
2011	114,7	50,8	40,7	424174	250690
2012	57,7	34,9	40,6	112567	251154
2013	86,1	41,5	40,6	272120	253139
2014	88,0	45,7	40,5	420569	251850

Annexe 11.2 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023) (suite)

Rivière Yamaska à Yamaska (03030023)
Matières en suspension

Tendances des concentrations

Période			Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981	to	1991	4,0	0,40	8	0,8
1991	to	2001	-6,6	-0,66	-12	-1,2
2001	to	2012	-6,4	-0,58	-14	-1,2
1981	to	2012	-8,9	-0,29	-18	-0,6

Tendances des charges

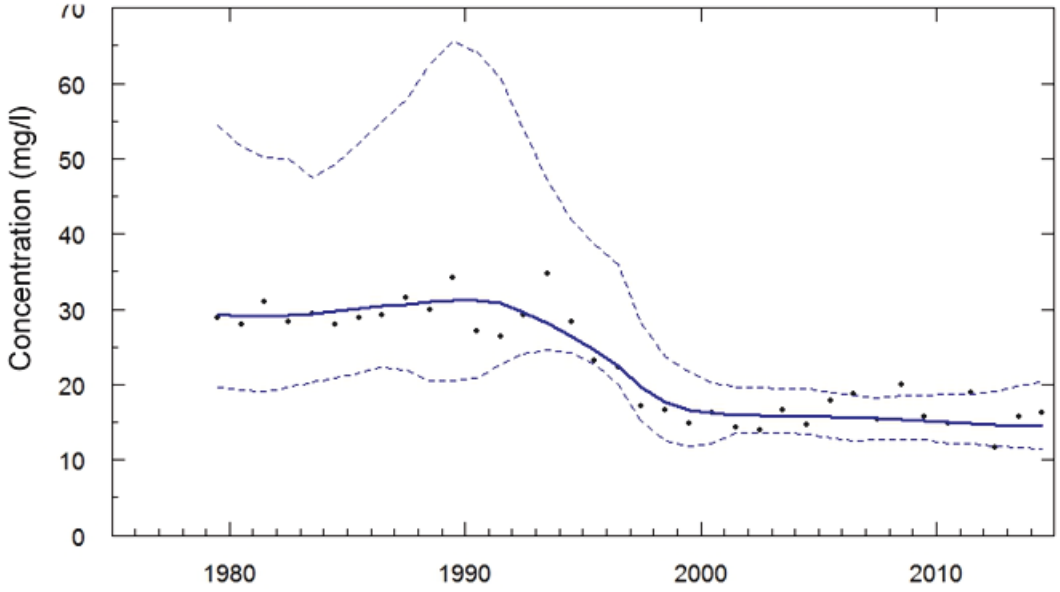
Période			Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981	to	1991	-68370	-6837	-20	-2
1991	to	2001	512	51	0,2	0,02
2001	to	2012	-21749	-1977	-8	-0,72
1981	to	2012	-89608	-2891	-26	-0,85

Yamaska 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit		
Test WRTDS Bootstrap	Concentrations	Charges
	mg/l	10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-9	-95230
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,42	0,21
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	20,7	9,8
Baisse (%)	79,3	90,2

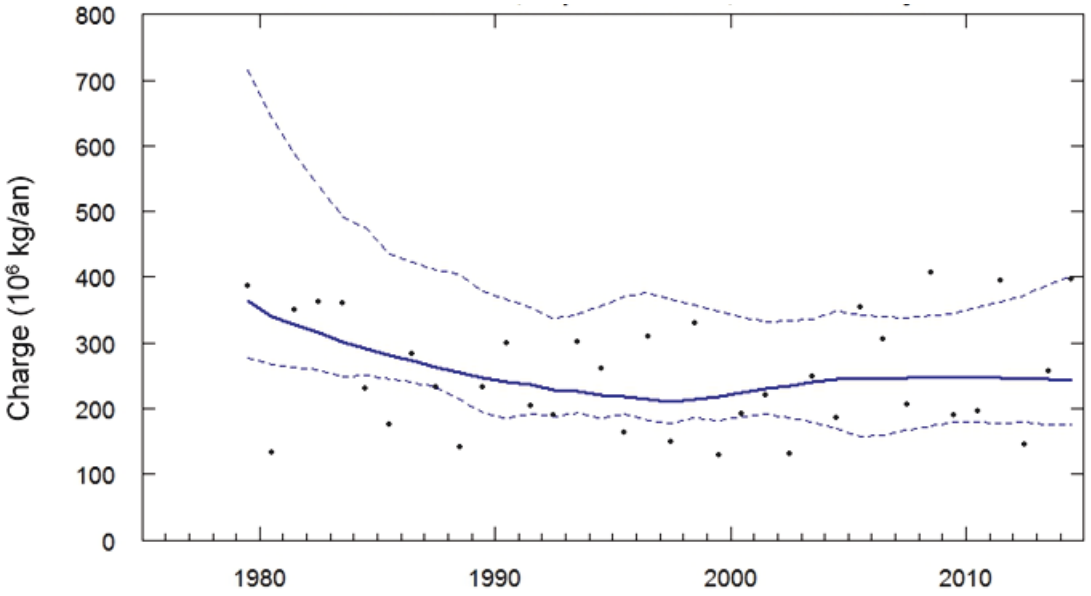
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031) (suite)

Rivière St-François à Pierreville (03020031)
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	217	28,9	29,4	385629	364980
1980	151	27,9	29,1	133511	340878
1981	233	30,9	29,1	349975	328240
1982	192	28,4	29,3	363178	316242
1983	238	29,4	29,4	359629	301029
1984	179	28,0	29,8	230658	291275
1985	161	28,8	30,1	176223	281996
1986	211	29,2	30,4	282852	272719
1987	150	31,5	30,7	232967	263458
1988	137	29,9	30,9	141275	254349
1989	153	34,3	31,2	232433	246325
1990	266	27,2	31,1	300097	239662
1991	176	26,5	30,7	203883	235572
1992	167	29,3	29,6	190460	227645
1993	223	34,7	28,1	301312	225981
1994	195	28,3	26,4	261507	220036
1995	184	23,2	24,6	163175	217257
1996	236	22,4	22,4	308623	213422
1997	174	17,1	19,6	149785	210017
1998	184	16,7	17,6	328983	215050
1999	180	14,9	16,6	128350	219159
2000	192	16,2	16,2	191866	224429
2001	143	14,4	16,0	220159	229560
2002	150	14,0	15,8	130500	234721
2003	206	16,5	15,8	248069	239649
2004	172	14,6	15,8	185496	244029
2005	241	17,9	15,7	354475	245010
2006	265	18,8	15,6	304597	245253
2007	200	15,4	15,5	207028	246764
2008	265	20,0	15,3	407594	246793
2009	210	15,7	15,2	189999	246918
2010	216	14,9	15,0	195242	246691
2011	266	19,0	14,9	394953	246222
2012	147	11,6	14,7	145391	245283
2013	211	15,6	14,6	256992	244562
2014	207	16,3	14,4	396440	243511

Annexe 11.3 Rivière Saint-François à Pierreville (03020031) (suite)

Rivière St-François à Pierreville (03020031)
Matières en suspension

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	1,6	0,16	5,6	0,56
1991 to 2001	-15	-1,50	-48	-4,8
2001 to 2012	-1,2	-0,11	-7,8	-0,71
1981 to 2012	-14	-0,46	-49	-1,6

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-92667	-9267	-28	-2,8
1991 to 2001	-6013	-601	-2,6	-0,26
2001 to 2012	15723	1429	6,8	0,62
1981 to 2012	-82957	-2676	-25	-0,82

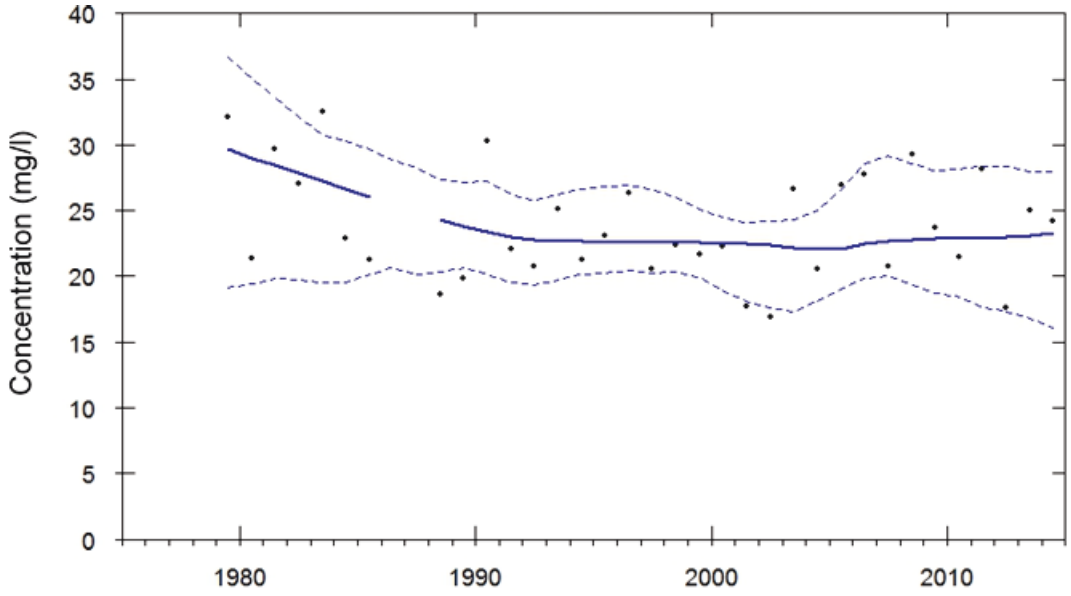
Saint-François 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-15	-97370
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,19	0,38
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	10,2	19,3
Baisse (%)	89,8	80,7

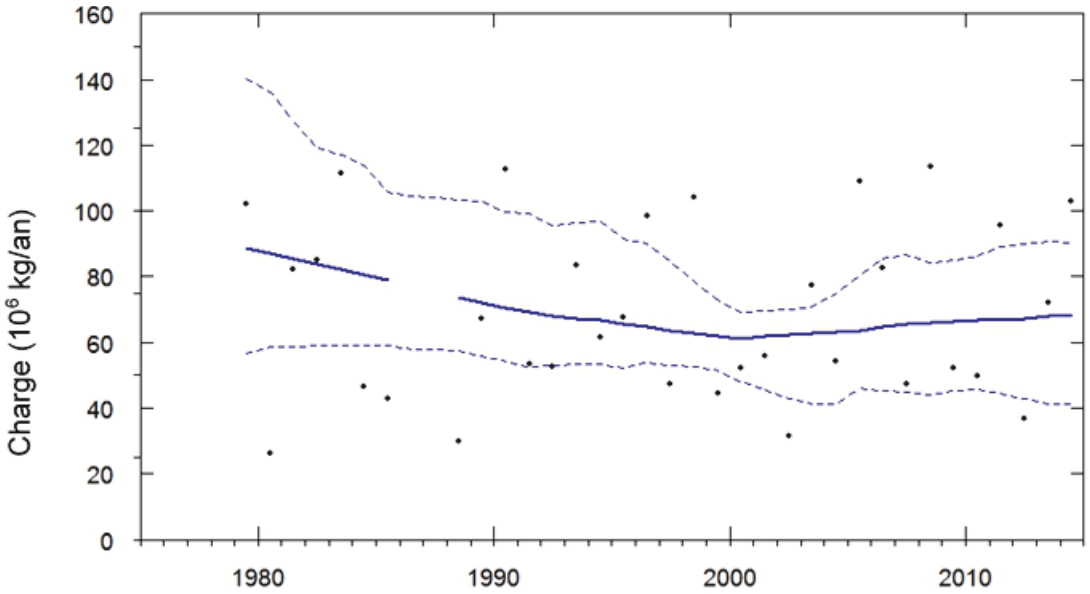
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009) (suite)

Rivière Nicolet Sud-Ouest (03010009)
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	35,0	32,2	29,7	102107	88546
1980	23,3	21,4	29,0	26241	86866
1981	34,3	29,7	28,4	82138	85448
1982	29,0	27,1	27,8	84866	83909
1983	38,9	32,5	27,2	111410	82122
1984	28,6	22,9	26,6	46671	80556
1985	25,5	21,2	26,1	42639	79093
1986	33,3	NA	NA	NA	NA
1987	24,3	NA	NA	NA	NA
1988	21,3	18,7	24,3	29855	73691
1989	23,2	19,8	23,8	67123	72024
1990	42,8	30,2	23,4	112578	70284
1991	29,4	22,1	23,0	53400	69150
1992	27,2	20,7	22,7	52746	68010
1993	35,4	25,2	22,7	83397	67356
1994	31,1	21,2	22,7	61518	66700
1995	30,4	23,0	22,6	67734	65650
1996	38,7	26,4	22,6	98619	64674
1997	29,3	20,5	22,6	47205	63500
1998	30,4	22,3	22,5	104124	62565
1999	30,5	21,7	22,5	44434	61901
2000	33,6	22,3	22,4	52107	61290
2001	23,9	17,7	22,4	55973	61945
2002	23,9	16,9	22,3	31551	62395
2003	34,6	26,7	22,1	77427	62698
2004	28,9	20,6	22,0	54367	63121
2005	38,6	27,0	22,1	108803	63664
2006	43,1	27,8	22,4	82726	64668
2007	30,2	20,8	22,7	47224	65525
2008	41,3	29,3	22,8	113567	65805
2009	35,3	23,7	22,8	52257	66265
2010	33,4	21,4	22,9	49779	66622
2011	41,2	28,2	22,9	95767	66951
2012	23,2	17,6	23,0	36725	67230
2013	35,8	25,0	23,1	72205	67791
2014	31,7	24,2	23,3	102739	68369

Annexe 11.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest, à La Visitation (03010009) (suite)

Rivière Nicolet Sud-Ouest (03010009)
Matières en suspension

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-5,4	-0,54	-19	-1,9
1991 to 2001	-0,56	-0,056	-2,4	-0,24
2001 to 2012	0,55	0,05	2,4	0,22
1981 to 2012	-5,4	-0,18	-19	-0,62

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-16298	-1630	-19	-1,9
1991 to 2001	-7206	-721	-10	-1
2001 to 2012	5285	480	8,5	0,78
1981 to 2012	-18218	-588	-21	-0,69

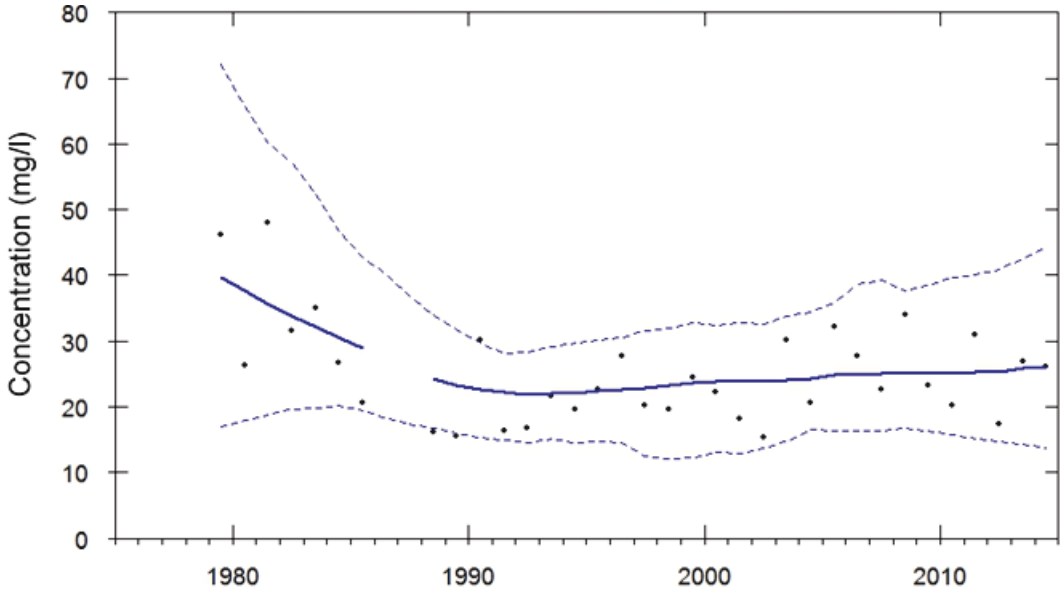
Nicolet Sud-Ouest 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-6	-18500
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,42	0,36
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	21,2	18,8
Baisse (%)	78,8	81,2

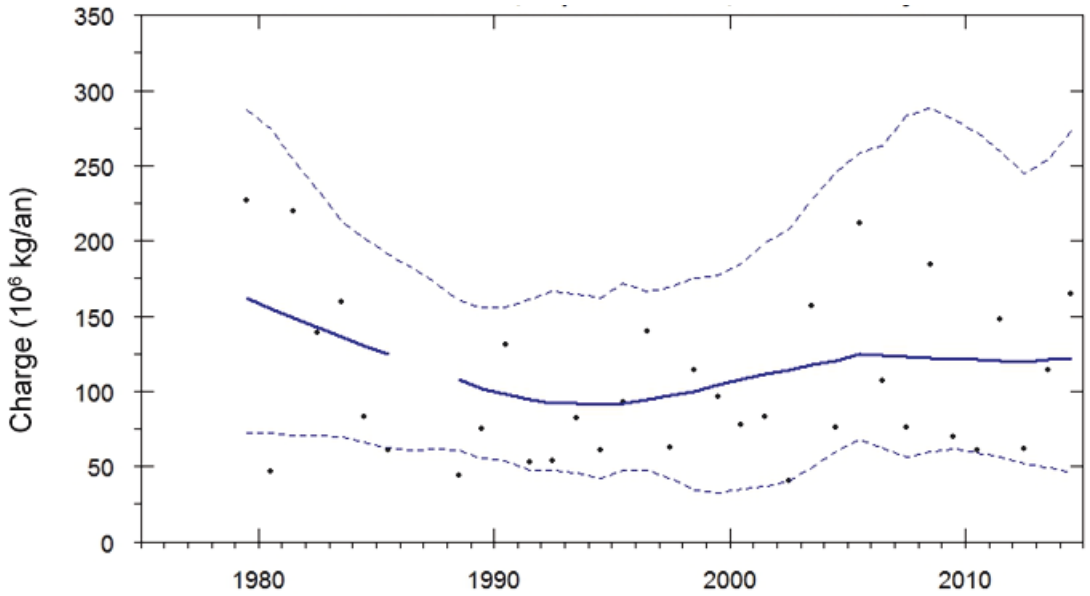
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11.5 Rivière Nicolet, à Sainte-Monique (03010008)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit (trait bleu) de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.5 Rivière Nicolet, à Sainte-Monique (03010008) (suite)

Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010009)
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	42,1	46,2	39,6	226767	161786
1980	26,6	26,2	37,6	46398	155299
1981	41,1	48,1	35,6	219438	148612
1982	34,9	31,5	33,8	139251	142181
1983	44,4	35,1	32,1	159712	135908
1984	34,3	26,8	30,5	83275	130116
1985	29,6	20,5	28,9	60831	124490
1986	46,4	NA	NA	NA	NA
1987	31,3	NA	NA	NA	NA
1988	25,1	16,1	24,2	44006	107756
1989	29,1	15,5	23,2	75267	101984
1990	48,1	30,2	22,7	131373	98450
1991	31,7	16,3	22,1	52596	94234
1992	30,4	16,8	21,9	53815	91962
1993	37,7	21,6	22,1	82138	92307
1994	32,4	19,7	22,0	60971	90712
1995	36,0	22,6	22,4	92600	92357
1996	41,6	27,6	22,7	139759	94974
1997	33,1	20,1	22,9	62710	97055
1998	33,0	19,7	23,2	113866	100247
1999	36,5	24,5	23,6	95939	104340
2000	36,2	22,2	23,8	78088	107825
2001	28,1	18,1	23,9	83152	111288
2002	26,3	15,3	23,9	40880	114157
2003	38,8	30,2	24,0	156810	117512
2004	31,0	20,6	24,3	76120	120754
2005	43,7	32,1	24,9	211812	124897
2006	45,9	27,7	25,0	107357	124245
2007	34,5	22,7	25,0	76291	123427
2008	45,3	33,9	25,0	184328	122361
2009	37,3	23,2	25,0	69615	121648
2010	35,4	20,2	25,1	61177	120871
2011	44,4	31,0	25,2	147856	120148
2012	26,5	17,4	25,4	61373	119430
2013	38,8	27,0	25,8	114327	121523
2014	33,6	26,1	26,1	164645	121155

Annexe 11.5 Rivière Nicolet, à Sainte-Monique (03010008) (suite)

Rivière Nicolet à Sainte-Monique (03010009)
Matières en suspension

Tendances des concentrations

Période			Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981	to	1991	-14	-1,4	-38	-3,8
1991	to	2001	1,8	0,18	8	0,8
2001	to	2012	1,5	0,13	6,1	0,56
1981	to	2012	-10	-0,33	-29	-0,93

Tendances des charges

Période			Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981	to	1991	-54378	-5438	-37	-3,7
1991	to	2001	17054	1705	18	1,8
2001	to	2012	8141	740	7,3	0,67
1981	to	2012	-29182	-941	-20	-0,63

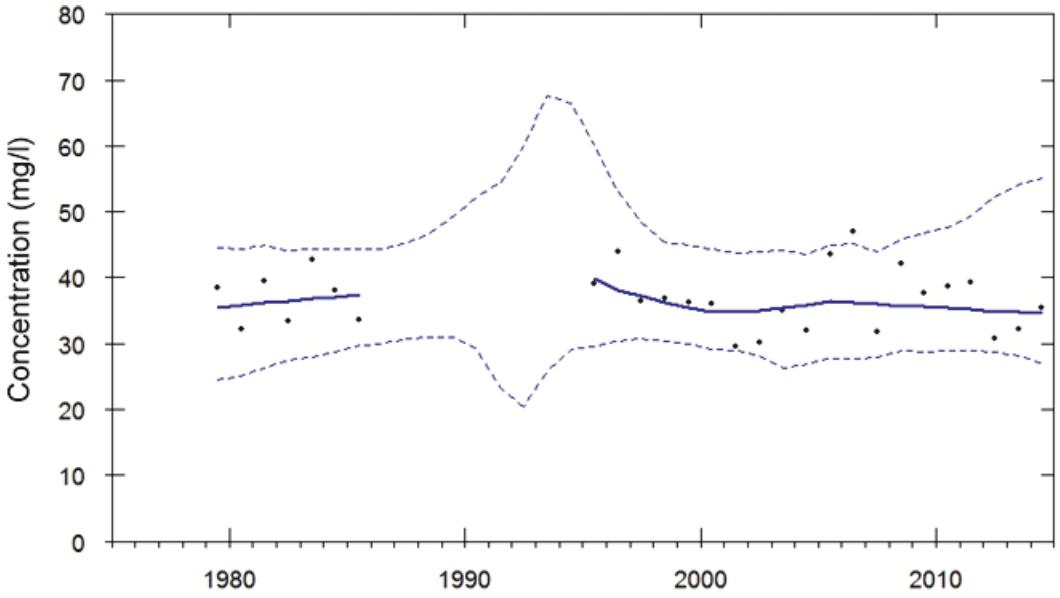
Nicolet 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-112	-34140
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,37	0,46
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	18,8	23,7
Baisse (%)	81,2	76,3

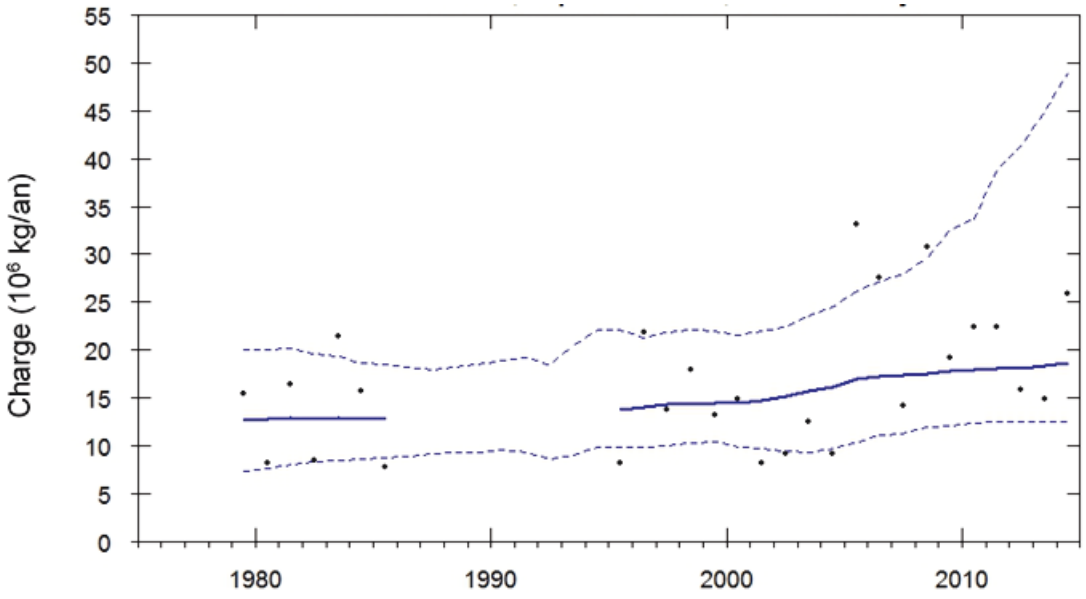
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11.6 Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.6 Rivière Bayonne à Berthierville (05240001) (suite)

Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	7,94	38,4	35,4	15441	12690
1980	5,35	32,2	35,9	8144	12760
1981	8,50	39,5	36,2	16411	12857
1982	5,01	33,4	36,5	8444	12828
1983	9,13	42,6	36,9	21411	12878
1984	6,80	38,1	37,1	15632	12811
1985	4,63	33,6	37,5	7816	12884
1986	6,73	NA	NA	NA	NA
1987	5,04	NA	NA	NA	NA
1988	6,38	NA	NA	NA	NA
1989	5,55	NA	NA	NA	NA
1990	6,50	NA	NA	NA	NA
1991	5,70	NA	NA	NA	NA
1992	5,80	NA	NA	NA	NA
1993	6,82	NA	NA	NA	NA
1994	6,46	NA	NA	NA	NA
1995	5,44	39,0	40,0	8226	13797
1996	9,64	43,9	38,2	21887	13991
1997	6,01	36,5	37,2	13804	14285
1998	6,26	36,8	36,2	17970	14358
1999	6,89	36,1	35,4	13153	14461
2000	7,01	36,1	34,9	14839	14473
2001	4,66	29,5	34,8	8204	14702
2002	4,59	30,2	35,0	9126	15095
2003	6,58	35,0	35,5	12446	15678
2004	5,56	31,9	35,9	9194	16183
2005	9,07	43,5	36,4	33187	16901
2006	10,55	47,0	36,2	27499	17213
2007	5,66	31,8	36,0	14137	17426
2008	9,66	42,1	35,6	30709	17469
2009	7,48	37,6	35,5	19223	17747
2010	6,79	38,6	35,3	22404	17897
2011	8,38	39,2	35,2	22396	18055
2012	5,12	30,8	34,9	15872	18091
2013	5,69	32,1	34,8	14921	18408
2014	7,55	35,3	34,7	25833	18609

Annexe 11.6 Rivière Bayonne à Berthierville (05240001) (suite)

Rivière Bayonne à Berthierville (05240001)
Matières en suspension

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1985	1,3	0,33	3,6	0,90
1995 to 2003	-4,5	-0,56	-11	-1,40
2003 to 2012	-0,6	-0,07	-1,8	-0,20
1981 to 2012	-1,4	-0,04	-3,7	-0,12

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1985	27	6,8	0,21	0,053
1995 to 2003	1881	235	14	1,7
2003 to 2012	2413	268	15	1,7
1981 to 2012	5234	169	41	1,3

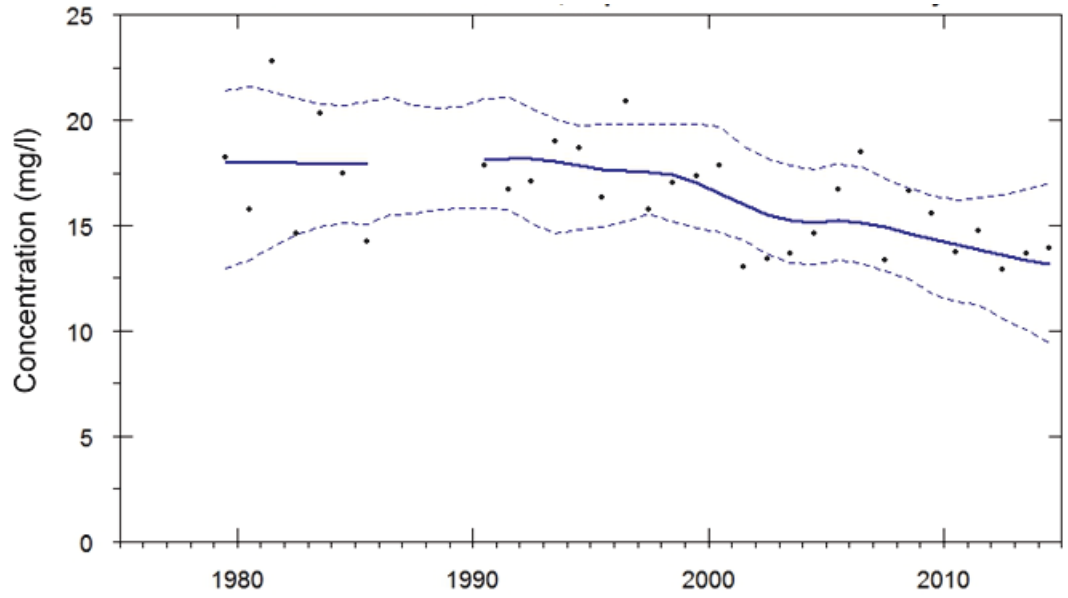
Bayonne 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-1	5849
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,81	0,51
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	41,2	73,8
Baisse (%)	58,8	26,2

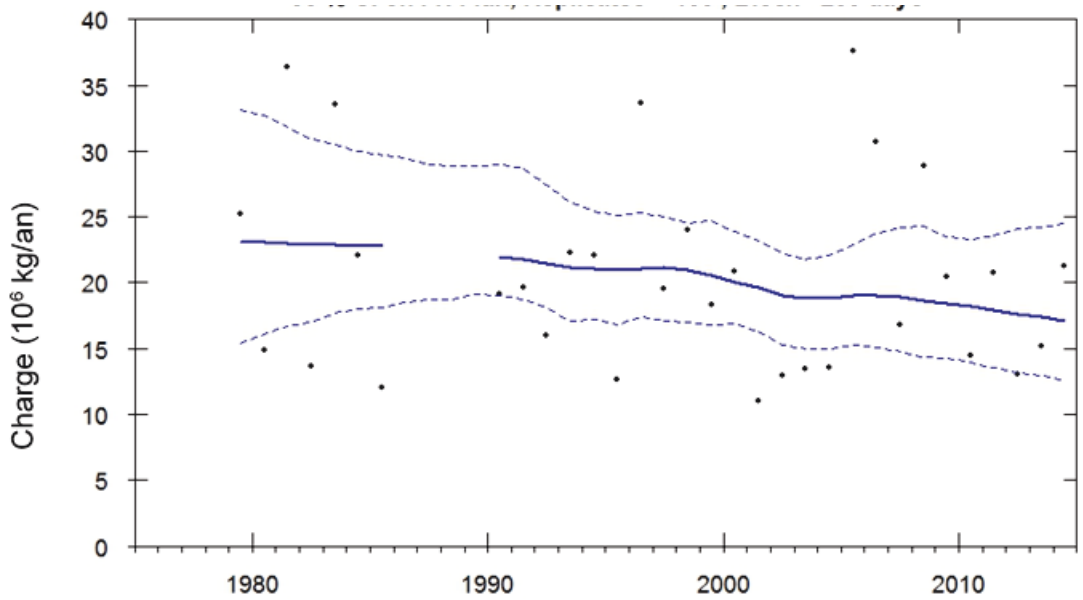
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003) (suite)

Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	22,8	18,2	18,0	25175	23113
1980	17,7	15,7	18,0	14866	23039
1981	29,2	22,8	18,0	36338	22973
1982	14,7	14,6	17,9	13609	22911
1983	26,8	20,3	17,9	33555	22865
1984	19,2	17,5	17,9	22098	22829
1985	13,9	14,2	18,0	12028	22819
1986	20,5	NA	NA	NA	NA
1987	15,1	NA	NA	NA	NA
1988	21,0	NA	NA	NA	NA
1989	19,3	NA	NA	NA	NA
1990	20,5	17,9	18,1	19078	22010
1991	19,0	16,7	18,2	19685	21723
1992	18,3	17,1	18,1	16033	21454
1993	22,7	19,0	18,0	22303	21196
1994	22,4	18,7	17,8	22101	21085
1995	17,4	16,3	17,7	12632	21002
1996	29,9	20,9	17,6	33602	21066
1997	18,3	15,8	17,6	19574	21125
1998	18,9	17,0	17,4	23952	20971
1999	21,4	17,3	17,0	18283	20579
2000	21,7	17,9	16,5	20894	20032
2001	14,4	13,0	16,0	10986	19594
2002	13,6	13,4	15,5	12897	19047
2003	20,2	13,7	15,2	13460	18817
2004	18,3	14,6	15,1	13560	18791
2005	28,8	16,7	15,2	37549	19048
2006	32,3	18,5	15,1	30663	19037
2007	17,5	13,4	14,9	16776	18899
2008	29,8	16,7	14,6	28908	18605
2009	21,8	15,5	14,4	20458	18456
2010	21,0	13,8	14,1	14479	18199
2011	25,3	14,8	13,9	20720	17935
2012	18,0	12,9	13,6	13070	17587
2013	19,6	13,7	13,4	15221	17410
2014	25,2	13,9	13,1	21270	17147

Annexe 11.7 Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003) (suite)

Rivière Maskinongé, au sud de Maskinongé (05260003)
Matières en suspension

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	0,2	0,02	1	0,1
1991 to 2001	-2,1	-0,21	-12	-1,2
2001 to 2012	-2,5	-0,22	-15	-1,4
1981 to 2012	-4,4	-0,14	-24	-0,79

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-1249	-125	-5,4	-0,54
1991 to 2001	-2129	-213	-9,8	-0,98
2001 to 2012	-2008	-183	-10	-0,93
1981 to 2012	-5386	-174	-23	-0,76

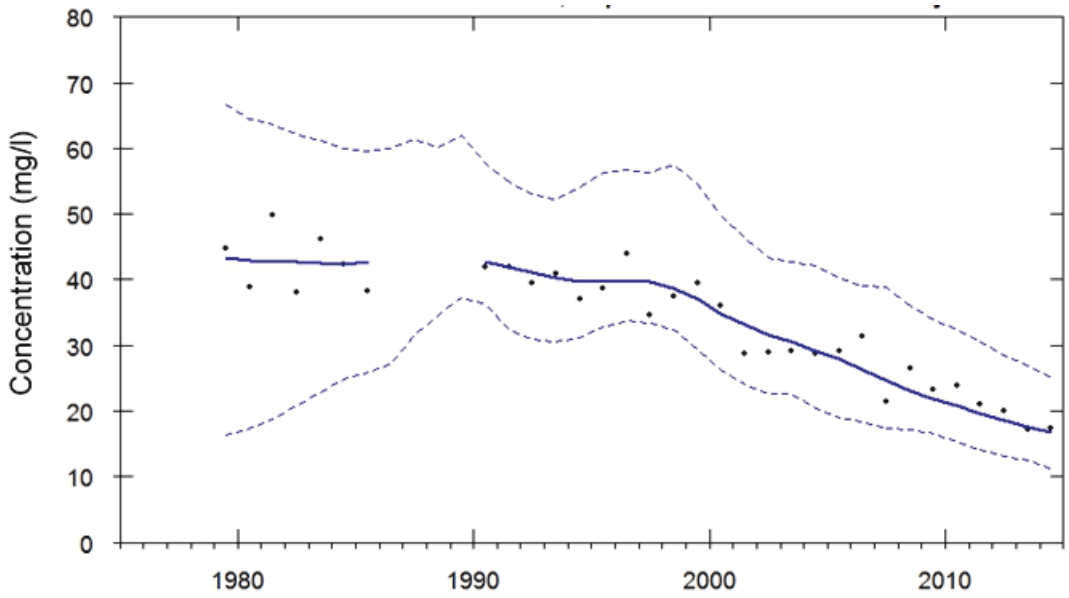
Maskinongé 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit

Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-5	-5891
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,22	0,43
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	11,2	21,2
Baisse (%)	88,8	78,8

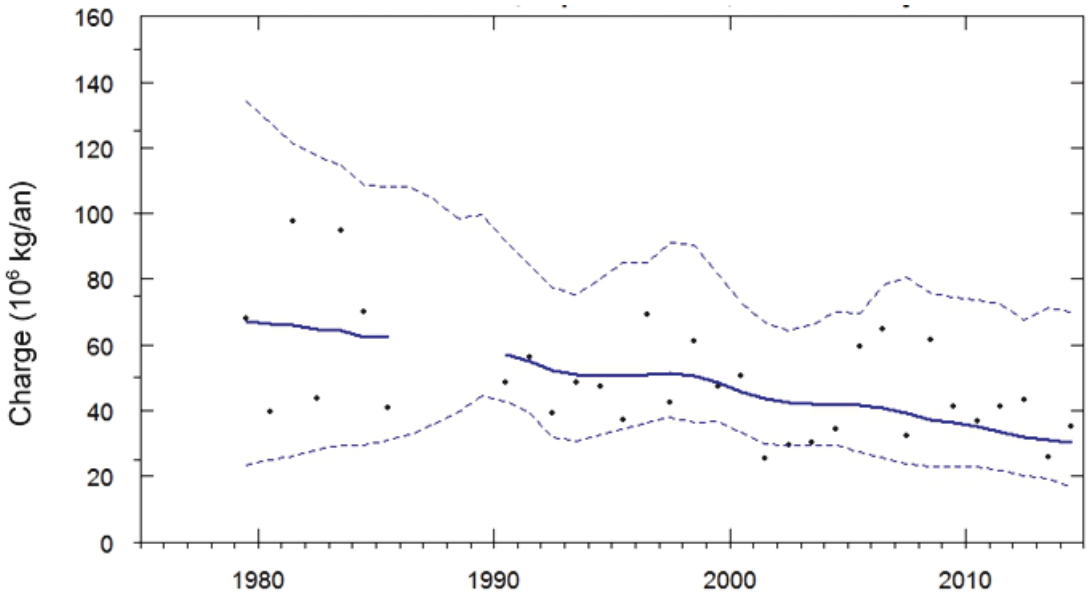
1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 11.8 Rivière du Loup, à Louiseville (05280001)

Concentrations moyennes annuelles **(points)** et concentrations pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Charges moyennes annuelles **(points)** et charges pondérées par le débit **(trait bleu)** de MES avec intervalle de confiance à 90 %



Annexe 11.8 Rivière du Loup, à Louiseville (05280001) (suite)

Rivière du Loup à Louiseville (05280001)
Matières en suspension

Année	Débit	Conc	Conc PD	Charge	Charge PD
	m^3/s	mg/L		10^3 kg/an	
1979	28,2	44,8	43,3	67923	67310
1980	22,0	38,9	43,0	39669	66494
1981	36,3	49,8	42,8	97607	65769
1982	19,1	38,2	42,6	43845	64783
1983	32,6	46,2	42,6	94870	64150
1984	26,2	42,3	42,4	69865	62365
1985	19,5	38,2	42,7	40938	62405
1986	27,1	NA	NA	NA	NA
1987	17,9	NA	NA	NA	NA
1988	26,3	NA	NA	NA	NA
1989	24,0	NA	NA	NA	NA
1990	24,4	42,0	42,6	48331	57232
1991	25,7	41,9	42,0	56425	54852
1992	22,8	39,4	41,0	39279	52206
1993	25,9	40,9	40,2	48673	50852
1994	27,6	37,1	39,8	47401	50394
1995	22,0	38,7	39,7	37254	50563
1996	38,6	43,9	39,7	69190	50836
1997	24,2	34,6	39,7	42351	51261
1998	24,7	37,4	38,7	60995	50438
1999	27,1	39,5	37,0	47457	48424
2000	27,4	36,0	34,9	50560	45741
2001	18,4	28,8	33,1	25541	43841
2002	16,7	28,9	31,6	29637	42472
2003	22,8	29,2	30,5	30435	42152
2004	24,4	28,7	29,2	34363	41624
2005	32,4	29,2	27,9	59330	41540
2006	41,0	31,4	26,3	64632	40769
2007	22,5	21,5	24,7	32227	39276
2008	41,8	26,5	23,1	61424	37309
2009	28,1	23,2	21,9	41037	36240
2010	28,2	23,8	20,7	36668	34974
2011	35,1	20,9	19,6	41293	33604
2012	24,8	20,1	18,5	43266	32025
2013	25,2	17,1	17,6	25797	31229
2014	30,3	17,3	16,8	35272	30195

Annexe 11.8 Rivière du Loup, à Louiseville (05280001) (suite)

Rivière du Loup à Louiseville (05280001)
Matières en suspension (MES)

Tendances des concentrations

Période	Variation mg/L	Taux mg/L/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-0,8	-0,08	-2	-0,2
1991 to 2001	-8,9	-0,89	-21	-2,1
2001 to 2012	-15	-1,30	-44	-4,0
1981 to 2012	-24	-0,78	-57	-1,8

Tendances des charges

Période	Variation 10^3 kg	Taux 10^3 kg/an	Variation %	Taux %/an
1981 to 1991	-10917	-1092	-17	-1,7
1991 to 2001	-11011	-1101	-20	-2,0
2001 to 2012	-11815	-1074	-27	-2,5
1981 to 2012	-33744	-1089	-51	-1,7

Du Loup 1979-2014 : tendances des concentrations et des charges de matières en suspension pondérées par le débit		
Test WRTDS Bootstrap	Concentrations mg/l	Charges 10^3 kg/an
Variation (mg/l)	-26	-36300
Test d'hypothèse:		
Ho : Tendance = 0	**Acceptée**	**Acceptée**
Probabilité	0,19	0,43
Vraisemblance[1] :		
Hausse (%)	9,8	20,7
Baisse (%)	90,2	79,3

1 : Probabilité (%)	CODES	Description
≥ 95 à ≤ 100	HP	hautement probable
≥ 90 à < 95	TP	très probable
≥ 66 à < 90	P	probable
> 33 à < 66	API	aussi probable qu'improbable
> 10 à ≤ 33	I	improbable
> 5 à ≤ 10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 5	HI	hautement improbable

Annexe 12 Évolution temporelle 1979-2014 des concentrations saisonnières de phosphore total de la rivière Yamaska estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90)

Annexe 12.1 Concentrations hivernales

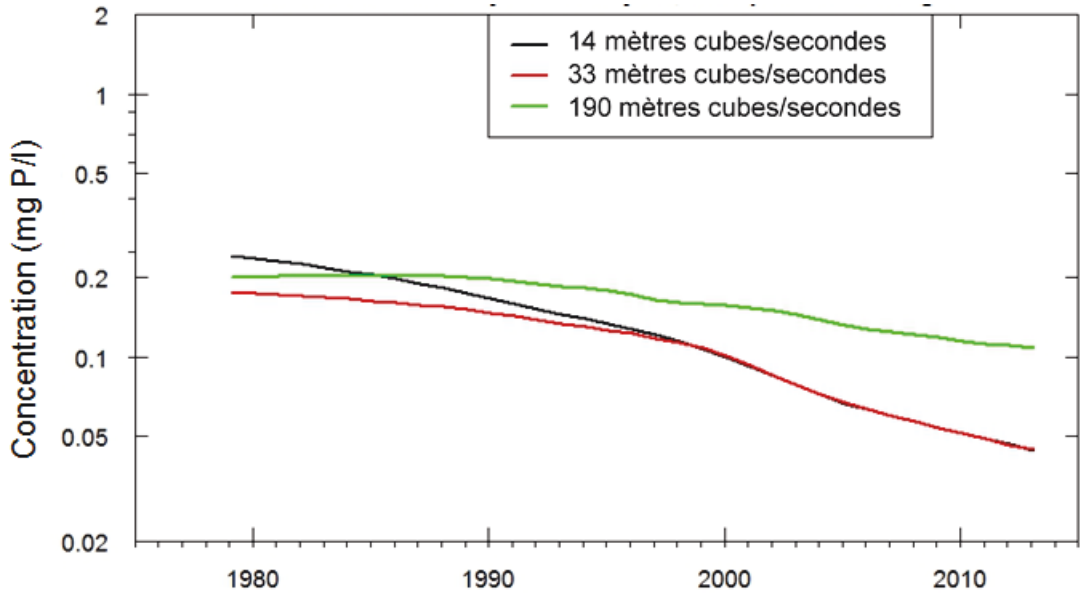
Annexe 12.2 Concentrations printanières

Annexe 12.3 Concentrations estivales

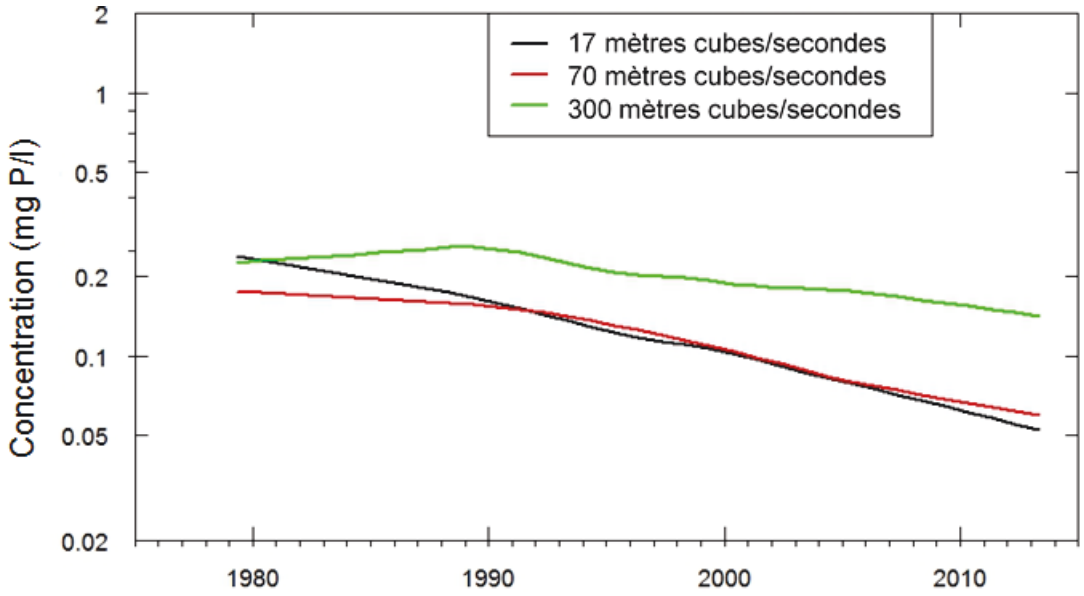
Annexe 12.4 Concentrations automnales

Annexe 12 Évolution temporelle 1979-2014 des concentrations saisonnières de phosphore total de la rivière Yamaska estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90)

Annexe 12.1 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023)
Évolution des concentrations hivernales de phosphore total estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90)

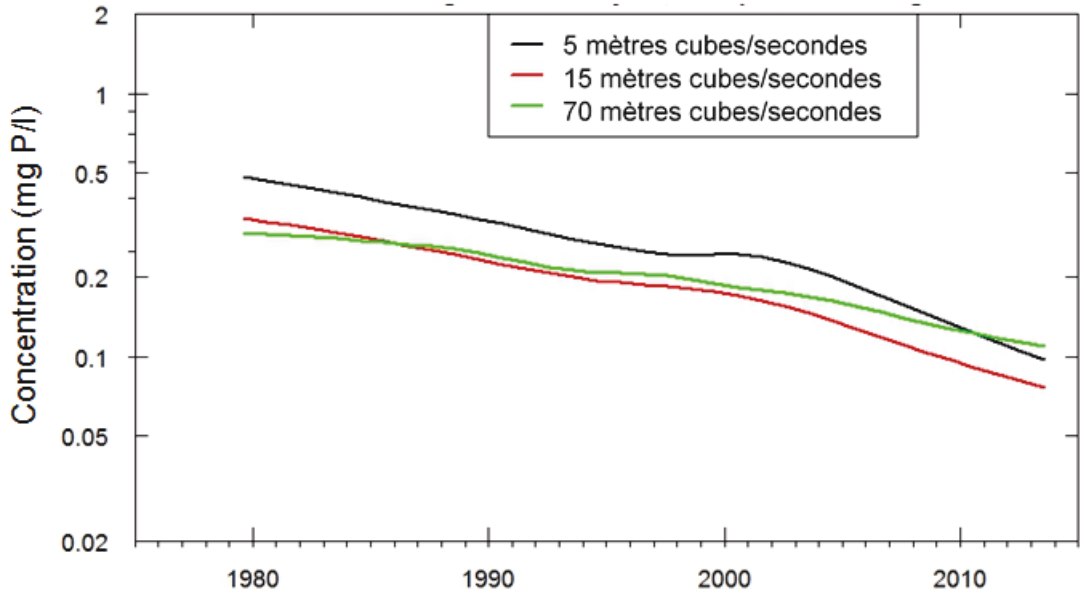


Annexe 12.2 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023)
Évolution des concentrations printanières de phosphore total estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90)

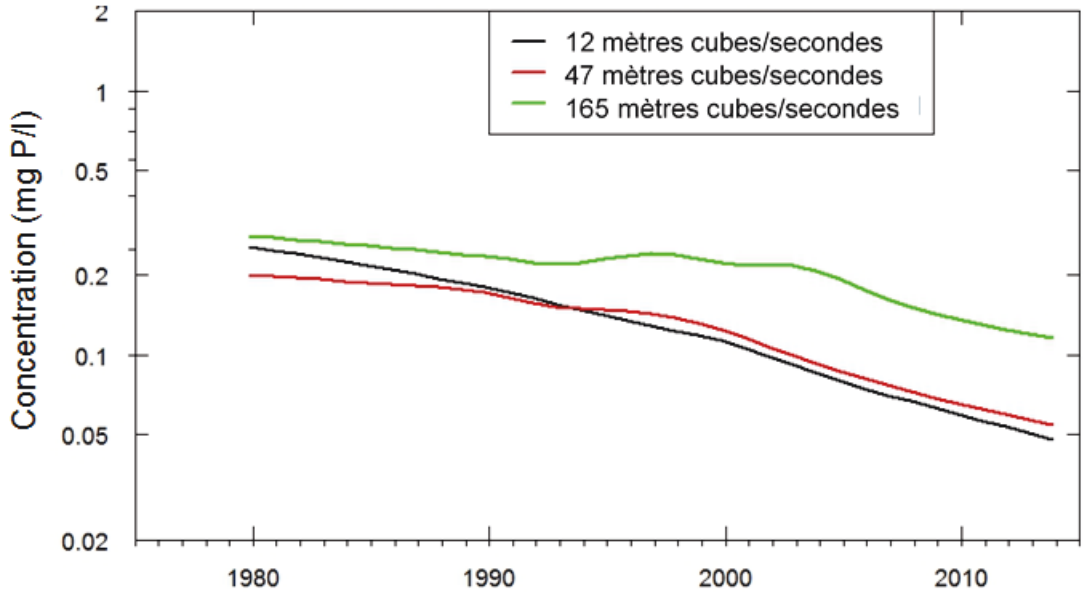


Annexe 12 Évolution temporelle 1979-2014 des concentrations saisonnières de phosphore total de la rivière Yamaska estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90) (suite)

Annexe 12.3 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023)
Évolution des concentrations estivales de phosphore total estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90)



Annexe 12.4 Rivière Yamaska, à Yamaska (03030023)
Évolution des concentrations automnales de phosphore total estimées pour trois niveaux de débit (centiles 10, 50 et 90)



Annexe 13 Évolution de la relation concentration de phosphore total – débit des tributaires du lac Saint-Pierre par saison et par intervalles de 10 ans

Annexe 13.1 Rivière Richelieu

Annexe 13.2 Rivière Yamaska

Annexe 13.3 Rivière Saint-François

Annexe 13.4 Rivière Nicolet Sud-Ouest

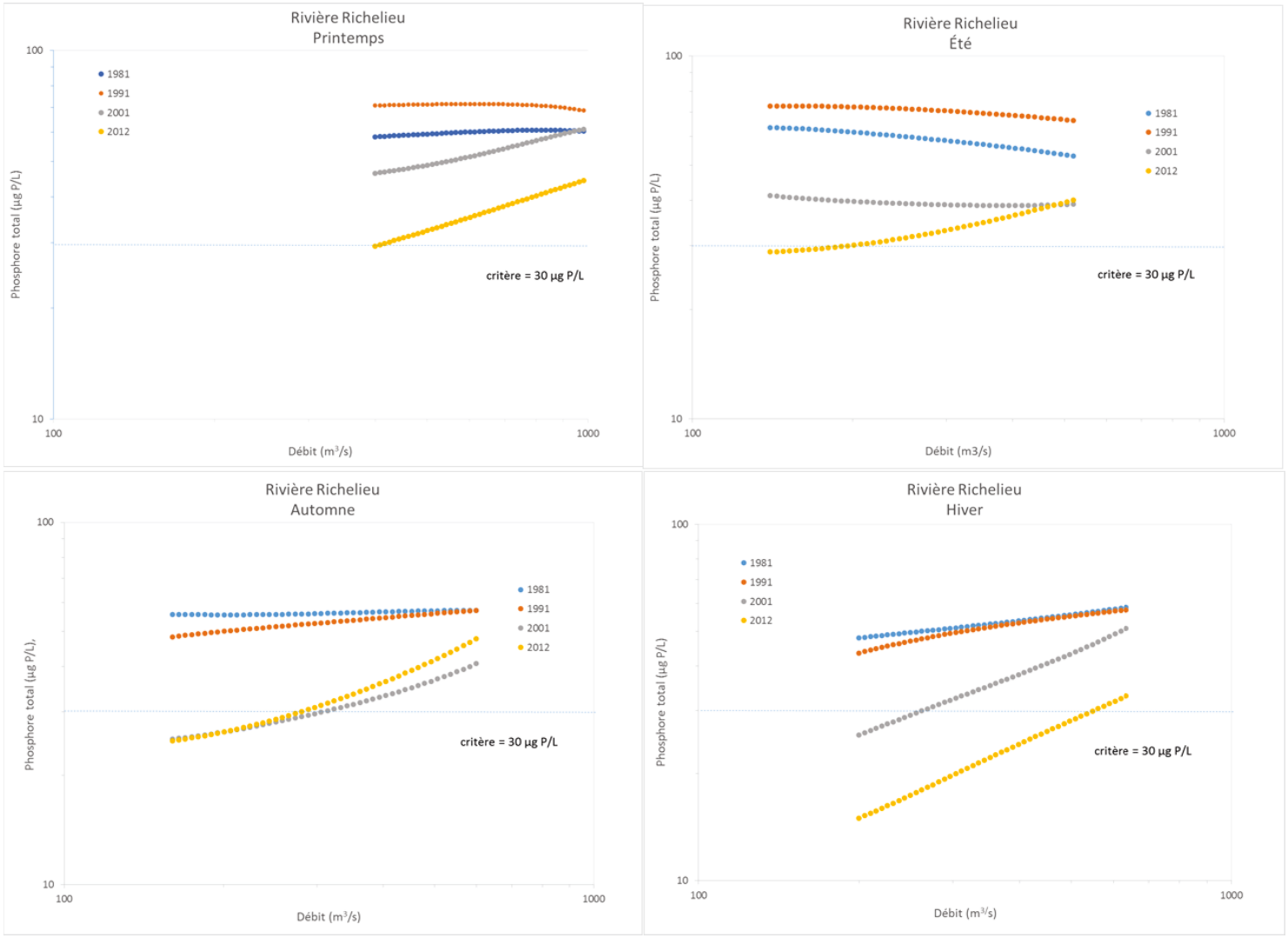
Annexe 13.5 Rivière Nicolet

Annexe 13.6 Rivière Maskinongé

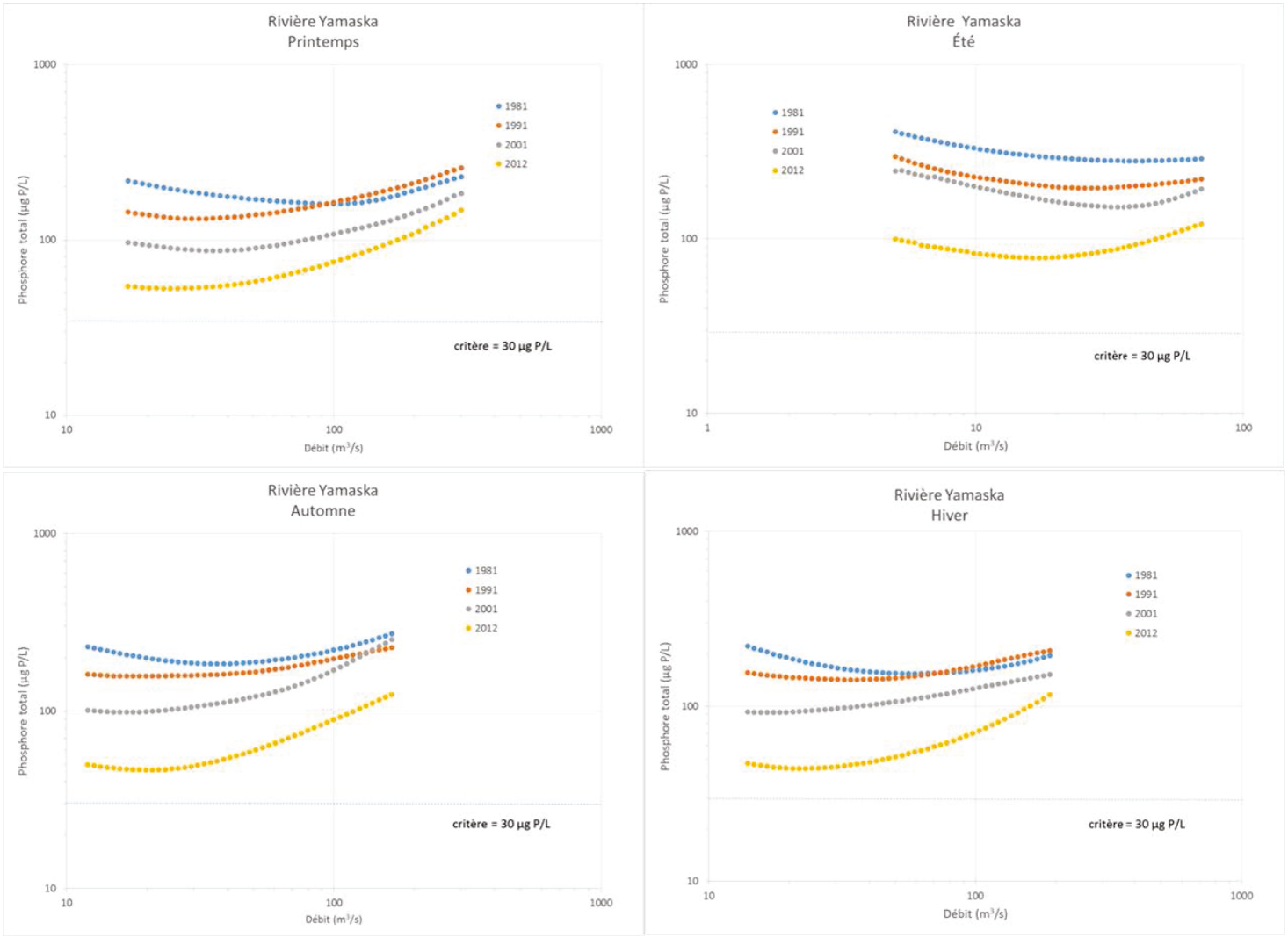
Annexe 13.7 Rivière du Loup

Annexe 13.8 Rivière Bayonne

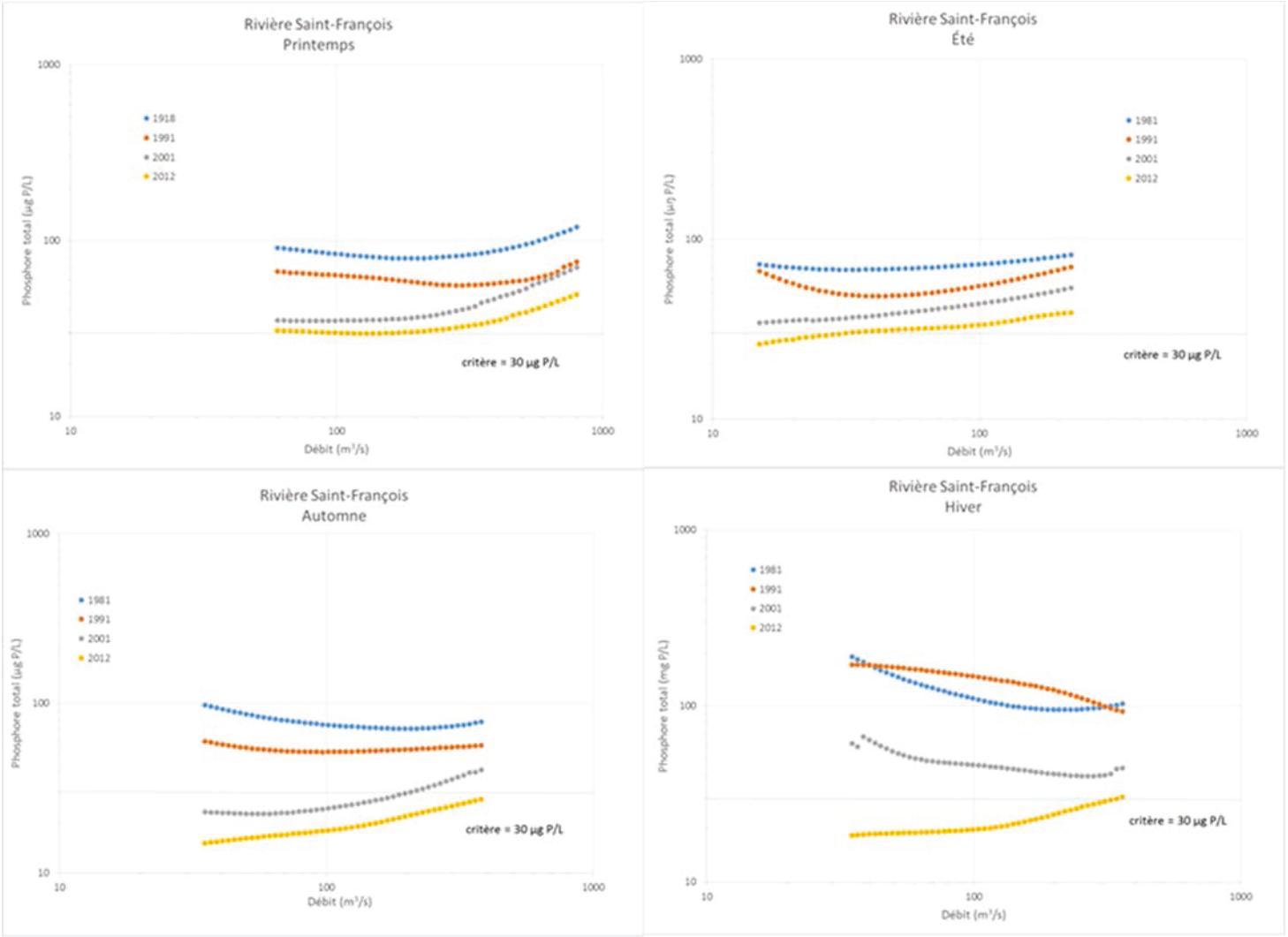
Annexe 13.1 Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière Richelieu à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



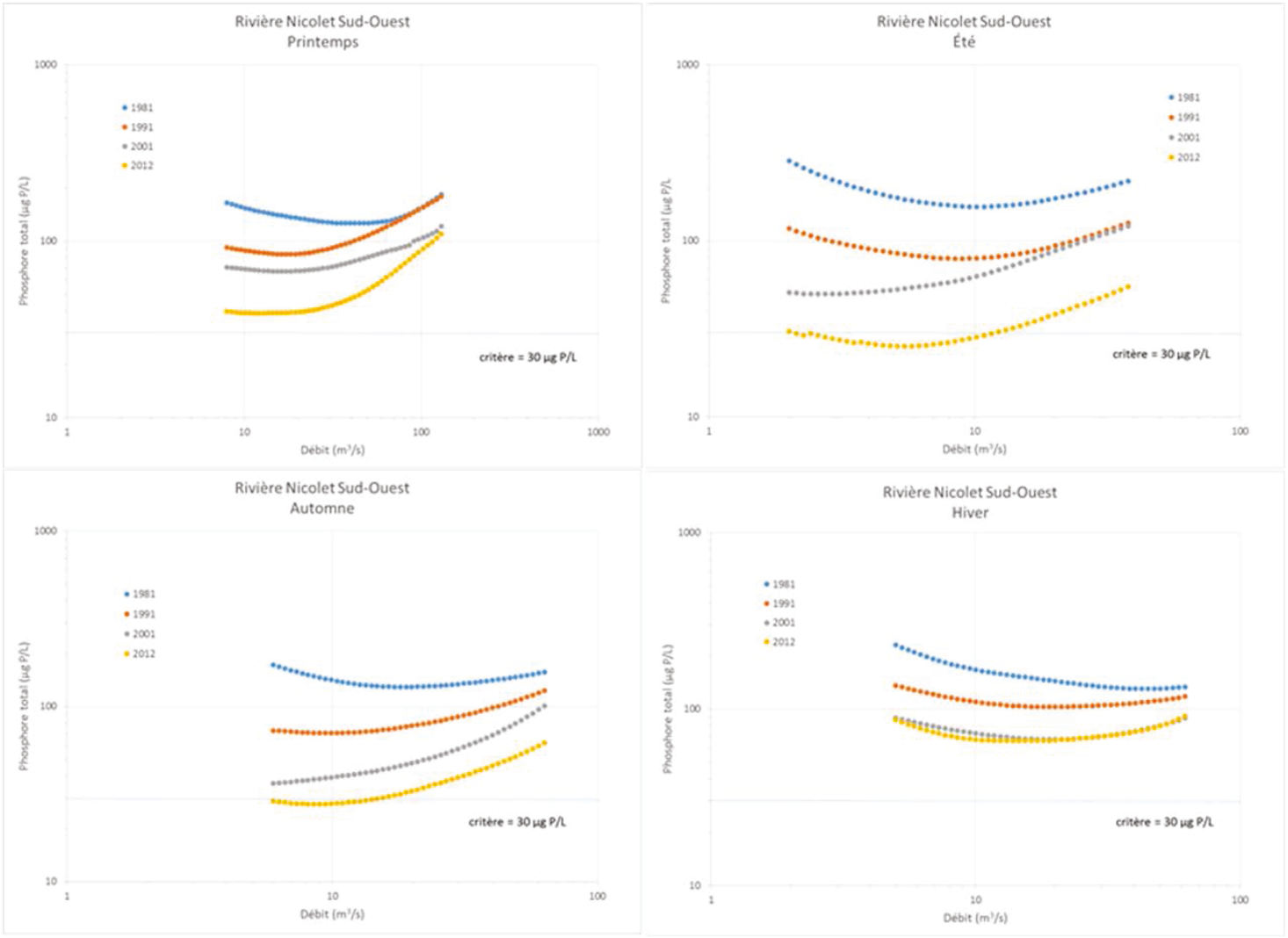
Annexe 13.2 Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière Yamaska à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



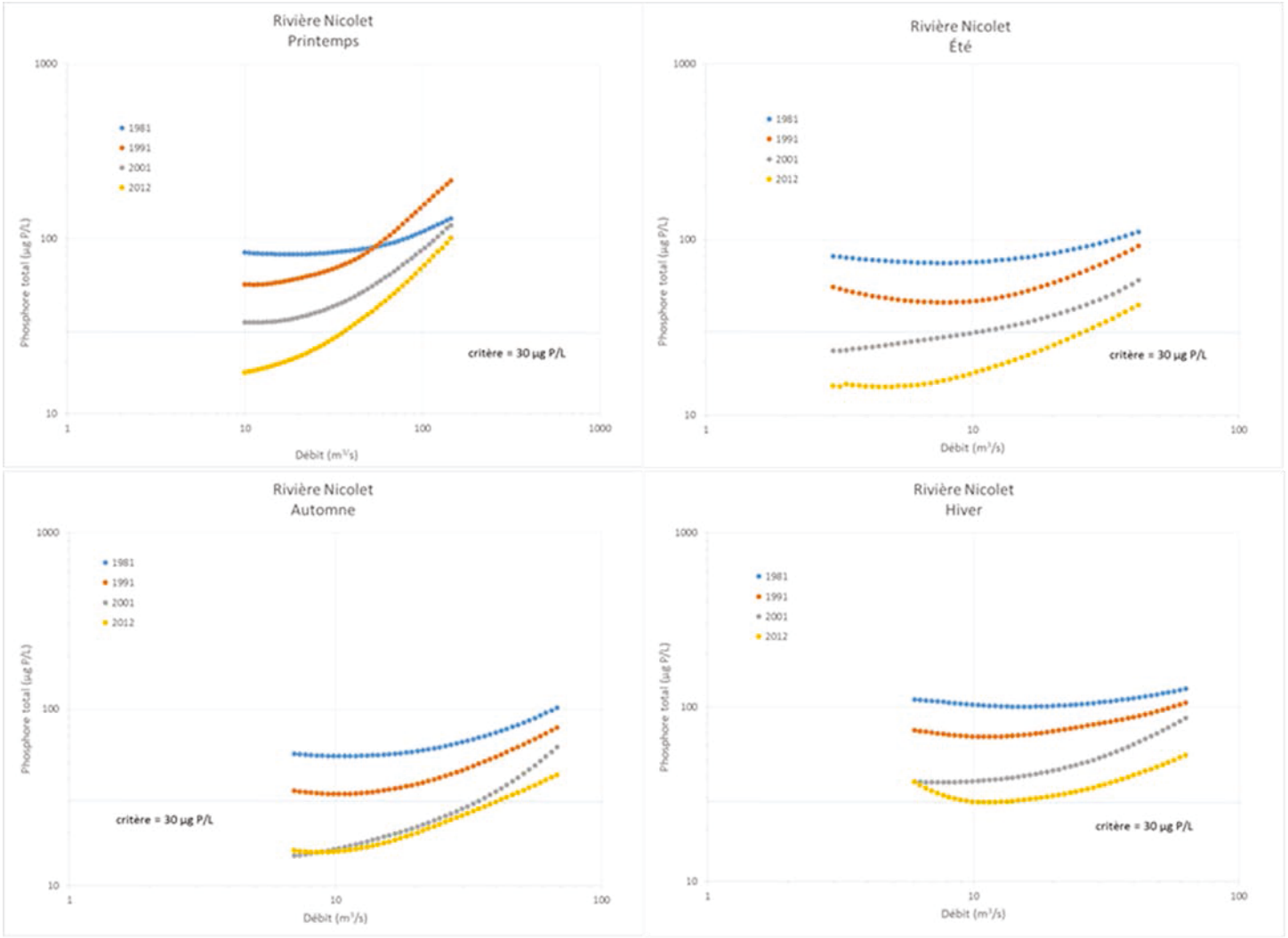
Annexe 13.3. Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière Saint-François à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



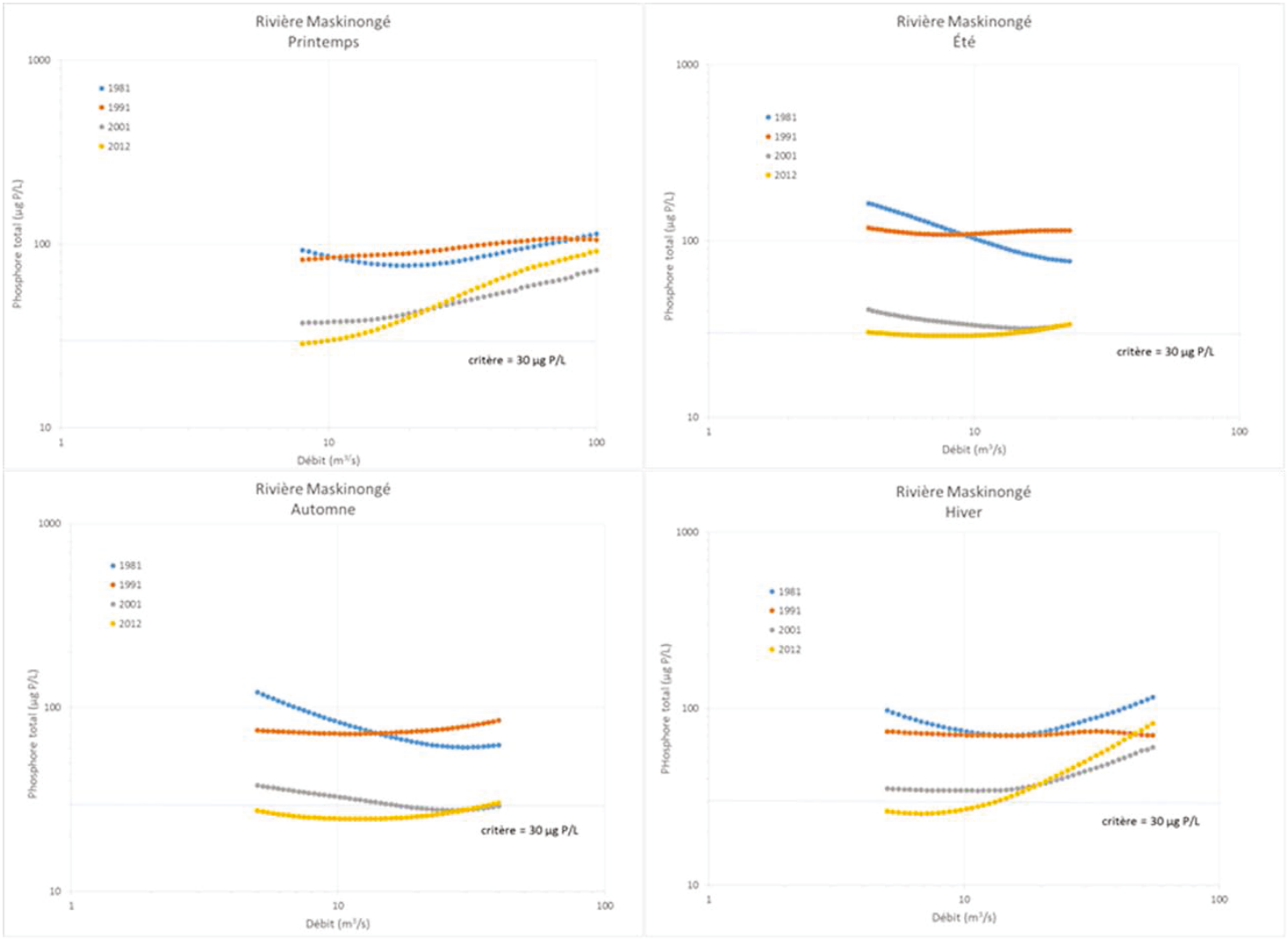
Annexe 13.4. Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière Nicolet Sud-Ouest à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



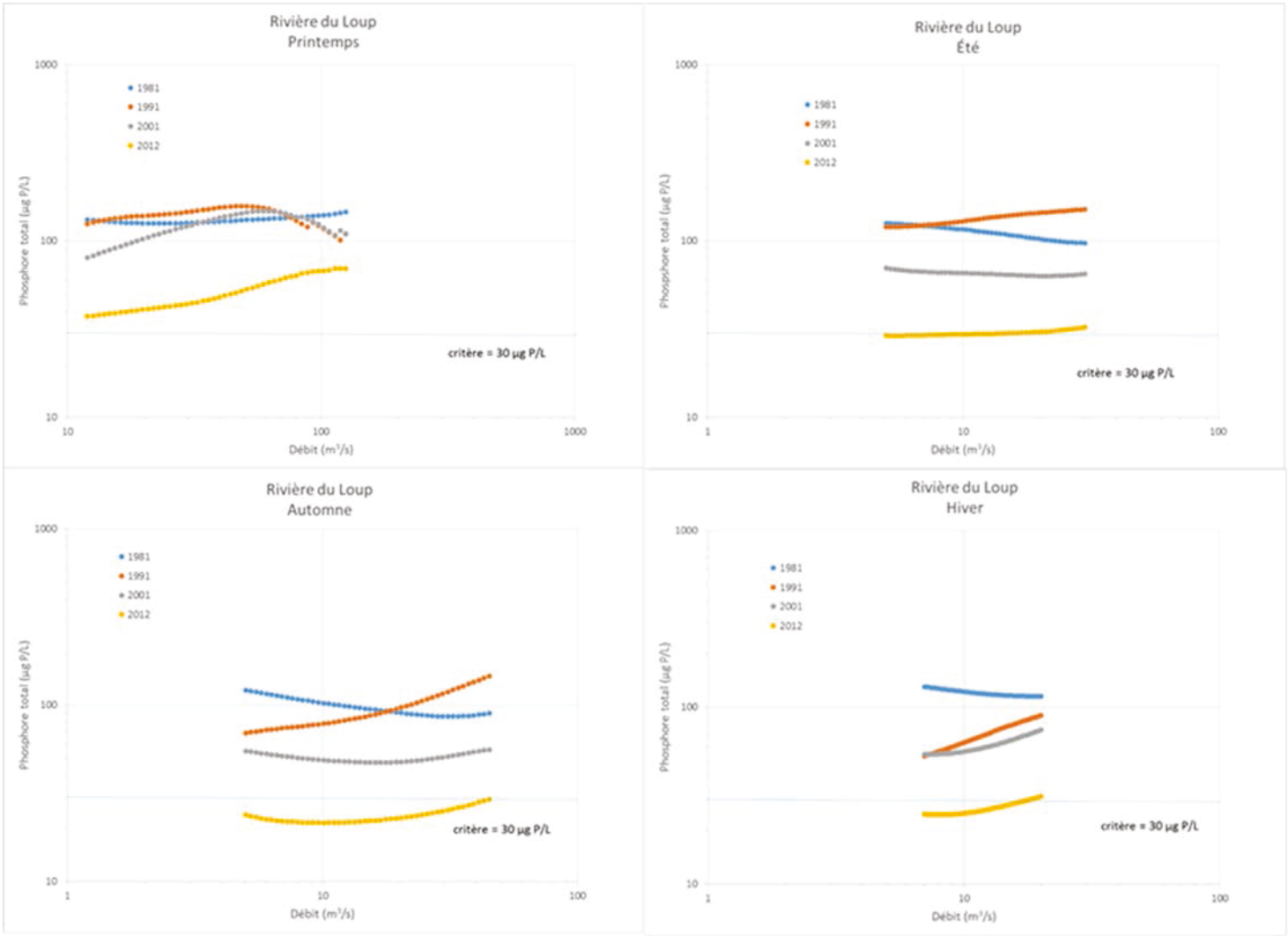
Annexe 13.5. Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière Nicolet à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



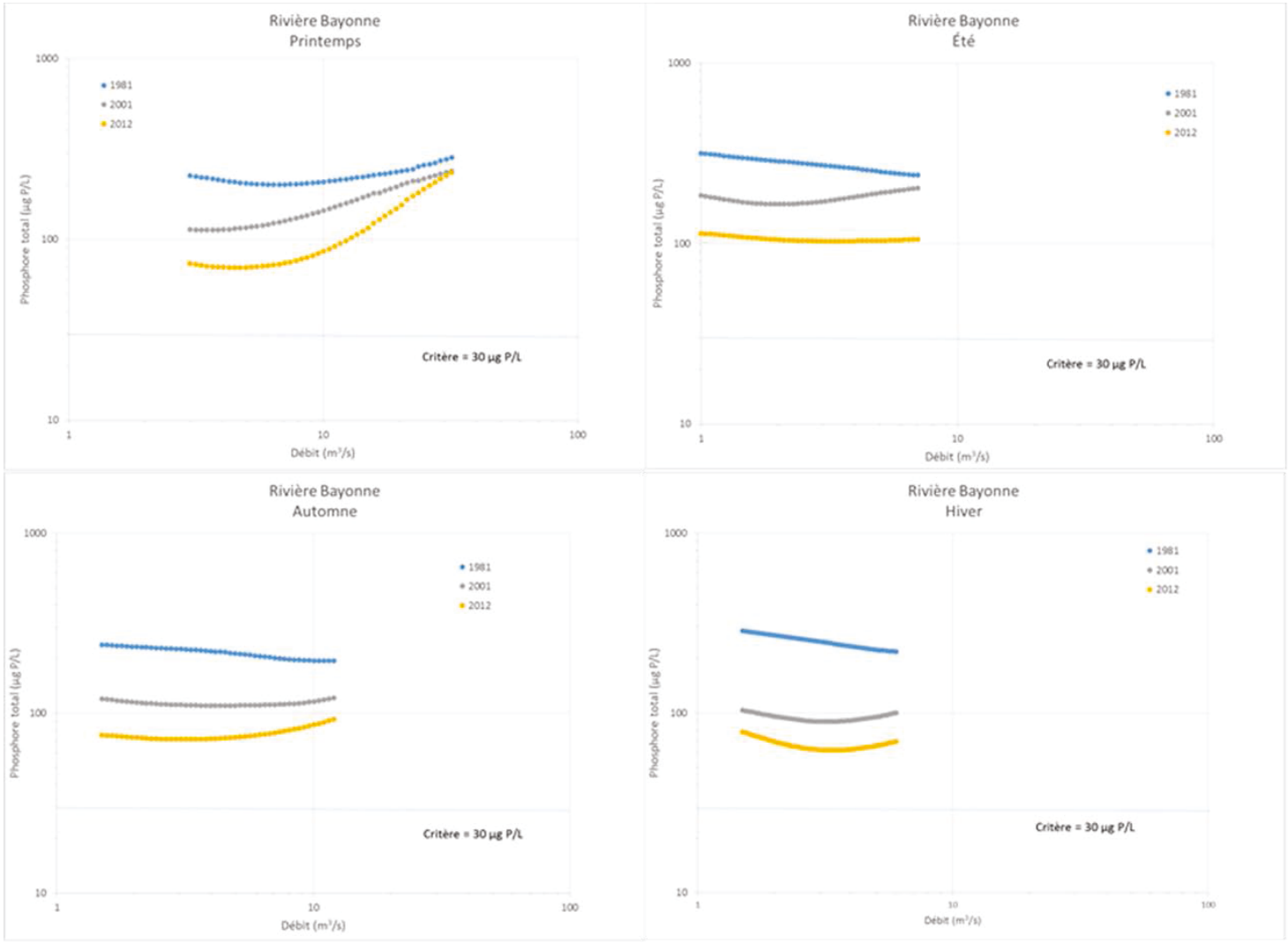
Annexe 13.6. Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière Maskinongé à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



Annexe 13.7. Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière du Loup à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



Annexe 13.8. Évolution temporelle de la relation concentration de phosphore total – débit de la rivière Bayonne à intervalles de 10 ans pour la plage des débits typiques (centiles 10 à 90) de chacune des saisons



Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Québec