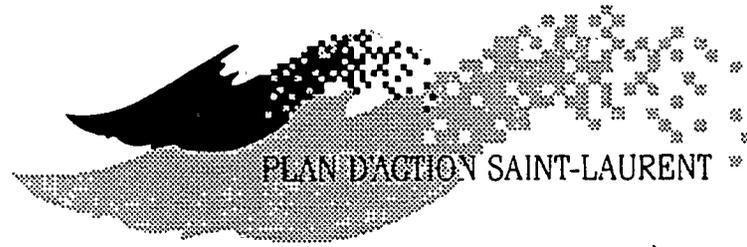


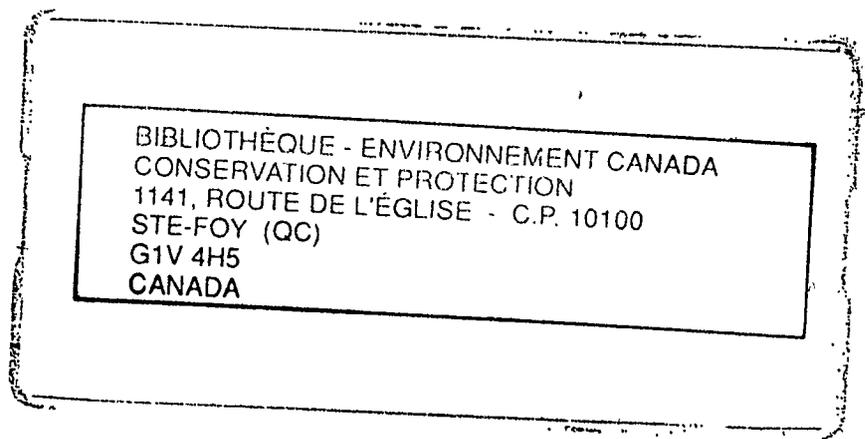
360 2058I



Rapport 3
Bilan des apports toxiques
et inventaire des usages du fleuve Saint-Laurent

Volume 3 - Secteur lac St-Pierre
ZIP 11

Rapport d'étude



FC
2759
.A3
B54
V.3

Rapport présenté dans le cadre du projet

FLEUVE SAINT-LAURENT:

Bilan sur les apports toxiques et les usages du fleuve Saint-Laurent

Soumis à:

-l'Institut National de la recherche Scientifique-Eau

-Centre Saint-Laurent

Février 1992



ÉQUIPE DE RÉALISATION

CENTRE SAINT-LAURENT¹ (Environnement Canada, Conservation et Protection)

Déléguée scientifique: Lynn Cleary, M.Sc.

Spécialistes: Jean Burton, Ph.D
Isabelle Goulet, Géo.
Aline Sylvestre, M.Sc.

ASSEAU inc. (Consultant)

Directeur de projet: Paul Boudreault, M.Sc.Eau, Mast., Bio.

Spécialistes: Pierre Desjardins, Géo.
Jacynthe Lareau, Agr.
Bernard Leblanc, Bio.
Nathalie Rondeau, M.Sc.Eau Bio.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - Eau¹

Responsable scientifique: Michel Leclerc, M.Sc., D.Ing., Ing. civ.

Révision: Guy Fortin, M.Sc.

¹ Partenaire d'une entente cadre.

PRÉAMBULE

Ce rapport rend compte en partie du projet:

FLEUVE SAINT-LAURENT - Bilan sur les apports toxiques et les usages du fleuve Saint-Laurent

Il fait partie d'une série d'ouvrages qui sera réalisée dans le cadre de ce projet. Afin de vous mettre au fait avec ces publications, nous vous en présentons la liste:

- Rapport 1 - Mise à jour et validation des données industrielles des 50 établissements prioritaires du Plan d'Action Saint-Laurent (PASL) (Rapport d'étude et annexes)
- Rapport 2 - Évaluation des apports de contaminants au fleuve Saint-Laurent en provenance des tributaires (Rapport d'étude et annexes)
- Rapport 3 - Bilan des apports toxiques et inventaire des usages du fleuve Saint-Laurent (Volumes 1 à 5)
- Rapport 4 - Guide de l'utilisateur, Système SGBD (Système de Gestion de Base de Données) - GIS (Geographical Information System)
- Rapport 5 - Manuel de conception, Système SGBD-GIS

Le rapport 3 est constitué d'un ensemble de cinq volumes. Les volumes 1 à 4 subdivisent le fleuve en quatre secteurs d'amont en aval, de Cornwall à l'extrémité est de l'île d'Anticosti, de manière à couvrir toutes les zones d'intérêt prioritaire (ZIP) du fleuve Saint-Laurent:

- Volume 1 - Secteur Cornwall-Beauharnois (ZIP 1 à 4) (Rapport d'étude et annexes)
- Volume 2 - Secteur Beauharnois-Lanoraie (ZIP 5 à 10) (Rapport d'étude et annexes)
- Volume 3 - Secteur lac Saint-Pierre (ZIP 11) - (Rapport d'étude *PRÉSENT DOCUMENT* et annexes)
- Volume 4 - Secteur Trois-Rivières à Québec (ZIP 12 à 14) (Rapport d'étude et annexes)
- Volume 5 - Synthèse des apports toxiques des sources majeures de contamination - Bilan pour le tronçon Cornwall-Québec (Bilan vol. 1 à 4) (Rapport d'étude)

Le présent document constitue le rapport d'étude du Bilan des sources de contamination et des usages du lac Saint-Pierre, alors que l'inventaire des usages est présenté dans le document annexe portant le même titre.



TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX	ix
AVERTISSEMENT AU LECTEUR.....	xii
RÉSUMÉ	xiii
1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIFS DES ANALYSES PAR TRONÇON	5
3. SECTEUR D'ÉTUDE LAC SAINT-PIERRE	6
4. APPORTS INDUSTRIELS	9
4.1 Méthode de calcul des charges industrielles	12
4.2 Estimation de l'imprécision sur le calcul des charges	12
4.3 Description des industries	13
4.3.1 Aciers Inoxydables Atlas , div. Sammi-Atlas inc. (no 25).....	13
4.3.2 Les Industries de Préservation du Bois (no 26)	14
4.3.3 Tioxide Canada inc. (no 27).....	15
4.3.4 QIT- Fer et Titane inc. (no 28)	15
4.4 Bilan des charges du secteur lac Saint-Pierre.....	17
4.5 Comparaison des charges industrielles	22
4.5.1 Méthode de calcul de l'indice de standardisation des charges de contaminants	23
4.5.2 Paramètres problématiques et appréciation de l'importance globale des effluents	25
4.6 Influence locale des rejets industriels sur les usages	27
5. APPORTS DES TRIBUTAIRES.....	32
5.1 Année de référence pour le bilan des tributaires	33
5.2 Méthode de calcul des charges	36
5.3 Calcul de la charge journalière moyenne annuelle.....	38
5.3.1 Exemple de calcul de la charge annuelle.....	40



5.4	Calcul des charges journalières printanière et estivale	44
5.4.1	Exemple de calcul des charges printanière et estivale.....	45
5.5	Estimation de l'imprécision sur l'évaluation de la charge	49
5.6	Bilan des apports des tributaires.....	51
5.6.1	Influence du débit sur les charges.....	51
5.6.2	Comparaison des charges	60
6.	APPORTS DES MUNICIPALITÉS	62
6.1	Méthodologie de calcul des charges municipales	63
6.2	Estimation de l'imprécision sur le calcul des charges	66
6.3	Évaluation des charges municipales sur le tronçon	66
7.	APPORTS FLUVIAUX	69
7.1	Méthodologie de calcul des charges fluviales	70
7.2	Estimation de l'imprécision sur l'évaluation des charges.....	75
7.3	Évaluation des charges fluviales.....	79
8.	COMPARAISON DES SOURCES MAJEURES DE CONTAMINATION.....	82
9.	INVENTAIRE DES USAGES	87
9.1	Définition des classes d'usage	89
9.2	Répartition des principaux usages par classe	91
9.2.1	La pêche commerciale	92
9.2.2	La pêche récréative	93
9.2.3	La pêche d'hiver.....	93
9.2.4	Les frayères	93
9.2.5	L'avifaune (migration)	99
9.2.6	L'avifaune (nidification)	100
9.2.7	Les activités aquatiques.....	100
9.2.8	Les activités nautiques.....	100
9.2.9	Les activités touristiques	100
9.2.10	La villégiature.....	101
9.2.11	La chasse et le piégeage	101
9.2.12	Les milieux protégés	101
9.2.13	Les prises d'eau potable	101



9.3	Vue synoptique des principaux usages	102
10.	RÉPARTITION DES USAGES SELON LES MASSES D'EAU	103
10.1	Description des masses d'eau.....	103
10.2	Répartition des usages selon les principales masses d'eau	109
11.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	113
12.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	121



LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Zone d'étude-Tronçon du lac Saint-Pierre (ZIP 11)	7
Figure 2 - Charges journalières des principaux contaminants industriels du lac Saint-Pierre (kg/d)	19
Figure 3 - Périodes de concentration homogène représentées sur l'hydrogramme de la rivière Yamaska à son embouchure pour l'année 1986 (débit en m ³ /s)	42
Figure 4 - Saisons printanière et estivale représentées sur l'hydrogramme de la rivière Yamaska à l'embouchure pour l'année 1986 (débit en m ³ /s)	46
Figure 5 - Hydrogrammes des débits à l'embouchure utilisés pour le calcul des charges en zinc, plomb, nickel, fer, manganèse, cadmium, chrome, et arsenic (m ³ /s)	52
Figure 6 - Hydrogrammes des débits à l'embouchure utilisés pour le calcul des charges en cuivre (m ³ /s)	54
Figure 7 - Charge annuelle des tributaires du lac Saint-Pierre pour quatre métaux (sur une base journalière, en kg/d)	56
Figure 8 - Profil bathymétrique du fleuve Saint-Laurent et localisation des stations de mesures de qualité de l'eau au transect de Lanoraie	71
Figure 9 - Bilan de charge pour les trois métaux de référence des quatre principales sources de contamination du lac Saint-Pierre	86
Figure 10 - Usages du milieu faunique	95
Figure 11 - Usages du milieu humain	97
Figure 12 - Principales masses d'eau	107

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Paramètres analysés pour les industries du tronçon lac Saint-Pierre	11
Tableau 2 - QIT-Fer et Titane, réajustement de l'échantillonnage du MENVIQ de août 1986 suite à l'augmentation de 29% de la production	16
Tableau 3 - Charges journalières des principaux toxiques rejetés par trois établissements prioritaires du tronçon lac Saint-Pierre.....	18
Tableau 4 - Bilan des charges en contaminants rejetés par les trois industries du secteur du lac Saint-Pierre	21
Tableau 5 - Indices de standardisation des rejets industriels du lac Saint-Pierre.....	26
Tableau 6 - Valeur de dilution des effluents industriels à 300 mètres du point de rejet	30
Tableau 7 - Dépassement des critères de qualité de l'eau pour la vie aquatique (toxicité chronique) après une dilution de l'effluent de 100.....	31
Tableau 8 - Année de référence pour le calcul des charges des tributaires	34
Tableau 9 - Module annuel (m ³ /s) sur la période 1980 à 1988 pour les rivières Richelieu, Saint-François et Yamaska.....	35
Tableau 10 - Superficie des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre à l'embouchure, à la station de qualité et à la station de débit.....	37
Tableau 11 - Détermination des périodes de concentration homogène pour la rivière Yamaska	41
Tableau 12 - Calcul des débits moyens à l'embouchure de la rivière Yamaska par période d'échantillonnage	42
Tableau 13 - Charges minimale et maximale en cuivre par période d'échantillonnage pour la rivière Yamaska	43
Tableau 14 - Valeurs corrigées des débits moyens printanier et estival (m ³ /s) en fonction de la superficie du bassin versant.....	47
Tableau 15 - Évaluation des concentrations moyennes et des charges minimale et maximale en cuivre pour le printemps et l'été	48
Tableau 16 - Imprécision totale sur les charges des tributaires du lac Saint-Pierre.....	50



Tableau 17 -Comparaison des débits utilisés dans le calcul des charges en nickel, zinc, plomb, fer, manganèse, cadmium, chrome et arsenic	52
Tableau 18 -Comparaison des débits utilisés dans le calcul des charges en cuivre.....	53
Tableau 19 -Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois périodes: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (page 1 de 3)	57
Tableau 19 -Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois périodes: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (page 2 de 3)	58
Tableau 19 -Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois périodes: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (page 3 de 3)	59
Tableau 20 -Valeurs de référence pour le calcul des charges municipales en métaux	65
Tableau 21- Charges municipales en métaux (Zn,Cu,Pb) pour le tronçon lac Saint-Pierre.....	68
Tableau 22 -Données brutes en Cu, Zn et Pb pour les trois stations de la section de jaugeage de Lanoraie (1986).....	70
Tableau 23 -Débits moyens mensuels du fleuve à la hauteur de Sorel (excluant le Richelieu) pour l'année 1986	72
Tableau 24 -Regroupement des données de concentration en cuivre pour les deux événements hydrologiques (1986).....	72
Tableau 25 -Charge en cuivre pour les trois stations du transect de Lanoraie pour l'année 1986.....	74
Tableau 26 -Charges journalières moyennes des principaux contaminants des trois stations du transect de Lanoraie	75
Tableau 27 -Estimation de la variabilité verticale de la qualité de l'eau (1985) pour les trois stations du réseau de Lanoraie.....	76
Tableau 28 -Pourcentage d'imprécision associée à la charge fluviale des différents métaux lourds analysés	79
Tableau 29 -Apports fluviaux à la section de jaugeage Lanoraie en 1986.....	80
Tableau 30 -Débits moyens mensuels fluviaux (à Sorel) pour les années 1981 à 1986	81
Tableau 31 -Pourcentage des apports totaux et locaux de contaminants au lac Saint-Pierre.....	82

Tableau 32 -Bilan synthèse des quatre principales sources de contamination du lac Saint-Pierre pour les trois métaux de référence.....	85
Tableau 33 -Répartition des usages par classe pour la ZIP 11 (lac Saint-Pierre).....	91
Tableau 34 -Type et nombre de frayères recensées pour la ZIP 11 (lac Saint-Pierre).....	94
Tableau 35 -Type et nombre d'haltes migratoires recensées pour le secteur lac Saint-Pierre.....	99
Tableau 36 -Description des principales masses d'eau	105
Tableau 37 -Répartition et superficie (km2 et % dans la classe) des usages selon les principales masses d'eau	110
Tableau 38 -Rapport des recouvrements spatiaux entre les masses d'eau et les usages.....	112



AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Ce document renferme une compilation des données historiques portant sur les sources de contamination du fleuve Saint-Laurent (tributaires, industries, municipalités, corridor fluvial). Cette compilation permet de ramener les données sur une base comparable afin d'évaluer en termes de charges en contaminants les apports relatifs en provenance de chaque source de contamination. Dans l'interprétation des résultats, il est important que le lecteur prenne en compte le niveau d'imprécision qui affecte les estimations de charges en contaminants.

Considérant uniquement l'imprécision associée aux mesures de base (débit, concentration), une imprécision minimale de 25% peut être imputée aux estimations de charge. Il est également possible que d'autres sources d'imprécisions telles que l'extrapolation de données de débit et de qualité de même que la variabilité des données de qualité (variabilité verticale et horizontale dans la masse d'eau, la variabilité saisonnière ou autres), viennent s'ajouter à cette imprécision. Cependant, ces dernières sources d'imprécisions sont difficilement quantifiables et pour cette raison, elles ont été prises en compte de façon plus ou moins complète et arbitraire selon le cas d'évaluation. Dans cette étude, les valeurs globales d'imprécision sont indiquées pour chaque valeur de charge estimée.

Pour établir l'année de référence 1989, compte tenu de l'état des données historiques de base, des mesures effectuées sur des années antérieures ont dû être utilisées. Ces estimations ne nous permettent pas de tenir compte des effets de variation inter-annuelle du module hydrologique, ni des variations des sources de contamination de chaque tributaire ayant pu survenir entre l'année d'évaluation sélectionnée et l'année de référence 1989. Ce commentaire ne s'applique pas aux sources industrielles pour lesquelles un effort de validation particulier a été apporté.

Il faut garder à l'esprit que malgré les carences de représentativité des données historiques utilisées, seules ces dernières nous permettent d'obtenir **la meilleure image possible de la situation de contamination du fleuve pour l'année 1989.**

RÉSUMÉ

La région du lac Saint-Pierre forme la zone d'intérêt prioritaire n° 11 telle que définie par le Plan d'Action Saint-Laurent (PASL). Ce tronçon du fleuve Saint-Laurent reçoit des contaminants via quatre sources majeures de contamination qui sont dans un ordre décroissant d'importance en termes de charge: les eaux fluviales provenant de l'amont, les tributaires, les rejets liquides des industries prioritaires du PASL et les eaux usées des municipalités riveraines. Les tributaires sont au nombre de neuf: six sur la rive nord et trois sur la rive sud. Pour sept de ces tributaires, on dispose de données de caractérisation au niveau de la qualité de l'eau. Quatre industries prioritaires sont localisées dans ce secteur: les Aciers Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas inc.; Tioxide Canada inc.; QIT-Fer et Titane inc; et enfin, les Industries de Préservation du Bois ltée.

Afin de comparer les apports de contaminants en provenance des quatre principales sources de contamination à l'an 1 du PASL (année 1989), trois métaux de référence communs aux quatre sources majeures ont été retenus, soit le cuivre, le zinc et le plomb. Sur cette base, la source de contamination la plus importante dans ce tronçon est l'apport fluvial qui transporte en moyenne 51% des charges en métaux. Ces charges proviennent surtout de la partie centrale du fleuve qui en véhicule de 75 à 83%. La charge la plus importante à ce niveau est en zinc, suivi du cuivre et du plomb. Il est important de mentionner que l'estimation de ces charges comporte une imprécision de 45 à 85% selon le paramètre considéré.

La deuxième source en importance est l'apport des tributaires avec une moyenne des charges en métaux de 41%. Sur une base annuelle et estivale, la rivière Richelieu domine pour les apports en métaux (charge journalière) alors qu'au printemps, la Saint-François est la plus importante. La dominance de la période du printemps est mise en évidence par rapport aux périodes annuelle et estivale puisque la charge journalière au printemps est toujours plus importante que celles des autres périodes. On doit cependant tenir compte du fait que les calculs de charges saisonnières se font souvent avec très peu de valeurs de concentration disponibles. De plus, le débit joue un rôle de premier plan dans le calcul des charges en métaux. En effet, les rivières avec les débits les plus importants sont celles qui dominent au niveau de l'apport en métaux. La charge la plus importante est celle en cuivre suivie du zinc et du plomb qui comporte de nombreuses valeurs sous le seuil de détection. Notons que les



charges de cette source sont affectées d'une imprécision de 25 à 45% selon le tributaire considéré.

L'apport industriel en contaminants représente près de 10% des apports totaux moyens. Les établissements les plus potentiellement polluants sont dans l'ordre QIT-Fer et Titane Inc., Tioxide Canada Inc. et Acier Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas Inc. Considérant les charges totales industrielles déversées et la toxicité chronique de chaque paramètre pour la vie aquatique, les paramètres problématiques sont dans l'ordre décroissant: le chrome, le fer et le cuivre, suivis dans un ordre moindre des paramètres suivants: sulfure, mercure, cadmium, plomb et aluminium.

Au niveau municipal, les charges en métaux ont été évaluées pour le zinc, le plomb et le cuivre. Les charges proviennent principalement du secteur de Sorel-Tracy avec 89% des apports municipaux totaux du secteur. Ces sources de contamination représentent un apport minime, soit moins de 0,1% de l'ensemble des sources considérées. Notons que ces charges sont des estimations pour des secteurs strictement résidentiels et qu'elles ne tiennent pas compte de l'effet local de contamination de ces rejets pouvant se produire particulièrement en période de pluie (effet des débordements de réseau d'égout unitaire).

Du point de vue des usages répertoriés, le lac Saint-Pierre est l'une des régions les plus riches du fleuve Saint-Laurent. On y retrouve de nombreux usages reliés à la faune aquatique et à son exploitation (ex. frayères, pêche commerciale, pêche récréative). Cependant, les activités humaines directement reliées à l'eau comme la baignade et le nautisme sont moins fréquentes étant donné la présence de nombreux marais et marécages ne favorisant pas ce type d'activités. L'influence de la qualité de l'eau sur les usages a été analysée selon les recoupements spatiaux entre les usages et les masses d'eau. Sept masses d'eau ont été définies par la ZIP 11 en fonction des apports du fleuve, des tributaires et des industries. La connaissance des principaux paramètres problématiques pour chacune des masses d'eau a permis de faire une évaluation des zones à risque pour la vie aquatique.



1. INTRODUCTION

Dans le cadre d'un projet réalisé pour le Centre Saint-Laurent (CSL), ASSEAU inc. et l'Institut National de la Recherche Scientifique-Eau (INRS-Eau) ont reçu le mandat de dresser un bilan des sources de contamination et des usages du fleuve Saint-Laurent. La méthodologie retenue consiste à cueillir et valider les diverses informations et à les traiter à l'aide d'un système informatisé développé spécifiquement à cet effet. Le concept à la base du développement de ce système permet un suivi de l'évolution de la contamination du fleuve sur une base annuelle. Cette évolution sera caractérisée:

- en termes de variation des charges en contaminants déversées par les différentes sources de contamination;
- en termes de variation de la charge en contaminants transportée par le fleuve Saint-Laurent;
- en termes de répartition des usages selon les principales masses d'eau.

Ces activités d'inventaire, de cueillette et de validation de données visent à constituer une base de données reflétant les conditions initiales du milieu récepteur de la façon la plus juste possible. Le présent rapport vise donc à **documenter et caractériser l'année 89 qui constitue l'an "1" de ce système de suivi**. Le développement, dès le départ, d'un système informatisé de gestion des données assure une intégration plus efficace des nouvelles données qui serviront à caractériser les années suivantes, de manière à fournir une image plus précise de l'évolution des apports toxiques dans le fleuve Saint-Laurent.

Une fois sous forme numérique, les données de caractérisation pour l'année 1989 pourront être compilées et analysées de diverses façons en vue d'effectuer des bilans environnementaux, par exemple:

- l'inventaire des usages et des sources de contamination pour un tronçon ou pour plusieurs tronçons consécutifs, et cela pour une période donnée et pour un contaminant en particulier;



-
- le calcul des charges de contaminants sur une période donnée et pour une source de contamination spécifique, ou encore pour plusieurs sources différentes de contamination.

Pour bien définir la terminologie relative aux sources d'apport de contaminants, il est nécessaire d'établir une distinction entre les termes suivants:

- une source de contamination désigne une entité ponctuelle qui constitue un apport significatif de substances toxiques. Par exemple, un tributaire comme la rivière Richelieu, ou un effluent industriel comme l'émissaire de Tioxide, ou un effluent municipal sont dans ce sens des sources de contamination possibles. En fonction des impacts potentiels sur le milieu récepteur, toute source ponctuelle est fichée de façon distincte. Ainsi, une industrie peut être caractérisée sur la base de chacun de ses émissaires, le système assurant la compilation de l'ensemble des émissaires de l'industrie;
- une source majeure désigne un ensemble de sources de contamination de même type. L'ensemble des tributaires, des industries, des municipalités ou encore, une section du fleuve à un endroit donné sont des sources majeures. Ces quatre types de sources majeures serviront à comparer entre eux les différents apports en contaminants.'

Un effort particulier a été consacré à la collecte d'informations sur les effluents liquides des 50 industries identifiées comme prioritaires par le PASL. Une consultation des sources d'informations fédérales et provinciales a permis de fournir, pour chacun des tributaires, une estimation sommaire des charges en contaminants déversées dans le fleuve. Des renseignements descriptifs sur les zones de mélange à la sortie des effluents de même que sur les usages définis en fonction de la contamination toxique du fleuve ont également été répertoriés.

Le lecteur devra garder à l'esprit que pour ramener sur une base comparable les charges en contaminants des sources majeures, une importante quantité d'informations, souvent empreintes d'une grande hétérogénéité et d'un haut degré d'incertitude, ont été utilisées dans cette étude.



Malgré ces nombreuses sources d'imprécision et uniquement dans le but de dégager des tendances sur une base relative, ce rapport présente des comparaisons des apports des sources de contaminants.

Ces comparaisons se situent à deux niveaux. Un premier niveau permet de confronter entre elles, de façon détaillée, les sources de contamination d'un même type (ex. classification des tributaires en fonction des apports en métaux). A un deuxième niveau, le regroupement des sources de contamination d'un même type permet de comparer sommairement les quatre types de sources majeures de contamination.

Pour ce faire, ce document est présenté de la façon suivante:

Dans un premier temps, le tronçon analysé est présenté de manière à cerner la problématique de la contamination des apports toxiques et de définir les limites de l'étude. Pour chacune des sources majeures de contamination (sources industrielles, municipales, fluviales et les tributaires), une description des méthodes d'inventaire et de validation des données relatives aux apports toxiques est donnée. A l'intérieur de chacun de ces groupes, une classification de leur importance en termes de contribution par paramètre est effectuée. Pour les sources industrielles, une appréciation globale de l'importance relative des charges déversées est fournie à partir d'une sommation des charges des divers paramètres pondérées en fonction de leur caractère de toxicité chronique pour la vie aquatique.

Dans un deuxième temps, une synthèse comparative des sources ponctuelles de contamination sur le tronçon est présentée. Cette étude comparative est limitée à quelques paramètres (3 métaux lourds) représentant les seuls paramètres de toxicité qui sont communs à l'ensemble des sources de contamination. Ces métaux sont le cuivre, le zinc et le plomb qui seront appelés, tout au long de ce rapport, métaux de référence. Ils ont été ainsi définis en fonction de la nature et la disponibilité des données en provenance des quatre sources majeures de contamination.

En dernier lieu, une caractérisation des zones d'usages du tronçon est réalisée selon les étapes suivantes:

- la réalisation de l'inventaire des usages de l'eau dans ce secteur;



-
- une répartition des usages en fonction des principales masses d'eau présentes, identifiées à partir de données à caractère visuel (photos aériennes, images satellitaires);
 - une estimation sommaire du risque de contamination des zones d'usages par l'identification des paramètres problématiques de qualité de l'eau.



2. OBJECTIFS DES ANALYSES PAR TRONÇON

Cette approche d'analyse par tronçon vise à décrire les principaux éléments de la problématique de contamination du fleuve Saint-Laurent. De façon plus détaillée, l'analyse par tronçon proposée dans cette étude vise deux objectifs majeurs qui sont orientés en fonction des sources de contamination et en fonction des usages du secteur d'étude.

Le premier objectif vise à relativiser l'importance des diverses sources de contamination. Pour ce, un bilan des apports toxiques est réalisé en considérant chaque source de contamination de façon individuelle et en effectuant un regroupement en termes de sources majeures. Cet exercice permet entre autres de mettre en évidence les carences dans les données de base en fonction des imprécisions associées aux calculs de charge en contaminants.

Le deuxième objectif vise à caractériser le milieu récepteur en termes d'usages présents. Cette caractérisation est basée sur la nature, la sensibilité, la localisation et l'importance de chacun des usages. Par la suite, un regroupement des usages en fonction des diverses masses d'eau présentes est effectué pour obtenir une image globale de la situation.

L'exercice le plus difficile consiste à ramener les types de sources de contamination sur une même base. Il en résulte donc des plages importantes de variation sur les charges toxiques estimées qui limitent ainsi la portée des interprétations à une approche relative plutôt qu'absolue.



3. SECTEUR D'ÉTUDE LAC SAINT-PIERRE

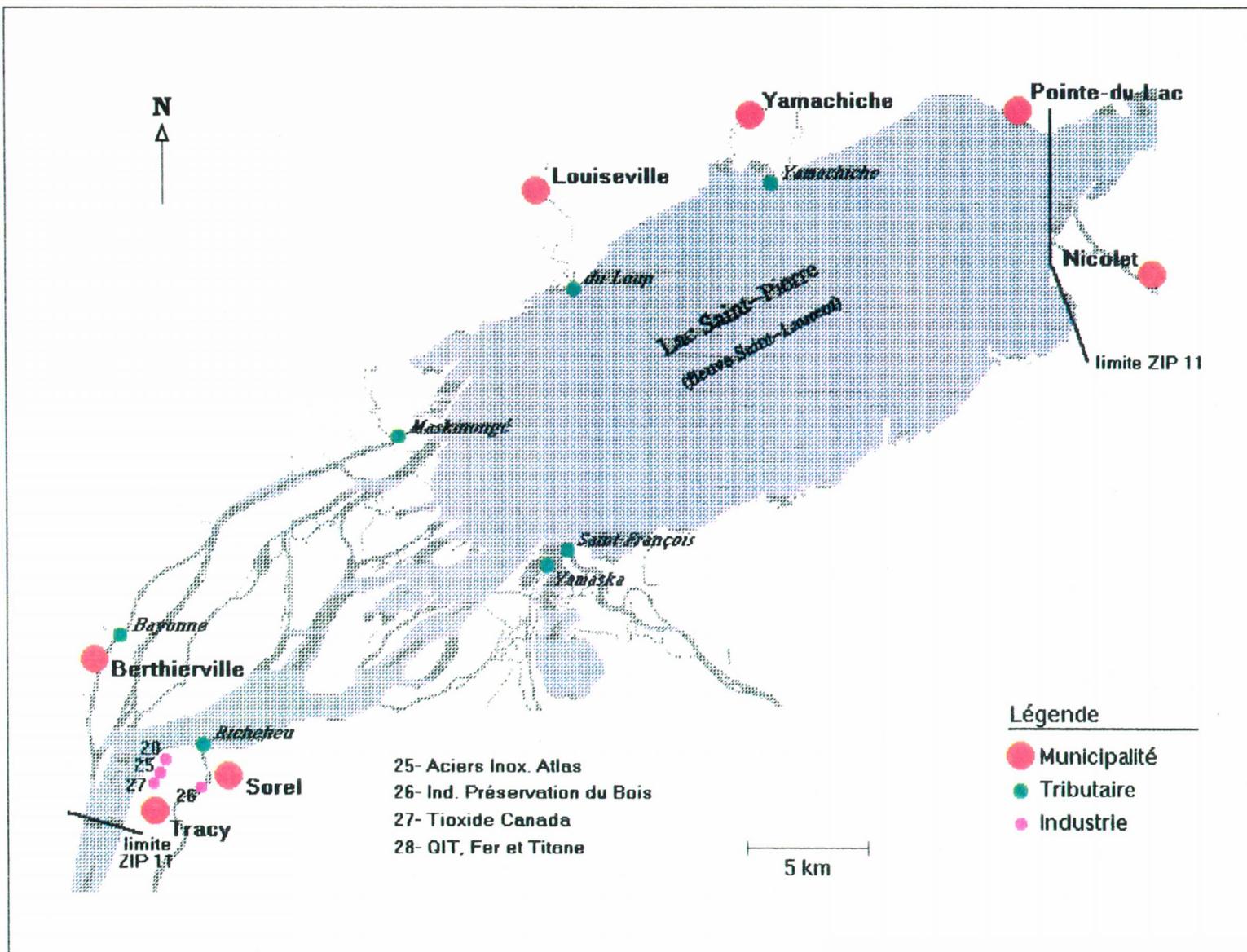
Long d'une quarantaine de kilomètres, le secteur d'étude du lac Saint-Pierre correspond à la zone d'intérêt prioritaire numéro 11 telle que définie par le CSL. Sa limite amont se situe au niveau de Lanoraie, ce qui inclut le delta de Sorel. La limite aval se situe à la sortie du lac Saint-Pierre tout en excluant la rivière Nicolet (voir figure 1).

Dans ces limites, quatre industries du PASL sont dénombrées. Elles se situent toutes dans la partie amont du tronçon, près du secteur Tracy-Sorel. Ce sont de l'amont vers l'aval: Aciers Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas inc. (industrie no. 25); Les Industries de Préservation du Bois Ltée (industrie no. 26); Tioxide Canada inc. (industrie no. 27); QIT-Fer et Titane inc. (industrie no. 28). Ces deux dernières sont de loin les plus importantes considérant la diversité et la quantité des charges de contaminants déversées.

Sur la rive sud du tronçon, faisant suite aux rejets industriels, on retrouve trois tributaires majeurs. Ce sont les rivières Richelieu, Yamaska et Saint-François qui drainent de vastes régions agricoles, de même que d'importantes zones urbaines et industrielles. Cinq tributaires de moindre importance ont leur embouchure sur la rive nord, soit les rivières Bayonne, Maskinongé, du Loup, Yamachiche et Chicot.

Sur le plan urbain, mis à part le secteur Tracy-Sorel qui représente une population totale de plus de 42 000 personnes, il existe seulement trois autres secteurs urbains riverains qui regroupent une population totale d'environ 6 000 personnes. Près de 4 000 habitent à Berthierville et les autres à Pointe-du-Lac et Saint-Ignace-de-Loyola.

Les sources locales de contamination sont pour la plupart regroupées dans la section amont du tronçon. L'ensemble du tronçon demeure soumis à une forte influence des eaux fluviales qui constituent la majeure partie du débit total du tronçon. Distribués sur l'ensemble du territoire aquatique, le tronçon compte de nombreuses activités qui font usage de l'eau du fleuve et qui peuvent être fortement influencées par la contamination toxique.



AVEAU	FIGURE 1	INRS <i>La force de la science</i>
	Carte de localisation Tronçon Tracy - lac Saint-Pierre (ZIP 11)	

Cette page est blanche dans le document original



4. APPORTS INDUSTRIELS

Tel qu'indiqué précédemment, le tronçon du lac Saint-Pierre compte quatre industries jugées prioritaires par le PASL. Ces quatre industries sont situées dans le secteur Sorel-Tracy, près du confluent de la rivière Richelieu avec le fleuve Saint-Laurent. Ce sont les Aciers Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas inc. (industrie n° 25); les Industries de Préservation du Bois ltée (industrie n° 26); Tioxide Canada inc. (industrie n° 27); QIT-Fer et Titane inc. (industrie n° 28).

Soulignons que l'évaluation des charges déversées dans le fleuve Saint-Laurent par les cinquante industries désignées comme prioritaire par le PASL, a été réalisée dans un autre volet du présent projet¹ (ASSEAU-INRS, 1991a). L'objectif principal de cette étude était de procéder à la mise à jour des données concernant la qualité des rejets liquides de ces industries, puis de procéder à la validation de ces données par l'intermédiaire des chargés de projets industriels du ministère de l'Environnement du Québec. Afin d'atteindre cet objectif, les étapes suivantes ont été réalisées:

- la cueillette des données industrielles les plus représentatives de la situation actuelle auprès des autorités compétentes du MENVIQ (données de qualité, programme d'assainissement, etc.);
- la compilation de l'information, l'évaluation de sa validité en tenant compte des changements de procédé ou de toute autre activité susceptible de modifier la représentativité des données concernant le bilan massique des contaminants;
- le calcul des charges de contaminants (lorsque nécessaire).

Notons également que les compilations industrielles (ASSEAU-INRS, 1991a) ont été réalisées à partir de sources diversifiées telles que les rapports mensuels et trimestriels fournis par l'usine et les échantillonnages spécifiques réalisés par le MENVIQ. Dans la plupart des cas, les résultats ainsi obtenus ne faisaient pas mention ni des méthodes analytiques utilisées, ni des seuils de détection des appareils de mesure.

¹ Rapport 1, pour plus de détail voir le préambule.



Le tableau 1 présente la liste des paramètres échantillonnés et analysés en laboratoire pour les quatre industries du tronçon du lac Saint-Pierre. Les codes des paramètres contenus dans ce tableau sont adaptés du dictionnaire des codes (Environnement Canada, 1991). Ce sont aussi les codes utilisés dans la base de données SOCOUS réalisée pour le Centre Saint-Laurent d'Environnement Canada, dans le cadre du présent projet¹. Il est important de noter que le choix des paramètres échantillonnés à une usine est basé sur la nature du procédé; de cette façon, il est essentiel d'identifier tout paramètre susceptible de se retrouver dans l'effluent. Il existe ainsi une variation importante dans les paramètres retenus pour analyse d'une usine à l'autre.

Notons aussi que certaines campagnes d'échantillonnage ne tiennent pas compte des émissaires pluviaux et/ou sanitaires qui sont pour la plupart raccordés aux réseaux municipaux, alors que d'autres campagnes portent systématiquement sur tous les émissaires. Dans cette étude, seuls les effluents de procédé industriel sont considérés.

¹ Pour plus de détails, voir le préambule.

Tableau 1 - Paramètres analysés pour les industries du tronçon lac Saint-Pierre

Code	Paramètre	Industrie			
		N° 25	N° 26	N° 27	N° 28
13000	Aluminium		X	X	
07500	Ammoniaque			X	
33000	Arsenic		X	X	
18158	BPC		X		
48019	Cadmium	X	X	X	X
17211	Chlorures			X	
24019	Chrome	X	X	X	X
06000	COT			X	X
29000	Cuivre	X	X	X	X
06600	Cyanures			X	X
08210	DBO5		X		
08300	DCO	X	X		X
26000	Fer		X	X	X
09100	Fluorures	X			
06520	Huiles et Graisses	X	X	X	
12000	Magnésium	X			
25000	Manganèse				X
10531	Matière volatiles				X
80010	Mercure	X		X	X
10451	MES	X	X	X	X
28000	Nickel	X		X	X
07101	Nitrates	X			
10299	pH		X	X	X
06530	Phénols		X		X
15400	Phosphates			X	
15429	Phosphore	X	X		X
15100	Phosphore dissous				X
82000	Plomb			X	X
10520	Résidus volatiles tot.				X
10470	Solides totaux				X
16300	Sulfates	X		X	
01000	Sulfures				X
22008	Titane			X	
23000	Vanadium			X	
30000	Zinc	X	X	X	X

N° 25: Aciers Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas inc.

N° 26: Les Industries de Préservation du Bois inc.

N° 27: Tioxide Canada inc.

N° 28: QIT- Fer et Titane inc.



4.1 Méthode de calcul des charges industrielles

Les données de base servant au calcul des charges industrielles contiennent le débit moyen de chacun des émissaires se déversant dans le milieu récepteur et la concentration pour chacun des paramètres de qualité. Les débits sont exprimés sur une base journalière (m³/d). De cette façon, le calcul de la charge pour un paramètre "X" s'effectue en multipliant le débit journalier (moyen ou réel) de l'émissaire par la concentration du paramètre de qualité qui est souvent en mg/L. Les charges ainsi obtenues sont exprimées en kg/d selon l'équation suivante:

$$\text{charge}_{(x)} = Q_{(\text{émis.})} * x ([]_{(x)} / 1000)$$

Étant donné que la production des quatre industries est relativement constante tout au long de l'année, les charges journalières peuvent donc servir à établir les charges annuelles qui sont déversées dans le fleuve Saint-Laurent.

4.2 Estimation de l'imprécision sur le calcul des charges

L'objectif principal de l'évaluation des charges industrielles est, en premier lieu, de comparer entre elles les sources industrielles pour en apprécier l'apport toxique, et en second lieu, sur la base de certains paramètres de référence (Cu, Zn et Pb), d'évaluer l'importance relative des quatre types de sources majeures de contamination du lac Saint-Pierre. Pour ce faire, il est important de tenir compte de l'imprécision associée aux estimations de charge afin d'éviter l'utilisation de ces valeurs en termes absolu. L'imprécision sur les estimations de charge résulte de trois sources principales: les imprécisions associées aux méthodes analytiques et aux mesures de débit, de même que les imprécisions résultant d'une fréquence d'échantillonnage insuffisante (lorsque le procédé évolue dans le temps).

Selon un responsable des laboratoires du MENVIQ, (Blouin, 1991), l'imprécision sur les valeurs de concentration des métaux retrouvés dans les eaux usées peut varier entre 5 et 10% selon les méthodes analytiques utilisées et les paramètres analysés. On notera que l'imprécision augmente lorsque la valeur de la concentration mesurée approche celle du seuil de détection de l'appareil. Dans le cas des industries à l'étude, les concentrations mesurées se situent généralement bien au-dessus des seuils de détection. De façon sécuritaire, la marge



d'imprécision maximale équivalente à 10% de la valeur mesurée est appliquée aux concentrations.

Par ailleurs, différents types d'appareils hydrométriques sont utilisés pour mesurer les débits des effluents industriels; de plus, chaque appareil possède sa propre imprécision. En règle générale, le pourcentage d'imprécision sur les mesures du débit des effluents industriels est évaluée à 10% (Nadeau, 1991). Cette marge d'imprécision due aux instruments sera donc appliquée à tous les débits dans le calcul d'estimation de l'imprécision sur la charge.

Finalement, le degré de contamination des rejets liquides peut varier à l'occasion sur une base quotidienne causant ainsi des fluctuations journalières des charges d'origine industrielle. Ces conditions, combinées à un faible effort d'échantillonnage des effluents, soit deux à trois jours sur une année complète, résultent en une imprécision supplémentaire difficilement quantifiable. Dans la plupart des cas, le pourcentage d'écart observé quotidiennement sur des périodes de trois jours se situe à près de 10%. Donc, une imprécision totale de l'ordre de 30% devra être appliquée aux estimations des charges industrielles.

4.3 Description des industries

Une description de chacune des quatre industries est présentée dans cette section. Les résultats détaillés des analyses chimiques et physiques pour ces industries apparaissent dans le document annexe de ce rapport (annexe A). Ces résultats d'analyses sont les mêmes que ceux contenus dans le rapport 1 de la présente série "*Mise à jour et validation des données industrielles des cinquante établissements prioritaires du plan d'action Saint-Laurent*" (ASSEAU-INRS, 1991a).

4.3.1 Aciers Inoxydables Atlas , div. Sammi-Atlas inc. (n° 25)

L'industrie les Aciers Inoxydables Atlas, div Sammi-Atlas inc. est située dans la municipalité de Tracy et oeuvre dans le domaine de la métallurgie. Cette usine effectue le traitement et la transformation de ferrailles et de ferro-alliages (matières premières). Les produits finis sont des feuilles et des bobines en acier inoxydable. Cette industrie possède deux émissaires. L'émissaire principal évacue les eaux de deux effluents; un premier non-acide (eaux de



procédé, de refroidissement et pluviales) et un second acide (eaux de procédé et de laboratoire). Ces deux effluents se rejoignent pour former l'émissaire final qui rejette ses eaux usées directement dans le fleuve Saint-Laurent à raison de 0,313 m³/s. Le second émissaire est de type sanitaire et se déverse dans le réseau municipal de la ville de Tracy.

Les données les plus récentes datent d'avril 1986 et proviennent de l'échantillonnage qui a été effectué sur l'émissaire principal par le MENVIQ. Les charges calculées restent valables à l'exception du chrome dont la concentration a augmenté de 10% à 15% depuis 1986 (Asseau-Inrs, 1991a). Cette augmentation origine des bains de rinçage. Malheureusement, l'identification de l'effluent où se déversent les bains de rinçage s'est avérée impossible. De plus, les deux effluents ne semblent pas avoir été caractérisés séparément, empêchant ainsi le calcul de la charge supplémentaire en chrome.

L'établissement les Aciers Inoxydables Atlas a signé un programme d'assainissement des eaux (PAE) en 1988 qui devrait être effectif à l'été 1991. Ce programme comporte trois points principaux:

- la diminution des huiles et graisses de 90% et des matières en suspensions (MES) à 30 mg/L et ce à la source, non pas à l'émissaire final;
- le traitement des métaux lourds; et,
- la neutralisation de l'acidité de l'effluent .

4.3.2 Les Industries de Préservation du Bois (n° 26)

Cette industrie est située à Tracy et son secteur d'activité industrielle est la chimie organique tertiaire. En fait, il s'agit du traitement du bois avec différentes solutions (créosote, pentachlorophénol, CGA) afin d'obtenir divers produits finis: bois de construction, bois de quai, poteaux électriques, etc.

Depuis 1989, cette industrie recycle ses eaux usées. Par conséquent, il n'y a plus de rejets dans la rivière Richelieu. Les données de l'échantillonnage effectué par le MENVIQ en 1985 pour l'émissaire 1 (rivière Richelieu) sont donc périmées. Ces données sont tout de même



présentées à l'annexe A du document annexe, à titre indicatif seulement. L'usine possède un second émissaire de type sanitaire qui est raccordé au réseau municipal de Tracy.

4.3.3 Tioxide Canada inc. (n° 27)

Cette industrie est située à Tracy et son secteur d'activité industrielle est la chimie inorganique. L'usine fabrique des pigments de bioxyde de titane suivant un procédé par digestion à l'acide sulfurique de scories de titane et/ou de minerai d'ilménite. L'usine possède deux émissaires. L'émissaire principal se déverse au fleuve via un égout privé (0,154 m³/s) et rejette surtout des eaux de procédé. Le deuxième émissaire est de type mixte (sanitaire et pluvial) et il est raccordé au réseau municipal de Tracy. Les données de qualité des effluents proviennent des rapports trimestriels de 1989 fournis par l'usine et qui portent sur l'émissaire principal seulement.

Un programme d'assainissement des eaux dans le cadre du PAE (Programme d'Assainissement des Eaux) a été signé en 1986. Ce programme prévoit une diminution de 85% des eaux usées acides dans l'émissaire final. Un amendement a été apporté au programme en 1987 suite à l'émission, par le MENVIQ, d'un certificat d'autorisation visant à augmenter la production de 24%. L'échéancier initial du programme prévoyait une mise en opération du traitement des eaux usées pour septembre 1991, mais suite à l'amendement de 1987, celui-ci a été avancé au mois de mars 1991.

4.3.4 QIT- Fer et Titane inc. (n° 28)

Cette industrie est située à Saint-Joseph-de-Sorel et oeuvre dans le domaine de la métallurgie. Elle transforme l'ilménite et l'antracite en scories de titane, en fonte, en gueuses et en billettes d'acier. Cette industrie possède trois émissaires se rejetant dans le fleuve, de même qu'un effluent sanitaire relié au réseau municipal de Tracy. L'émissaire principal a un débit d'environ 1,8 m³/s.

Les données les plus récentes sur la qualité des effluents remontent à l'échantillonnage qui a été effectué par le MENVIQ en août 1986. Depuis cette date, la production de l'usine a augmenté de 29%. Cette augmentation n'a pas eu d'effet sur les données de débit, mais les



données de concentration et de charge ont subi une hausse proportionnelle à l'augmentation de la production. L'émissaire pluvial (n° 3) n'est pas considéré dans nos traitements puisqu'il ne contient pas d'eaux de procédé. Le tableau 2 contient une mise à jour des concentrations et des charges pour les émissaires 1 et 2 résultant de l'augmentation de la production.

Un PAE visant une diminution de 97 à 98% des MES rejetées et un traitement de toutes les eaux usées a été signé en 1988. Les travaux doivent être complétés pour 1993.

Tableau 2 - QIT-Fer et Titane, réajustement de l'échantillonnage du MENVIQ de août 1986 suite à l'augmentation de 29% de la production

Code	Paramètre	Émissaire 1 (principal)		Émissaire 2	
		Conc. mg/L	Charge ¹ kg/d	Conc. mg/L	Charge ¹ kg/d
48 019	Cadmium	<0,1	<15,5	0,026	0,279
24 019	Chrome	1,67	260	6,06	65,2
06 000	COT	12,9	2 005	5,2	55,9
29 000	Cuivre	2,58	401	<0,1	<1,1
06 600	Cyanures tot.	0,013	2,02	<0,06	<0,65
08 300	DCO	425	66 054	193	2 077
26 000	Fer	341	52 998	<1,7	<17,9
25 000	Manganèse	6,32	982	<0,1	<1,1
10 531	Matières volat. (susp.)	38,7	6 015	12,9	139
80 010	Mercure tot.	0,0009	0,14	0,0005	0,0005
10 451	MES	2 532	393 523	54,2	583
28 000	Nickel	1,42	221	0,258	2,77
06 530	Phénols	0,013	2,02	<0,004	<0,038
15 429	Phosphore	1,94	301	0,129	1,39
15 100	Phosphore dissous	0,194	30,2	0,129	1,38
82 000	Plomb	0,258	40,1	0,258	2,77
10 520	Résidus volatiles tot.	180	27 976	92,8	999
10 470	Solides totaux	2 838	441 082	335	3 606
01 000	Sulfures	0,516	80,2	<0,2	<2,2
30 000	Zinc	2,45	380	<0,1	<1,1

Q₁ = 1,8 m³/s (émissaire n° 1)

Q₂ = 0,125 m³/s (émissaire n° 2)

1: Le signe "<" indique une estimation de charge à partir de valeurs de concentration notées sous le seuil de détection



4.4 Bilan des charges du secteur lac Saint-Pierre

Sur les quatre industries prioritaires répertoriées dans la ZIP 11, trois déversent toujours leurs eaux usées dans le fleuve. Il s'agit des industries QIT-Fer et Titane inc., Tioxide Canada inc. et les Aciers Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas inc.. Le quatrième établissement, les Industries de Préservation du Bois inc., qui recycle ses eaux usées depuis le début de 1989, ne déverse plus directement de contaminants dans la rivière Richelieu.

Sur plus de 33 paramètres physico-chimiques analysés, seulement sept sont communs aux trois industries et retiennent notre attention pour des fins de comparaison. Ces paramètres sont les matières en suspension (MES), le zinc (Zn), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le cuivre (Cu), le chrome (Cr) et le fer (Fe). Leurs charges journalières sont colligées au tableau 3. Le tableau indique aussi la contribution relative (en pourcentage) de chaque industrie, pour chaque paramètre, par rapport au total de la charge industrielle du secteur d'étude.

On notera aussi la présence de certaines substances plus rares telles que le vanadium (V), le titane (Ti), les cyanures (Cn) et les phénols. L'antimoine (Sb), bien que présent chez Tioxide Canada inc., n'a pas été considéré dans les évaluations car les résultats de l'échantillonnage de 1989 n'en font pas mention. L'antimoine est tout de même présent puisqu'il a été détecté dans les effluents de l'usine lors des échantillonnages qui ont été effectués par le MENVIQ en 1986.



Tableau 3 - Charges journalières des principaux toxiques rejetés par trois établissements prioritaires du tronçon lac Saint-Pierre

Code	Para- mètre	QIT (1986) Charge		Tioxide (1989) Charge		Atlas (1986) Charge		Charge *Totale (kg/d)
		(kg/d) ¹	%	(kg/d) ¹	%	(kg/d) ¹	%	
48019	Cd	0,21	44,7	0,26	55,3	< 1,5	--	0,47
06600	Cn	2,02	100	< 0,13	--	--	--	2,02
24019	Cr	325	51,3	193	30,4	**116	18,3	634
29000	Cu	401	99,8	< 0,48	--	0,99	0,2	402
26000	Fe	53 003	77,1	15 782	22,9	--	--	68 785
80010	Hg	0,14	90,0	0,011	7,1	0,0046	2,9	0,16
10451	MES	550 000	98,6	6 953	1,2	820	0,1	557 773
25000	Mn	982	100	--	--	--	--	982
28000	Ni	223	95,0	2,28	0,9	9,1	3,9	235
82000	Pb	43	100	< 13,3	--	--	--	43
06530	Phé.	2,02	100	--	--	--	--	2,02
22008	Ti	--	--	3 605	100	--	--	3 605
23000	V	--	--	551	100	--	--	551
30000	Zn	380	98,7	4,2	1,1	0,42	0,1	385

* Sommation des charges provenant des trois industries

** Valeur sans l'augmentation de 10% à 15%

< Valeurs sous le seuil de détection

-- Paramètre non mesuré

1: Le signe "<" indique une estimation de charge à partir de valeurs de concentration notées sous le seuil de détection.

La contribution la plus importante en termes de charge de contaminants parmi les industries qui rejettent leurs eaux usées dans le tronçon lac Saint-Pierre est sans contredit celle de la QIT. L'historgramme de la figure 2 permet de le visualiser en présentant les charges journalières des principaux contaminants industriels du lac Saint-Pierre. A noter que les charges sont présentées sur une échelle logarithmique qui permet de représenter les variations importantes observées (entre 0,1 à 550 000 kg/d) avec cependant le désavantage d'atténuer les disparités entre les valeurs.

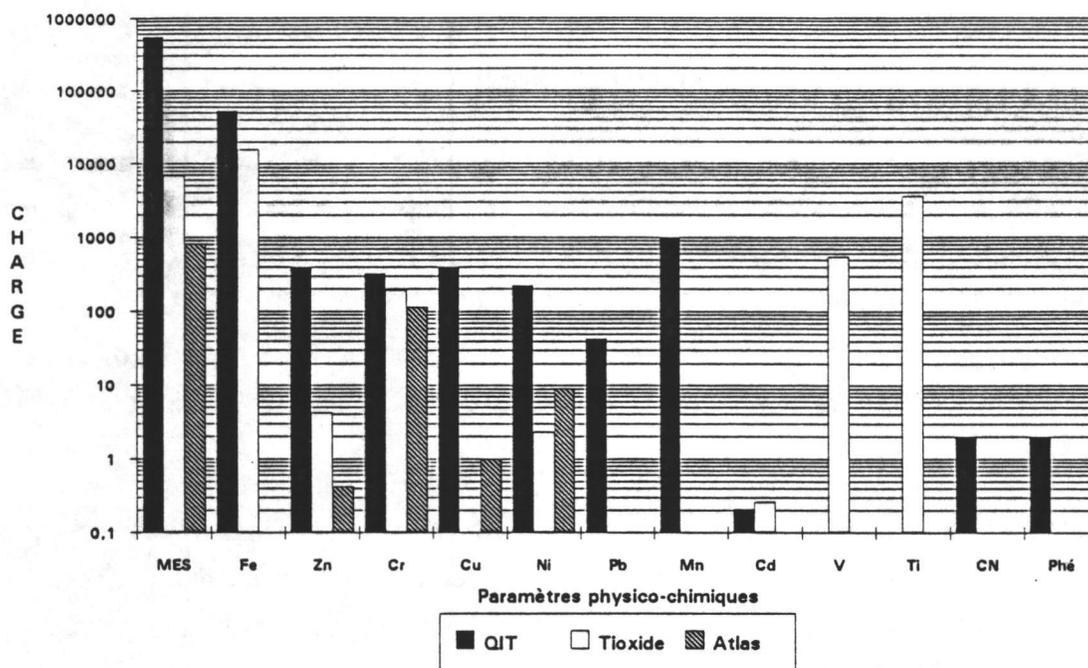


Figure 2 - Charges journalières des principaux contaminants industriels du lac Saint-Pierre (kg/d)

La compagnie QIT rejette à elle seule plus de 550 tonnes métriques de matières en suspension (MES) quotidiennement, ce qui représente près de 99% de l'apport industriel total. En plus des MES, cet établissement domine dans les rejets de cuivre (99%), zinc (99%), nickel (95%), mercure (90%), fer (77%) et chrome (51%) (voir tableau 3). La QIT est la seule industrie prioritaire du secteur pour laquelle des quantités de plomb, de manganèse, de cyanure et de phénol ont été détectées dans ses effluents. De plus, bien que non mesurée à ses effluents, cette usine rejette du titane et du vanadium (Sylvestre, 1991).

La seconde industrie en importance, au niveau de la charge de contaminants, est Tioxide Canada inc.. Cet établissement utilise le produit final de la QIT, soit les scories de titane, pour en faire des pigments de bioxyde de titane au sulfate. Pour arriver à ce produit final, l'usine emploie des acides forts et de grands volumes d'eau de rinçage, ce qui résulte en un effluent très acide (pH de 1 à 2) contenant des résidus de fer et de titane. De plus, selon les résultats d'analyses du tableau 3, l'usine de Tioxide Canada inc. rejette du titane (Ti) et du vanadium



(V). Son apport au niveau des principaux contaminants est de 30% pour le chrome, 23% pour le fer, 6,9% pour le mercure, 1,2% pour les MES, 1,1% pour le zinc et 1% pour le nickel (voir tableau 3).

L'industrie Aciers Inoxydables Atlas, qui se retrouve en troisième place pour ses rejets, contribue de façon significative à l'apport en contaminants au lac Saint-Pierre. Les principaux contaminants retrouvés dans ses effluents sont le mercure (Hg), le chrome (Cr), le zinc (Zn), le nickel (Ni) et le cuivre (Cu) qui contribuent respectivement à 2,9%, 18%, 0,1%, 3,9% et 0,25% de l'apport industriel total (voir tableau 3). L'apport en MES (820 kg/d) est nettement moins important que ceux de la QIT (550 000 kg/d) et Tioxide (6 953 kg/d), mais il n'est toutefois pas négligeable.

Le tableau 4 regroupe les charges de tous les paramètres analysés pour les trois industries déversant des eaux usées dans le fleuve. Ce tableau permet de constater que la Tioxide Canada inc. déverse dans le fleuve, en plus des principaux contaminants, une grande quantité d'aluminium (1 764 kg/d), de sulfates (326 t/d) et de chlorures (5 t/d).

Pour conclure cette section, mentionnons que QIT-Fer et Titane inc. est l'industrie du tronçon lac Saint-Pierre qui domine en termes de charges déversées pour les sept principaux contaminants retenus dans nos comparaisons. Tioxide Canada inc. arrive au deuxième rang. Cette dernière usine est caractérisée par des effluents très acides (pH de 1 à 2) et par la présence de contaminants peu communs tels que le vanadium et le titane. L'industrie Aciers Inoxydables Atlas occupe le troisième rang en termes de charges déversées. Les effluents de ce troisième établissement industriel sont caractérisés par de fortes concentrations en solides totaux, en chrome et en magnésium.

Tableau 4 - Bilan des charges en contaminants rejetés par les trois industries du secteur du lac Saint-Pierre

Code	Paramètre	Charge (kg/d)		
		Atlas	Tioxide	QIT
13000	Aluminium	--	1 764	--
07500	Ammoniaque	--	64	--
33000	Arsenic	--	0,013	--
48019	Cadmium	n.d.	0,26	0,21
17211	Chlorures	--	5 028	--
24019	Chrome	116	193	325
06000	COT	--	296	2 063
29000	Cuivre	0,99	n.d.	401
06600	Cyanures	--	n.d.	2,02
08300	DCO	505	--	68 157
26000	Fer	--	15 782	53 003
09100	Fluorures	707	--	--
06520	Huiles et Graisses	176	n.d.	--
12000	Magnésium	236	--	--
25000	Manganèse	--	--	982
10531	Matières vol. (susp.)	--	--	6 163
80010	Mercure	0,0046	0,011	0,14
10451	MES	820	6 953	550 000
28000	Nickel	9,1	2,28	224
07101	Nitrates	338	--	--
10299	pH (unité de pH)	--	1,1	--
06530	Phénols	--	--	2,02
15400	Phosphates totaux	--	17	--
15429	Phosphore	2,7	--	303
15100	Phosphore dissous	--	--	31,6
82000	Plomb	--	--	43
10520	Résidus vol. totaux	--	--	29 016
10470	Solides totaux	10 033	--	444 813
16300	Sulfates	710	325 663	--
01000	Sulfures	--	--	80,2
22008	Titane	--	3 605	--
23000	Vanadium	--	551	--
30000	Zinc	0,42	4,2	380

-- Non mesuré

n.d.: mesuré mais non détecté

Ces valeurs sont représentatives de l'année 1989 à l'exception du Cr pour les Aciers Inoxydables Atlas inc.



4.5 Comparaison des charges industrielles

Les industries déversent une multitude de contaminants dans le fleuve qui ont des effets toxiques différents. Chaque contaminant possède un niveau de toxicité qui peut varier selon les divers usages ou organismes vivants du milieu récepteur. Cette situation rend difficile l'évaluation de l'importance relative des rejets industriels. Pour comparer les industries entre elles, il importe de standardiser l'effet de chaque paramètre pour ensuite effectuer une sommation de ces effets. A toutes fins pratiques, un "indice de standardisation" a été développé sur la base des charges déversées pour chacun des paramètres et sur la base d'un facteur de toxicité relative des contaminants.

Pour définir ce facteur de toxicité relative des contaminants, on se réfère à l'usage "vie aquatique" en considérant les critères de toxicité chronique tirés d'un document du MENVIQ (MENVIQ, 1990b). Ce choix est justifié par les raisons qui suivent:

- les critères de toxicité chronique pour la grande majorité des paramètres sont disponibles et bien documentés;
- la mesure de toxicité chronique sur la "vie aquatique" est une mesure d'effet potentiel facilement interprétable et qui permet de quantifier l'effet des contaminants;
- au Québec, les méthodologies de calcul des objectifs de traitement des effluents sont généralement basées sur ces critères.

De façon concrète, le facteur de toxicité relative utilisé est l'inverse du critère de toxicité chronique (1/critère). Ce facteur multiplicatif est ensuite appliqué directement à la charge quotidienne déversée pour ce paramètre pour obtenir l'indice de standardisation propre à chacun des paramètres. Finalement, la sommation de ces indices est effectuée pour ensuite obtenir un indice de standardisation global pour l'effluent. Dans l'interprétation de l'indice de standardisation global des charges en contaminants, les aspects énumérés ci-dessous devront être considérés.



- L'indice global de standardisation d'un effluent est considéré représentatif de cet effluent seulement si la caractérisation de la source de contamination est complète (couvre tous les paramètres présents), puisqu'il représente le cumul des charges pondérées;
- Les valeurs absolues de l'indice de standardisation global des charges de contaminants sont peu significatives, elles sont utilisées uniquement à des fins comparatives de l'importance relative des différentes sources de pollution;
- Sur une base inter-annuelle, la valeur intégrante de l'indice permettra de fournir une estimation de l'évolution de la charge toxique totale déversée dans le fleuve; cela en termes de pourcentage de variation de l'indice de standardisation global par rapport à la valeur de l'indice pour une année de référence.

4.5.1 Méthode de calcul de l'indice de standardisation des charges de contaminants

Deux postulats sous-tendent donc l'indice proposé. Celui-ci est:

- 1) directement proportionnel à la charge de contaminant rejetée;
- 2) inversement proportionnel au critère de toxicité chronique pour la vie aquatique.

Ainsi, pour des valeurs élevées de charge en contaminants et des valeurs faibles de concentration toxique chronique de référence, on obtient des valeurs élevées de l'indice de standardisation.

Un troisième postulat contribue à structurer l'indice:

- 3) l'indice de standardisation global des charges en contaminants est la somme des indices de chacun des paramètres mesurés.



Cet indice ne tient pas compte des interactions physico-chimiques entre les paramètres lorsque plusieurs contaminants sont présents dans le milieu. Finalement, il est bon de noter ici que la dilution dans le milieu n'est pas prise en compte non plus; cependant, une telle démarche peut être implantée lorsque les facteurs de dilution de l'effluent dans le milieu récepteur sont connus, suite à des tests de diffusion ou par modélisation. L'indice de standardisation des charges de contaminants proposé (I_{st}) est donc formalisé par la relation suivante:

$$I_{sg} = \sum_{i=1}^n I_i$$

et

$$I_i = M_i * (1 / C_i)$$

où

I_{sg} : indice de standardisation global de l'effluent (unité standard) pour "n" paramètres

I_i : indice de standardisation de l'effluent pour le paramètre i (unité standard)

M_i : la charge journalière moyenne basée sur la charge annuelle de l'effluent pour le paramètre i (kg/d)

C_i : valeur du critère de toxicité chronique du paramètre i (mg/L)

Exemple pour l'effluent de la compagnie les Aciers Inoxydables Atlas inc.:

Cuivre: $M_i = 0,99$ kg/d; $C_i = 0,002$ mg/l

$$I_i = 0,99 * 1 / 0,002$$

$$I_i = 495 \text{ unités standard}$$

Mercure: $M_i = 0,0046$ kg/d; $C_i = 0,000006$ mg/l

$$I_i = 0,0046 * 1 / 0,000006$$

$$I_i = 767 \text{ unités standard}$$

Chrome $I_i = 58\,000$ unités standard

Cadmium $I_i = 1\,875$ unités standard

Nickel $I_i = 70$ unités standard

Nitrates $I_i = 8,5$ unités standard



Zinc $I_i = 4,8$ unités standard

$$I_{sg} = 58\,000 + 1\,875 + 767 + 495 + 70 + 8,5 + 4,8$$

$$I_{sg} = 61\,220 \text{ unités standard}$$

4.5.2 Paramètres problématiques et appréciation de l'importance globale des effluents

L'exemple précédent illustre bien l'influence de la toxicité sur l'indice. Le mercure qui, malgré une charge relativement faible par rapport au cuivre, est affecté d'une grande toxicité (Hg 330 fois plus toxiques que le Cu) et contribue de façon plus importante à la valeur de l'indice de standardisation global que le cuivre.

Sur cette base comparative, les indices de standardisation ont été calculés pour les trois industries du secteur lac Saint-Pierre qui déversent leurs rejets liquides directement dans le fleuve. Certaines substances rares, mais présentes dans les effluents industriels, ne possèdent pas de critères de toxicité chronique pour la vie aquatique (ex.: vanadium, titane). Ces contaminants n'ont donc pas été considérés dans le calcul de l'indice de standardisation global, ce qui peut apporter une certaine imprécision quant à sa bonne représentativité. Les valeurs sont compilées dans le tableau 5. L'indice de standardisation y est présenté par paramètre pour chacune des industries et pour l'ensemble des industries. Ceci permet de mettre en évidence les paramètres les plus problématiques en termes "d'effet toxique potentiel" et de situer l'importance relative d'une industrie par rapport à une autre.

Sur cette base, l'industrie qui contribue le plus à l'apport toxique dans le milieu aquatique est la QIT-Fer et Titane inc.. Son indice de standardisation global s'élève au delà de 600 000 unités, ce qui est près de trois fois supérieur à celui de la compagnie Tioxide Canada inc. et plus de dix fois supérieur que celui de la compagnie les Aciers Inoxydables Atlas inc., div. Sammi-Atlas. Tioxide Canada inc. vient en second lieu avec un indice global qui se situe aux environs de 170 000 unités. Son indice est près de trois fois supérieur à celui de la compagnie les Aciers Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas inc. (environ 60 000 unités).



Tableau 5 - Indices de standardisation des rejets industriels du lac Saint-Pierre

Groupe de paramètres	Paramètres	Indice de standardisation			
		Atlas	Tioxide	QIT	Total des industries
1	Chrome	58 000	96 500	162 625	317 125
	Fer	0	52 607	176 736	229 343
	Cuivre	495	240	201 100	201 835
2	Sulfures	0	0	41 250	41 250
	Mercure	767	1 833	23 433	26 033
	Cadmium	1 875	325	19 725	21 925
	Plomb	0	542	17 904	18 446
	Aluminium	0	17 640	0	17 640
3	Cyanures	0	260	5 340	5 600
	Zinc	4,8	48	4 332	4 385
	Nickel	70	18	1 722	1 810
4	Ammoniaque	0	80	0	80
	Chlorures	0	22	0	22
5	Nitrates	8,5	0	0	8,5
	Phénols	0	0	0,80	0,8
	Arsenic	0	0,26	0	0,26
	I_{tg}	61 220	170 115	654 168	885 503

Globalement, les indices de standardisation des paramètres varient par sept ordres de grandeur, soit entre 0,3 et 162 625 unités. Selon ces ordres de grandeur, les paramètres mesurés aux trois industries sont divisés en cinq groupes présentés ci-dessous selon l'importance de leur toxicité.

Dans le premier groupe, le paramètre qui se démarque le plus est le chrome (Cr) qui est présent dans les trois effluents et dont l'indice de standardisation cumulé est de 317 125 unités. Viennent ensuite le fer et le cuivre respectivement avec des indices de standardisation cumulatifs de 229 343 et 201 835 unités; ces deux contaminants sont présents principalement dans les effluents de QIT. Ces trois métaux (Cr, Fe et Cu) semblent les plus problématiques des rejets industriels dans ce secteur.



Le deuxième groupe, qui se situe dans un ordre de grandeur moindre, regroupe l'influence des contaminants suivants: les sulfures, le mercure, le cadmium, le plomb et l'aluminium. Les sulfures (41 250 unités de standardisation) proviennent exclusivement de la compagnie QIT-Fer et Titane Inc. Pour le mercure, le cadmium, le plomb et l'aluminium, les indices cumulatifs se situent autour de 20 000 unités de standardisation.

Les cyanures, le zinc et le nickel composent un troisième groupe de contaminants dont l'indice de standardisation est encore un ordre de grandeur inférieur. Ces substances toxiques se retrouvent principalement dans les effluents de QIT.

Finalement, l'ammoniaque et les chlorures se retrouvent dans un quatrième groupe de contaminants qui sont déversés par Tioxide Canada Inc. et représente respectivement 80 et 22 unités. Les nitrates, les phénols et l'arsenic composent le cinquième et dernier groupe de contaminants qui ont été détectés en très faibles quantités.

4.6 Influence locale des rejets industriels sur les usages

Les émissaires des trois industries se déversant directement au fleuve sont tous situés en amont de la rivière Richelieu, soit dans le secteur de Tracy Saint-Joseph-de-Sorel.

Leurs panaches de diffusion dans le fleuve sont facilement observables par photographies aériennes et par télédétection. Ces panaches, qui se mélangent peu aux eaux fluviales, longent la rive sud à quelques 100 mètres de celle-ci jusqu'à l'embouchure de la rivière Richelieu. A partir de ce point, les panaches industriels poursuivent leur évolution vers le lac Saint-Pierre en se mélangeant graduellement avec les deux masses d'eaux adjacentes, soit les eaux vertes de la région de Montréal et les eaux de la Richelieu (Leclerc, 1991).

Mis à part le fait que l'usage vie aquatique existe sur tout le territoire d'étude, le secteur de Tracy-Sorel renferme peu de sites à caractère plus local (zones de frai et de pêche). Les seuls usages répertoriés dans ce secteur sont de type "pêche récréative" et sont situés au niveau des marinas Beaudry et Sorel. Un autre secteur de pêche récréative se retrouve à Saint-Ignace-de-Loyola. Toutefois, ce dernier ne peut être affecté par les rejet industriels car il est pratiquement impossible, pour les contaminants industriels, de franchir sur un axe nord-sud la



masse des eaux vertes de la région de Montréal. Les autres usages se retrouvent à la hauteur du réservoir du chenal des Barques (frayères), à plus de dix kilomètres de l'embouchure de la Richelieu.

Pour évaluer sommairement l'effet local des panaches industriels sur la qualité de l'eau, une évaluation des concentrations résultantes après une certaine dilution dans le milieu récepteur est donnée. Pour simplifier l'interprétation des données, les valeurs de dilution sont calculées à 300 mètres du point de rejet. Lorsque la valeur de dilution calculée excède la valeur 100, on utilise directement la valeur 100. Cette valeur de dilution de 100 est retenue conformément aux méthodes d'évaluation du MENVIQ (Richard, 1991) pour fixer les objectifs de qualité des rejets industriels.

La dilution des effluents industriels a été calculée à 300 mètres en tenant compte de l'angle d'ouverture du panache (basé sur des résultats de tests de diffusion réalisés en 1991 dans le secteur), de la profondeur du fleuve, de la largeur attendue du panache à 300 mètres du point de rejet, et de la vitesse du courant (INRS-ASSEAU, 1991).

Voici un exemple de calcul pour la dilution d'un effluent à 300 mètres du point de rejet industriel:



les Aciers Inoxydables Atlas inc., div. Sammi-Atlas

$$\text{Dilution} = Q_p / Q_e$$

Q_p = Débit moyen (m^3/s)
dans la section du
panache à 300 m

Q_e = Débit à l'effluent (m^3/s)

$$Q_p = l \times h \times v$$

$$Q_p = 23 \text{ m} \times 4,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m/s}$$

$$Q_p = 63 \text{ m}^3/\text{s}$$

300 mètres

l = Largeur du panache à 300 mètres (m)

h = Profondeur du fleuve à 300 mètres(m)

v = vitesse moyenne (m/s) du courant à

$$Q_e = 0,313 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Dilution} = Q_p / Q_e$$

$$\text{Dilution} = \frac{63 \text{ m}^3/\text{s}}{0,313 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\text{Dilution} = 203$$

Tel qu'observé au tableau 6, toutes les estimations montrent un dépassement de la valeur de 100 en termes de dilution. Les élévations de dépassement de la concentration résultante dans le milieu récepteur par rapport aux critères de toxicité chronique pour la vie aquatique seront donc réalisées sur la base de la valeur de dilution de 100.



Tableau 6 - Valeur de dilution des effluents industriels à 300 mètres du point de rejet

	Atlas	Tioxide	QIT n° 1	QIT n° 2
<u>Panache</u>				
Profondeur (m)	4,6	4,6	13,6	13,6
Vitesse (m/s)	0,6	0,6	0,7	0,7
Largeur (m)	23	23	23	16
Débit dans la section du panache (m ³ /s)	63	63	219	152
Angle d'ouverture (degré)	5	5	5	3
<u>Effluent</u>				
Débit (m ³ /s)	0,313	0,154	1,8	0,125
Dilution calculé à 300 mètres (Q_p / Q_e)	203	412	122	1 219
Dilution utilisée (< ou = 100)	100	100	100	100

Les profondeurs et les vitesses de courant proviennent de mesures prises sur le terrain lors de la caractérisation hydrodynamique et de la qualité de l'eau effectuées par l'INRS-Eau le 24 juillet 1990.

Ces valeurs ont permis d'évaluer les dépassements des critères de qualité qui sont présentés au tableau 7.

Tableau 7 - Dépassement des critères de qualité de l'eau pour la vie aquatique (toxicité chronique) après une dilution de l'effluent de 100

Paramètre	Atlas (mg/L)	Tioxide (mg/L)	QIT N° 1 (mg/L)	QIT N° 2 (mg/L)	*Critère (mg/L)
Plomb	-	0,0005	0,002	0,002	0,0024
Cadmium	0,00025	0,0002	0,0005	0,0002	0,0008
Zinc	0,00014	0,0033	0,019	0,0005	0,088
Mercure	0,000002	0,000008	0,000007	0,000004	0,000006
Nickel	0,003	0,0017	0,011	0,002	0,13
Cuivre	0,0003	0,00018	0,02	0,0005	0,002
Chrome	0,04	0,145	0,013	0,047	0,002
Fer	-	11,9	2,65	0,017	0,3
Aluminium	-	1,33	-	-	0,1
Arsenic	-	0,00001	-	-	0,05
Sulfures	-	-	0,004	0,001	0,002
Cyanures	-	0,00005	0,0001	0,0003	0,0005
Chlorures	-	3,79	-	-	230
Nitrates	0,116	-	-	-	40
Ammoniaque	-	0,048	-	-	0,8
Phénols	-	-	-	-	2,56

* Les critères de qualité de l'eau proviennent de "Critères de qualité d'eau douce. Rapport préliminaire n° EMA88-09, Ministère de l'Environnement du Québec, 1990b."

Les valeurs en caractères gras indiquent les dépassements de critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (toxicité chronique).

Lorsque les valeurs de concentration à l'effluent étaient inférieures au seuil de détection, la moitié de la valeur du seuil était attribuée, car ces contaminants sont fortement soupçonnés de se retrouver dans l'effluent.

Les calculs de dilution ont permis d'évaluer les dépassements des critères de qualité de l'eau (toxicité chronique) pour les différents paramètres issus des rejets industriels. Selon ces calculs, on enregistre des dépassements au niveau du mercure (Hg), du cuivre (Cu), du chrome (Cr), du fer (Fe), de l'aluminium (Al) et des sulfures (tableau 7).



5. APPORTS DES TRIBUTAIRES

Un bilan des apports en substances toxiques en provenance des tributaires du tronçon est présenté dans cette section. Cet inventaire est réalisé à partir des données disponibles sur la qualité de l'eau provenant du réseau de mesure du MENVIQ (Réseau-rivières). Ce réseau de mesure est axé sur la caractérisation de paramètres généraux de la qualité de l'eau. Au niveau des contaminants dits "toxiques", seules des informations concernant les métaux sont disponibles. Ce sont donc ces paramètres qui sont compilés pour les tributaires du lac Saint-Pierre. Il est important de souligner que les méthodes analytiques utilisées par les laboratoires du MENVIQ mesurent seulement les formes extractibles des métaux alors que ceux d'Environnement Canada mesurent les formes dissoutes et totales. Par contre, les laboratoires d'Environnement Canada considèrent les formes extractibles, mesurées par les laboratoires du MENVIQ, comme étant des formes totales car les deux méthodes d'analyse (extractible pour le MENVIQ et totale pour Env. Can.) donnent des résultats similaires. Ainsi, les concentrations en métaux qui sont traités dans ce document sont des formes totales qui sont jugées comparables (Simoneau, 1991).

Les rivières dont il est question dans ce document pour leurs apports en contaminants dans le lac Saint-Pierre sont la Richelieu, la Yamaska, la Saint-François, la Bayonne, la Maskinongé et la du Loup. La rivière Nicolet est exclue car elle se situe hors des limites de la ZIP 11. Les tributaires Chicot, Yamachiche et d'autres petits tributaires n'ont pu être considérés puisqu'aucune station de qualité de l'eau n'est en opération sur leur bassin versant. Cependant, la contribution de ces tributaires semble négligeable, puisque selon les superficies des bassins versants se drainant dans le tronçon à l'étude, leurs superficies représentent à peine 2% de la superficie totale.

La station de qualité choisie pour chaque rivière est celle située la plus près de l'embouchure. Exceptionnellement, la rivière Saint-François se voit attribuer deux stations de qualité de l'eau puisque les données sur le cuivre de la station la plus près de l'embouchure (Pierreville) ne peuvent être utilisées en raison d'une contamination. En effet, les échantillons prélevés à l'usine de filtration de l'eau potable de la municipalité s'avèrent inutilisables puisque cette dernière est équipée d'un système de canalisation en cuivre. Les calculs de la charge en cuivre sont donc effectués avec les données de la station Réseau-rivières située à Richmond. Notons



que les données de l'année 1985, plutôt que celles de l'année 1986, serviront aux calculs des charges en cuivre puisqu'aucun échantillonnage n'a été effectué à cette station en 1986. Les données de concentration en nickel, zinc, plomb, fer, manganèse et cadmium datent, quant à elles, de 1986 et proviennent de la station Réseau-rivières située à Pierreville.

Les données de base sur les débits des différents tributaires proviennent de la Direction du réseau hydrique du MENVIQ. Bien que certaines rivières soient munies de plus d'une station hydrométrique sur son cours, la station utilisée dans ce document est celle qui est située le plus près de l'embouchure. Une correction a donc dû être apportée aux débits mesurés à la station en fonction de la superficie du bassin à l'embouchure. Cette correction est expliquée plus en détails à la section 5.2. Les superficies des bassins versants des tributaires sont fournies par la Direction du réseau hydrique du MENVIQ ou par le Réseau-rivière du MENVIQ. Elles peuvent aussi être tirées d'une étude antérieure sur les tributaires québécois (ENTRACO, 1989).

Les rivières ne possédant pas de station hydrométrique sur leur cours se voient attribuer une valeur de débit à partir de mesures effectuées sur une rivière avoisinante. La rivière de référence pour le débit est sélectionnée en fonction de caractéristiques physiographiques comparables. Évidemment, un réajustement de la valeur du débit est effectué en fonction de la superficie des bassins versants.

Pour chaque tributaire pour lequel suffisamment de données sont disponibles, une évaluation de la charge annuelle déversée en kilogramme par jour est réalisée, considérant une situation moyenne sur l'année. Sur une base journalière, une distinction entre les apports d'une journée type d'été et de printemps est effectuée de façon à mettre en évidence l'importance des saisons hydrologiques dans le processus d'apport en contaminants.

5.1 Année de référence pour le bilan des tributaires

Afin de caractériser les apports des tributaires pour l'année 1989, les données de qualité les plus récentes sont utilisées pour estimer les charges. Toutefois, suite à une première recommandation du MENVIQ, les années d'échantillonnage de 1987 à 1991 de la banque de données de Réseau-rivières ont dû être omises en raison d'une contamination lors de l'analyse



des métaux. Pour les stations de qualité provenant de Réseau-rivières, l'année d'échantillonnage la plus récente est donc 1986 ou une année antérieure si les données sont insuffisantes. Dans le cas des trois tributaires de la rive nord du lac Saint-Pierre, l'année 1985 a dû être utilisée car le programme d'échantillonnage du gouvernement provincial a été interrompu en février 1986 sur ces cours d'eau. Notons qu'une seconde recommandation du MENVIQ, reçue après le parachèvement du présent document, mentionnait que l'utilisation des valeurs de concentration des métaux cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb et zinc pour les années 1984 à 1991, doit être faite avec grande précaution, suite au problème mentionné ci-haut. Ainsi, la seconde recommandation n'a pas pu être intégrée au document. Le tableau 8 indique l'année de référence retenue pour les tributaires étudiés. Notons que les codes hydrographiques des rivières contenus dans ce tableau ainsi que dans de nombreux autres, sont ceux utilisés par le MENVIQ. Ces codes lui servent à classer les bassins versants sur le territoire du Québec.

Tableau 8 - Année de référence pour le calcul des charges des tributaires

Code	Rivière	Année de référence
302	St-François	1986 (1985 pour le cuivre)
303	Yamaska	1986
304	Richelieu	1986
524	Bayonne	1985
526	Maskinongé	1985
528	Du Loup	1985

Le choix de l'année d'évaluation pour la quantification des charges est expliqué plus en détail dans la fiche descriptive propre à chaque rivière (voir le document annexe complémentaire au présent rapport).

Il est important de noter que les charges en métaux calculées pour les tributaires doivent être considérées uniquement à titre indicatif, de manière à fournir un ordre de grandeur des apports. Ceci est dû à la faible représentativité des données de base servant à évaluer les charges (les concentrations mesurées sont peu nombreuses et souvent inférieures au seuil de détection).



Concernant l'année de référence pour les tributaires, elle n'est pas toujours la même d'un tributaire à l'autre (tel qu'indiqué au tableau 8). Étant donné que le débit influence grandement l'estimation de la charge, nous avons répertorié les valeurs de débit annuel moyen sur quelques années pour les tributaires majeurs, de façon à vérifier si l'année d'évaluation retenue ne constituait pas un cas extrême non représentatif. A cet effet, le tableau 9 présente l'évolution du débit moyen annuel à l'embouchure des trois principaux tributaires du lac Saint-Pierre pour la période comprise entre 1980 et 1987.

Le tableau 9 montre que par rapport à la moyenne des débits annuels de la période étudiée (1980 à 1987), la variation du débit des années 1985 et 1986 est faible. En effet, pour les trois tributaires, les débits de 1985 sont inférieurs de 10% à la moyenne des huit années étudiées alors que les débits de 1986 excèdent cette moyenne de 10%. Cette faible variation justifie l'utilisation des années 85 et 86 pour caractériser les charges des tributaires. En ce qui concerne la comparaison directe entre l'année 1985 et 1986, la variation de débit pour les trois tributaires considérés est de 10 à 25%. Malgré cette variation, les données de qualité de ces années seront tout de même utilisées puisqu'elles constituent les données les plus valables parmi celles qui sont présentement disponibles.

Tableau 9 - Module annuel (m³/s) sur la période 1980 à 1988 pour les rivières Richelieu, Saint-François et Yamaska

Année	Débit moyen annuel (m ³ /s)		
	Rivière Richelieu	Rivière St-François	Rivière Yamaska
1980	268	150	71
1981	429	219	126
1982	354	215	99
1983	450	267	137
1984	456	208	83
1985	326	198	82
1986	410	222	109
1987	330	185	65
Moyenne	378	208	97



5.2 Méthode de calcul des charges

La station de qualité de plusieurs rivières n'étant pas située directement à l'embouchure, un inventaire des sources potentielles de contamination en aval de la station de qualité a été effectué pour chaque tributaire. Les sources de contamination répertoriées sont toutes de type municipal. Celles-ci sont présentées dans les fiches descriptives des tributaires disponibles à l'annexe B du document annexe. Le calcul des charges de ces municipalités est d'ailleurs discuté à la section 6.2. Les charges municipales sont intégrées aux charges des tributaires dans la section 8 intitulée "Comparaison des sources majeures de contamination".

Afin d'ajuster le débit des rivières dont la station hydrométrique n'est pas située près de l'embouchure, une correction est effectuée en fonction de la superficie du bassin au niveau de la station de débit et de la superficie du bassin à l'embouchure. Cette correction de débit (Q) est obtenue selon la formule suivante:

$$Q_{\text{embouchure}} = Q_{\text{station}} \times \frac{\text{Superficie près de l'embouchure}}{\text{Superficie station}}$$

Les superficies des bassins versants à l'embouchure, aux stations de qualité et aux stations hydrométriques sont fournies au tableau 10.



Tableau 10 - Superficie des bassins versants des tributaires du lac Saint-Pierre à l'embouchure, à la station de qualité et à la station de débit

Rivière	Superficie à l'embouchure (km ²)	Superficie à la station de qualité (km ²)	Superficie à la station de débit (km ²)
<u>Rive sud</u>			
St-François	10 230	10 200	9 600
Yamaska	4 843	4 510	1 230
Richelieu	23 720	23 700	22 000
<u>Rive nord</u>			
de la Chaloupe	135	----	----
Bayonne	348	347	----
Chicot	198	----	----
Maskinongé	1 140	1 100	1 030
Petite du Loup	89	----	----
du Loup	1 528	1 520	774
Petite Yamachiche	90	----	----
Yamachiche	275	----	----
Total	42 596	41 377	----

—: donnée non disponible

Source: Direction du réseau hydrique du MENVIQ, Réseau-rivière du MENVIQ et Entraco (1989)

La présence de valeur de concentration sous le seuil de détection de la méthode de laboratoire résulte en un certain degré d'incertitude sur l'estimation des charges, puisque la concentration réelle peut varier entre zéro et cette valeur seuil. Une évaluation de la charge en considérant ces deux valeurs limites de concentration permet au moins de déterminer l'intervalle dans lequel est contenue la charge réelle du tributaire. La limite supérieure de l'intervalle est déterminée en assignant la valeur du seuil de détection à cette limite, soit en ne tenant pas compte du signe "plus petit que" (<). La limite inférieure de l'intervalle est déterminée en fixant la concentration comme étant nulle, soit en remplaçant toutes les concentrations précédées du signe "plus petit que" (<) par zéro. Une moyenne des concentrations de la période d'échantillonnage choisie est effectuée pour chacune des limites afin d'obtenir une concentration moyenne pour la limite considérée après le calcul de charges. Une moyenne



entre les limites inférieure et supérieure de la charge est effectuée afin de comparer plus facilement les différents tributaires.

5.3 Calcul de la charge journalière moyenne annuelle

La charge journalière moyenne annuelle est l'apport moyen de contaminants transportés quotidiennement par une rivière pendant une année donnée. Quoique donnée en kg/jour, cette variable traduit un phénomène annuel moyen. Dans le texte qui suit, la charge journalière moyenne annuelle sera désignée par l'expression simplifiée "charge annuelle".

Idéalement, pour déterminer la "charge annuelle" d'un tributaire, il faudrait échantillonner la rivière assez fréquemment pour intégrer les divers événements hydrologiques et tenir en compte des cycles de rejet des diverses sources de contamination du bassin. On pourrait par la suite obtenir une marge annuelle représentative de la situation. En se basant sur les données historiques, on dispose de seulement trois à dix-sept jours d'échantillonnage pour les tributaires du fleuve Saint-Laurent.

Les jours non échantillonnés se voient alors attribuer la concentration en contaminants de la date d'échantillonnage la plus rapprochée. En fonction des jours d'échantillonnage, il est alors possible de séparer l'année en périodes durant lesquelles la même concentration sera associée au débit journalier. L'année est donc séparée en autant de périodes qu'il y a de jours d'échantillonnage puisque les dates d'échantillonnage sont toujours espacées dans le temps et qu'elles ne sont donc pas consécutives.

La formule suivante sert à calculer la charge annuelle:

$$M_x = k \sum_{i=1}^p Q_i * [X_i]$$

où,

M_x : la charge journalière moyenne annuelle pour le paramètre X (kg/d);

p : le nombre de périodes échantillonnées;

Q_i : la somme des débits corrigés à l'embouchure pour la période i (m³/s);



$[X_i]$: la concentration du contaminant X pour la période i (mg/L)

k : une constante d'homogénéité des unités calculée comme suit:

$$k = \frac{(a)}{1000} \times \frac{(b)}{365} = 0,237$$

a) constante d'homogénéité des unités pour amener $Q_i * X_i$ en kg/d

$$(Q_i) \frac{m^3}{j} \times (x_i) \frac{mg}{L} \times \frac{86400s}{1 \text{ jour}} \times \frac{1000L}{1 m^3} \times \frac{1 kg}{10^6 mg}$$

b) facteur de correction de la charge annuelle cumulée en charge journalière moyenne annuelle.

Ainsi, les opérations suivantes sont réalisées:

- 1- Diviser l'année d'évaluation en périodes qui sont définies en fonction de chaque jour (date) d'échantillonnage. Les dates courantes du 1^{er} janvier au 31 décembre sont utilisées. La première période débute donc le premier jour de l'année alors que la dernière se termine à la fin de l'année. La limite entre les périodes est située à mi-chemin entre deux dates consécutives d'échantillonnage;
- 2- Calculer le débit total chaque période en faisant la sommation de tous les débits journaliers compris entre le début et la fin de chaque période. Corriger chaque débit ainsi obtenu par la superficie du bassin versant à l'embouchure;
- 3- Calculer la charge pour chaque période à l'aide de la concentration et du débit total de la période. Déterminer les charges maximale et minimale pour chaque période en attribuant aux concentrations sous le seuil de détection d'abord, la valeur du seuil de détection, et ensuite, la valeur zéro;
- 4- Additionner les charges minimales pour chaque période afin d'obtenir la charge annuelle minimale pour une période d'un an puis totaliser les charges maximales pour chaque période pour avoir la charge annuelle maximale pour l'année. Diviser les charges annuelles minimale et maximale par le nombre de jours dans une année obtenant ainsi les charges journalières minimale et maximale moyennes annuelles. Ces deux quantités seront désignées par l'expression "charges annuelles minimales" et "charges annuelles maximales".



5.3.1 Exemple de calcul de la charge annuelle

L'exemple de calcul présenté dans cette section porte sur le cuivre contenu dans la rivière Yamaska pour l'année d'évaluation 1986.

- 1- Pour la détermination des périodes de concentration homogène, le tableau 11 présente les dates d'échantillonnage ainsi que les dates correspondant au début et à la fin de chaque période. La période associée à la date d'échantillonnage du 5 janvier 1986 débute le 1er janvier. Pour fixer la fin de cette période, il faut compter le nombre de jours compris entre le 5 janvier et le 2 février. En excluant les jours d'échantillonnage, le total est de 27 jours. La moitié de 27 jours étant de 13,5, il suffit d'ajouter 14 jours au 5 janvier. Cette période se termine donc le 19 janvier. Pour plus de détails sur les périodes, voir la première table des débits journaliers à l'annexe B du document annexe.

La figure 3 permet de visualiser les dates d'échantillonnage et les périodes hydrologiques présentées au tableau 11. Les débits présentés sont ceux mesurés à la station hydrologique mais qui sont corrigés en fonction du bassin versant à l'embouchure.

Tableau 11 - Détermination des périodes de concentration homogène pour la rivière Yamaska

Date d'échant.	Début de la période	Fin de la période
05/01/86	01/01/86	19/01/86
02/02/86	20/01/86	15/03/86
27/04/86	16/03/86	11/05/86
26/05/86	12/05/86	08/06/86
22/06/86	09/06/86	07/07/86
22/07/86	08/07/86	04/08/86
17/08/86	05/08/86	27/08/86
07/09/86	28/08/86	24/09/86
13/10/86	25/09/86	26/10/86
09/11/86	26/10/86	23/11/86
07/12/86	24/11/86	31/12/86

- 2- Détermination du débit moyen correspondant à chaque période dite de concentration homogène et correction du débit mesuré à la station hydrométrique en fonction de la superficie du bassin versant à l'embouchure (voir tableau 12).

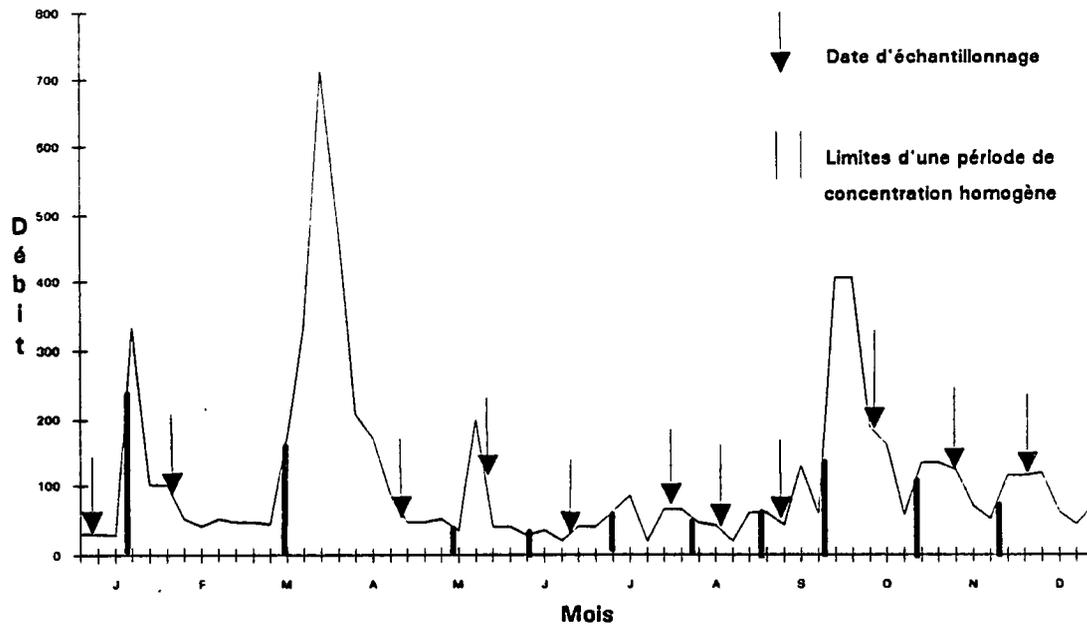


Figure 3 - Périodes de concentration homogène représentées sur l'hydrogramme de la rivière Yamaska à son embouchure pour l'année 1986 (débit en m^3/s)

Tableau 12 - Calcul des débits moyens à l'embouchure de la rivière Yamaska par période d'échantillonnage

Période de concentration homogène		Débit à la station de débit (m^3/s) (1230 km^2)	Débit à l'embouchure (m^3/s) (4843 km^2)
Début	Fin		
01/01/86	19/01/86	144	567
20/01/86	15/03/86	1162	4576
16/03/86	11/05/86	3578	14086
12/05/86	08/06/86	480	1892
09/06/86	07/07/86	339	1336
08/07/86	04/08/86	455	1793
05/08/86	27/08/86	341	1341
28/08/86	24/09/86	747	2943
25/09/86	26/10/86	1023	4027
27/10/86	23/11/86	799	3145
24/11/86	31/12/86	1094	4305

- 3- Les charges minimale et maximale sont calculées au tableau 13 pour chaque période en considérant les valeurs des concentrations sous le seuil de détection comme étant égales d'abord à la valeur du seuil (limite supérieure) et ensuite égales à zéro (limite inférieure).

Tableau 13 - Charges minimale et maximale en cuivre par période d'échantillonnage pour la rivière Yamaska

Période de conc. homogène(1)		Débit (m ³ /s) (2)	Limite supérieure		Limite inférieure	
Début	Fin		Conc. (mg/L)(3)	Charge (kg/pér.)(4)	Conc. (mg/L)(5)	Charge (kg/pér.)(6)
01/01/86	19/01/86	567	<0,0050	245	<0,0000	0
20/01/86	15/03/86	4576	<0,0050	1977	<0,0000	0
16/03/86	11/05/86	14086	0,0060	7302	0,0060	7302
12/05/86	08/06/86	1892	0,0120	1962	0,0120	1962
09/06/86	07/07/86	1336	0,0180	2078	0,0180	2078
08/07/86	04/08/86	1793	<0,0050	775	<0,0000	0
05/08/86	27/08/86	1341	0,0070	811	0,0070	811
28/08/86	24/09/86	2943	0,0130	3306	0,0130	3306
25/09/86	26/10/86	4027	0,0160	5567	0,0160	5567
27/10/86	23/11/86	3145	0,0140	3804	0,0140	3804
24/11/86	31/12/86	4305	0,0120	4463	0,0120	4463
Charge annuelle(kg/an)			maximale:	32289	minimale:	29293
Charge annuelle(kg/d)			maximale:	89	minimale:	80
Moyenne (kg/d)			84			

< Sous le seuil de détection

() Numéro de la colonne

- 4- La charge annuelle maximale totale pour une année est obtenue en additionnant les résultats de la colonne 4 du tableau 13, alors que la sommation de la colonne 6 donne la charge annuelle minimale totale pour l'année. Les charges annuelles minimale et maximale par jour (kg/d) montrées à l'avant dernière ligne du tableau 13 sont obtenues en divisant les valeurs de charge annuelle par 365 jours. Pour l'année 1986, la charge annuelle en cuivre de la rivière Yamaska se situe entre 80 et 89 kilogrammes par jour. La moyenne entre ces deux limites est de 84 kg/d.



5.4 Calcul des charges journalières printanière et estivale

Les charges saisonnières données en kg/d désignent la charge journalière moyenne pendant une saison donnée. Les saisons visées sont le printemps et l'été. Dans le texte qui suit, la charge moyenne journalière printanière et la charge journalière moyenne estivale seront désignées respectivement par l'expression "charge printanière" et "charge estivale".

Le calcul des charges printanière et estivale nécessite au départ de distinguer les périodes hydrologiques qui sont associées à la crue printanière et à l'étiage estival. Pour chacun des tributaires, la distinction de ces événements hydrologiques est réalisée à partir des données de débit journalier correspondant à l'année de référence. Les périodes se distinguent à partir de l'hydrogramme. Par exemple, l'observation d'une démarcation importante des valeurs de débit à l'intérieur de quelques jours seulement (ex. variation du simple au double de la valeur de débit sur deux jours consécutifs) suivie d'une progression de la variation sur plusieurs jours, permettrait de distinguer le début d'une nouvelle période..

Bien qu'elle revête un certain caractère arbitraire, cette méthode permet de discriminer assez facilement les périodes printanière et estivale qui sont les plus évidentes comparativement à la crue automnale et l'étiage hivernal qui se manifestent de façon moins extrême. Notons que l'exercice vise essentiellement à sélectionner une période représentative des événements hydrologiques de printemps et d'été, et cela en fonction de la disponibilité de données de qualité à l'intérieur de ces périodes. Finalement, cette démarche permet d'obtenir une estimation de charge pour une journée type de ces événements.

Pour obtenir l'évaluation des charges, les opérations suivantes ont été réalisées:

- 1- La détermination des périodes de crue et d'étiage est faite à partir des données journalières de débits pour l'année choisie. Il est à noter que la détermination des saisons hydrologiques a toujours été effectuée par le même individu afin de réduire les erreurs d'appréciation.
- 2- Les valeurs de débit à la station de mesure sont corrigées pour représenter la superficie du bassin versant à l'embouchure.



-
- 3- On sélectionne les données de qualité de l'eau dont les dates d'échantillonnage se retrouvent à l'intérieur de la période de crue ou d'étiage.
 - 4- On calcule une concentration maximale et minimale représentative de la saison:
 - pour calculer la concentration moyenne maximale, on effectue la moyenne des concentrations en attribuant aux valeurs sous le seuil de détection la valeur du seuil de détection;
 - afin de calculer la concentration moyenne minimale, on effectue la moyenne en affectant la valeur "0" aux concentrations sous le seuil de détection.
 - 5- On calcule les charges maximale et minimale à partir du débit moyen de la période (printanière ou estivale) qu'on applique aux concentrations moyennes maximales et minimales. Finalement, une valeur unique est présentée en rapportant la moyenne des charges maximale et minimale.

5.4.1 Exemple de calcul des charges printanière et estivale

L'exemple de calcul présenté dans cette section porte également sur les charges en cuivre de la rivière Yamaska pour l'année d'évaluation 1986.

- 1- D'après l'analyse menée sur la table des débits journaliers de la Yamaska (voir le document annexe du présent rapport - deuxième table de débits à l'annexe B du document annexe), la crue printanière s'étend du 12 mars au 23 avril 1986 (voir figure 4). Le débit de la journée du 13 mars se démarque de façon significative de la journée précédente puisqu'il passe de 11,4 à 20,0 m³/s. La période de crue se termine au 23 avril, puisque le débit journalier redescend aux environs de 20 m³/s. Pour la saison estivale, une période s'étalant entre le 5 juin et le 25 juillet est jugée représentative.
- 2- Les dates d'échantillonnage de qualité de l'eau disponibles sont identifiées pour les deux saisons. Pour le printemps, la seule donnée disponible est celle du 27 avril. Cette dernière a été utilisée en raison de son rapprochement de la période printanière. La saison estivale retenue compte deux dates d'échantillonnage, soit les 22 juin et 22 juillet.

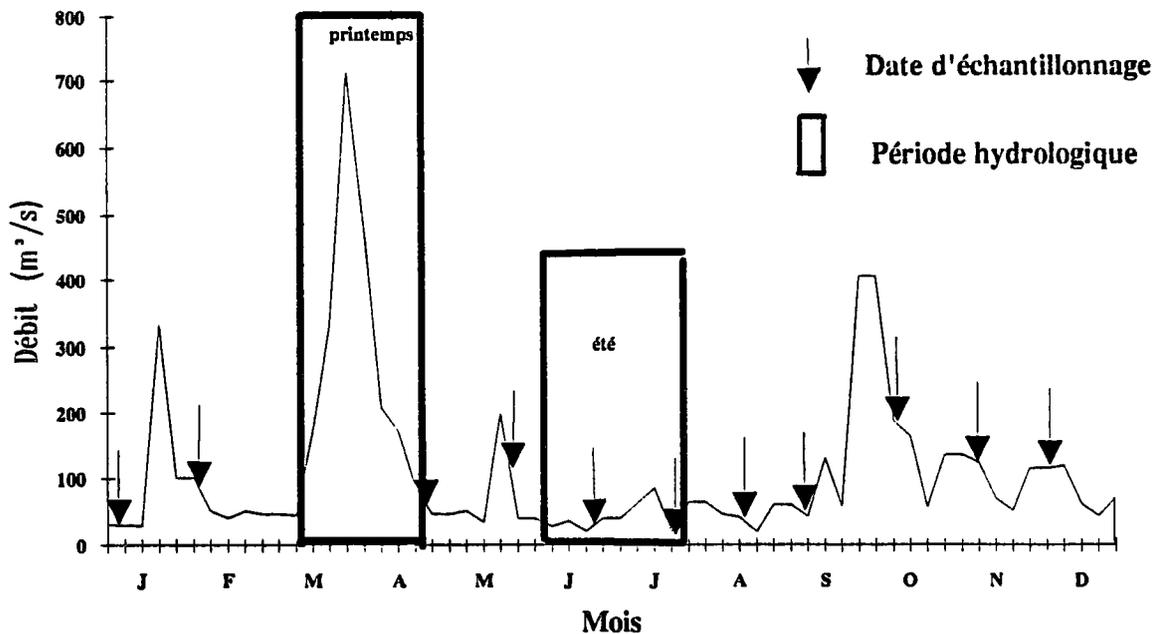


Figure 4 - Saisons printanière et estivale représentées sur l'hydrogramme de la rivière Yamaska à l'embouchure pour l'année 1986 (débit en m^3/s)

- 3- On effectue le calcul de la concentration moyenne et des charges minimale et maximale pour chaque saison. Le tableau 14 présente le calcul du débit moyen à la station servant à le corriger en débit moyen à l'embouchure. Ce dernier est utilisé dans des calculs de charges. Tel que présenté au tableau 15, la charge printanière est obtenue directement en multipliant par le débit puisqu'une seule valeur de qualité est disponible et que cette valeur est supérieure au seuil de détection. Pour la charge estivale, on dispose de deux valeurs de concentration dont l'une est sous le seuil de détection. Dans ce cas, on évalue la concentration qui servira au calcul de la charge maximale en affectant la valeur du seuil de détection à la concentration mesurée sous le seuil. On effectue ensuite une moyenne entre les deux valeurs de concentration, soit entre la valeur du seuil et la valeur réellement

mesurée (0,0180 mg/l). Cette moyenne de concentration sert au calcul de la charge maximale.

La concentration servant au calcul de la charge minimale est obtenue par la même procédure mais en affectant la valeur "zéro" à la concentration mesurée sous le seuil. On obtient finalement la "charge moyenne" en effectuant la moyenne des charges minimale et maximale.

Tableau 14 - Valeurs corrigées des débits moyens printanier et estival (m³/s) en fonction de la superficie du bassin versant

Saison	Débit à la station hydrométrique (1230 km ²)	Débit à l'embouchure (4843 km ²)
Printemps	79,1	311,5
Été	9,9	39,0



Tableau 15 - Évaluation des concentrations moyennes et des charges minimale et maximale en cuivre pour le printemps et l'été

Saison	Valeur affectée aux mesures sous le seuil de détection	Débit (m ³ /s)	Date d'échant.	Concentration (mg/L)	Charge (kg/d)
Printemps (a)	-	312	27-04-86	0,0060	162
Été (b)	Pour le calcul du maximum:0,0050	39	22-06-86 22-07-86	0,0180 *0,0050 Moy. 0,0115	Max.: 39
	Pour le calcul du minimum:0,0000	39	22-06-86 22-07-86	0,0180 *0,0000 Moy. 0,0090	Min.: 30 Moy.: 35

* Valeur sous le seuil de détection

a) Situation où la valeur de concentration n'est pas sous le seuil de détection.

b) Situation où la valeur de concentration est sous le seuil de détection (<0,0050).

- 4- La charge printanière en cuivre pour la rivière Yamaska en 1986 est égale à 162 kilogrammes pour une journée moyenne. La charge estivale, quant à elle, varie entre 30 et 39 kilogrammes pour une journée type d'été avec une valeur moyenne de 35 kg/d (voir tableau 15).

5.5 Estimation de l'imprécision sur l'évaluation de la charge

L'objectif majeur de l'évaluation des charges des tributaires est de pouvoir les comparer entre eux. Il est important de tenir compte de l'imprécision associée à ces estimations et ce faisant, d'éviter d'utiliser les valeurs en termes absolus. Il faut tenir compte de l'imprécision de base associée aux mesures de concentration et de débit au nombre d'échantillons considérés ainsi qu'aux méthodes de calcul analytique.

L'imprécision associée à la mesure du débit journalier à une station hydrométrique peut atteindre 10% (Barabé, 1990). Cette valeur de 10% est considérée comme l'imprécision de base associée au débit. Elle est donc associée à tous les calculs de charges. D'autres imprécisions peuvent s'ajouter dans deux cas particuliers. Le premier cas touche les tributaires dont la station hydrométrique est localisée à une grande distance de l'embouchure. Dans ce cas, l'imprécision dépend, entre autres, des superficies du bassin versant à l'embouchure et à la station hydrométrique. De façon arbitraire, un pourcentage d'imprécision additionnel de 10% est ajouté lorsque la superficie du bassin versant au niveau de l'embouchure est au moins une fois et demi supérieure à la superficie du bassin au niveau de la station hydrométrique. La rivière Yamaska entre dans cette catégorie puisque sa superficie à l'embouchure (4843 km²) est presque quatre fois supérieure à la superficie enregistrée à la station hydrométrique (1230 km²) (voir tableau 10). L'imprécision associée au débit de la rivière Yamaska est fixée à 20% puisqu'elle résulte de la somme de l'imprécision de base de 10% et de l'imprécision due à l'écart entre les superficies à l'embouchure et à la station hydrométrique qui est également de 10% (voir le tableau 16).

Le deuxième cas se rapporte aux tributaires dont le débit doit être estimé à partir de mesures provenant d'une station hydrométrique située sur un bassin versant voisin. L'imprécision supplémentaire associée à ce deuxième cas est également fixée arbitrairement à 10% puisque les tributaires sans station hydrométrique sont généralement des rivières de moindre importance dont les concentrations en contaminants sont faibles et le débit peu élevé. L'imprécision sur le débit atteint donc 20% pour les tributaires sans station hydrométrique. Parmi les six tributaires étudiés, seule la rivière Bayonne fait partie de cette catégorie puisque la station hydrométrique de la Maskinongé est utilisée pour déterminer son débit. Toutefois, l'écart entre la superficie à l'embouchure de la Bayonne et la superficie à la station



hydrométrique de la Maskinongé est supérieur d'au moins 1,5 fois. Donc, pour la rivière Bayonne, les deux imprécisions supplémentaires fixées à 10% chacune doivent être additionnés à l'imprécision de base de 10% pour obtenir une imprécision totale sur le débit de 30% (voir tableau 16).

D'après la direction des laboratoires du MENVIQ (Blouin, 1991), l'imprécision associée à la méthode d'analyse des métaux lourds dans les eaux de surface peut varier de 2 à 5%. Notons que cette valeur augmente lorsque les concentrations mesurées s'approchent de la valeur du seuil de détection. Considérant que les concentrations mesurées dans les tributaires se situent généralement près du seuil de détection et que la quantité d'échantillonnage est faible (9 à 17 jours échantillonnés sur l'année), un pourcentage d'imprécision est fixé de façon sécuritaire et arbitraire à 15%.

Pour les tributaires du lac Saint-Pierre, notre estimation de l'imprécision totale associée à leurs charges varie donc de 25 à 45% (voir tableau 16).

Tableau 16 - Imprécision totale sur les charges des tributaires du lac Saint-Pierre

Rivière	Cause des imprécisions				Imprécision totale (%)
	Conc. (%) ¹	Débit (%) ²	Superfi. (%) ³	St. débit (%) ⁴	
St-François	15	10	---	---	25
Yamaska	15	10	10	---	35
Richelieu	15	10	---	---	25
Bayonne	15	10	10	10	45
Maskinongé	15	10	---	---	25
du Loup	15	10	10	---	35

1: imprécision due à la méthode de mesure des concentrations

2: imprécision due à la méthode de mesure des débits

3: imprécision due à un écart supérieur à 1,5 fois entre la superficie à la station hydrométrique et la superficie à l'embouchure

4: imprécision due à la sélection de la station hydrométrique provenant d'une rivière avoisinante



5.6 Bilan des apports des tributaires

Le bilan des apports des tributaires comprend un point traitant de l'influence du débit sur les charges et un autre comparant les charges des différents contaminants.

5.6.1 Influence du débit sur les charges

Cette sous-section présente une comparaison des apports journaliers des différents tributaires en termes de charges annuelle, printanière et estivale. Afin de permettre la comparaison des charges des différents tributaires, le tableau synthèse exposé dans cette section (voir tableau 19) présente les charges sous forme de moyenne calculée à partir des charges minimale et maximale. En ce qui a trait aux figures de la section 5.6, les rivières Bayonne, Maskinongé et du Loup sont regroupées sous le nom "tributaires de la rive nord".

Étant donné que les charges sont déterminées à partir de valeurs de concentration qui sont souvent comparables d'un tributaire à un autre et que les débits utilisés sont beaucoup plus variables, l'importance de ces débits dans l'interprétation des charges en question doit évidemment être prise en considération. Un examen des débits moyens pour le printemps, l'été et l'année permet de réaliser que les rivières Bayonne, Maskinongé et du Loup présentent des débits très inférieurs à ceux des rivières Saint-François, Yamaska et Richelieu (voir le tableau 17 et la figure 5). Le tableau 17 montre d'ailleurs qu'aucun des débits des rivières Bayonne, Maskinongé et du Loup ne dépasse 3.1% du débit total de tous les tributaires du lac Saint-Pierre (voir tableau 17). En raison de leur faible débit, ces tributaires ne contribuent donc que très peu aux charges déversées dans le lac Saint-Pierre en comparaison avec la Saint-François, la Yamaska et la Richelieu (voir figure 7).



Tableau 17 - Comparaison des débits utilisés dans le calcul des charges en nickel, zinc, plomb, fer, manganèse, cadmium, chrome et arsenic

Rivière (Année utilisée)	Printemps		Été		Annuel	
	Débit (m ³ /s)	% Apport total	Débit (m ³ /s)	% Apport total	Débit (m ³ /s)	% Apport total
St-François (1986)	789	39,7	68	17,0	222	28,4
Yamaska (1986)	312	15,7	39	9,8	110	14,1
Richelieu (1986)	766	38,5	281	70,3	410	52,5
Bayonne (1985)	14	0,7	1,4	0,4	4,4	0,6
Maskinongé (1985)	47	2,4	4,6	1,2	14	1,8
du Loup (1985)	61	3,1	5,6	1,4	20	2,6
Total	1989	100%	400	100%	780	100%

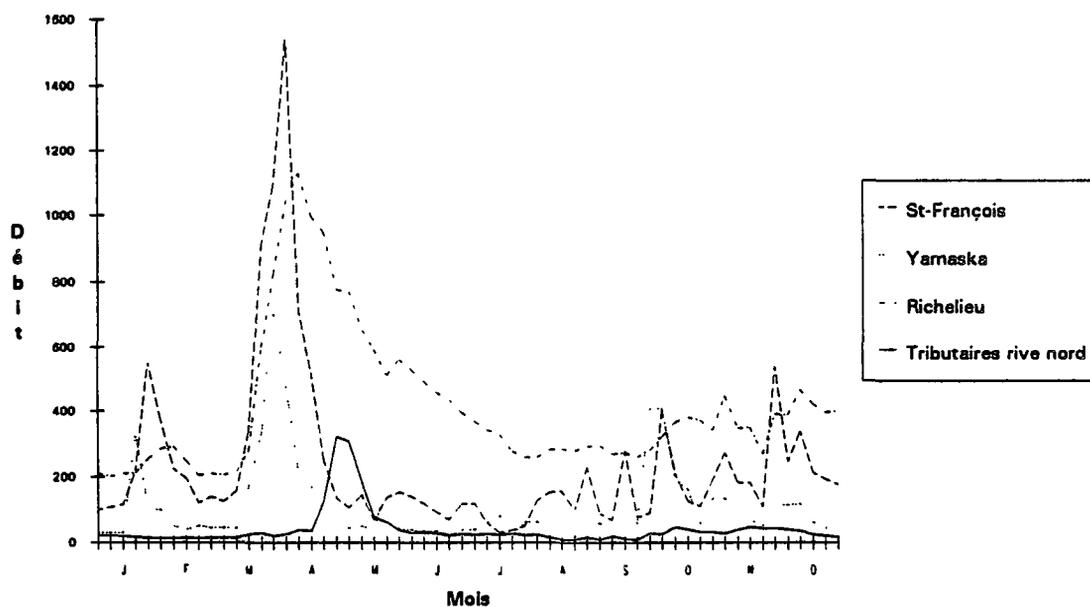


Figure 5 - Hydrogrammes des débits à l'embouchure utilisés pour le calcul des charges en zinc, plomb, nickel, fer, manganèse, cadmium, chrome, et arsenic (m³/s)



En ce qui concerne la comparaison entre les débits des rivières Richelieu, Saint-François et Yamaska, deux années doivent être prises en considération pour la Saint-François car la charge en cuivre de ce tributaire est évaluée pour l'année 1985 contrairement à 1986 pour les autres métaux. Les débits utilisés pour calculer les charges pour tous les métaux (sauf le cuivre) sont présentés au tableau 17 et à la figure 5 tandis que les débits utilisés pour estimer les charges en cuivre se retrouvent au tableau 18 et à la figure 6. La différence entre les tableaux 17 et 18 et les figures 5 et 6 se trouve au niveau de l'année de référence choisie pour la rivière Saint-François, tandis que l'année de référence ne varie pas pour les autres tributaires.

Il est à noter que les débits moyens annuels et les débits de la période estivale de la rivière Saint-François varient facilement de l'année 1985 à 1986 (voir tableaux 17 et 18 et figures 5 et 6).

Tableau 18 - Comparaison des débits utilisés dans le calcul des charges en cuivre

Rivière	Printemps		Été		Annuel	
	Débit (m ³ /s)	% Apport total	Débit (m ³ /s)	% Apport total	Débit (m ³ /s)	% Apport total
St-François (1985)	441	26,9	70	17,4	197	26,1
Yamaska (1986)	312	19,0	39	9,7	110	14,6
Richelieu (1986)	766	46,7	281	70,0	410	54,3
Bayonne (1985)	14	0,9	1,4	0,3	4,4	0,6
Maskinongé (1985)	47	2,9	4,6	1,1	14	1,9
du Loup (1985)	61	3,7	5,6	1,4	20	2,6
Total	1 641	100%	402	100%	755	100%

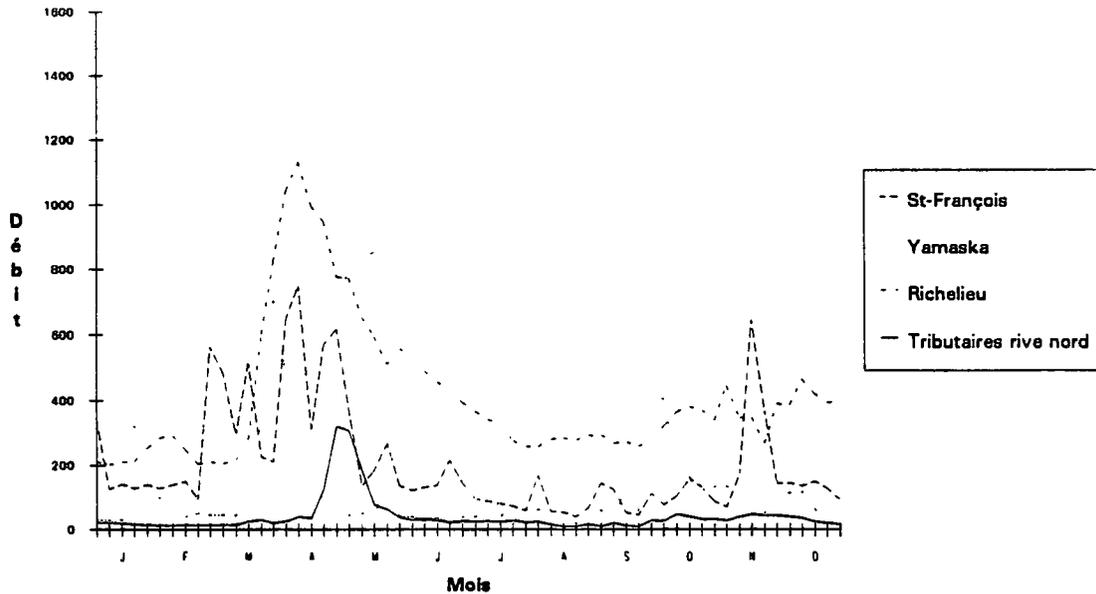


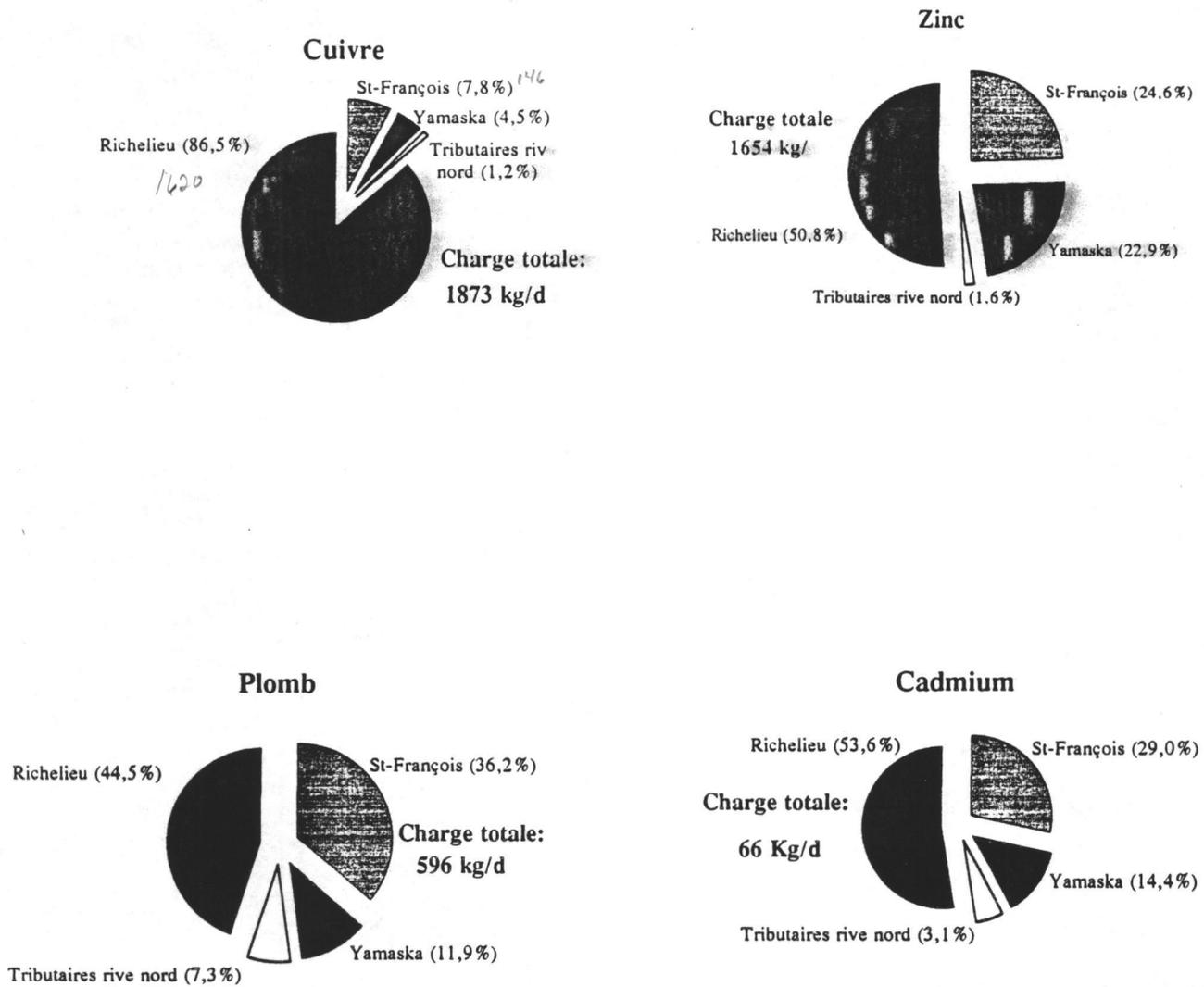
Figure 6 - Hydrogrammes des débits à l'embouchure utilisés pour le calcul des charges en cuivre (m^3/s)

Il est important de noter que les interprétations qui suivent, concernant la contribution de chacun des tributaires aux charges déversées dans le lac Saint-Pierre doivent être utilisées avec une grande précaution pour les raisons suivantes:

- le calcul des contributions proviennent des charges qui comportent une imprécision de 25 à 45 % (voir tableau 16);
- les valeurs de concentration utilisées pour calculer ces charges sont souvent peu nombreuses, surtout pour l'estimation des charges printanières et estivales;
- les calculs de charge sont souvent effectués avec des valeurs de concentration se trouvant en partie ou toutes sous le seuil de détection, ceci s'applique en particulier pour le plomb, le nickel, le cadmium et l'arsenic.

La rivière Richelieu est le tributaire le plus important en termes de débits annuel et estival en comparaison aux autres rivières puisqu'elle contribue respectivement à environ 50% et 70% du débit total des tributaires allant au lac Saint-Pierre (voir tableaux 17 et 18). D'ailleurs pour ces périodes, la Richelieu arrive au premier rang pour sa contribution aux charges estivale et annuelle déversées pour presque tous les métaux et ce, en raison de son fort débit pour ces périodes (voir tableau 19). L'importance de la contribution de la rivière Richelieu pour la période annuelle est illustrée pour le cuivre, le zinc, le plomb et le cadmium à la figure 7.

Notons qu'exceptionnellement, la rivière Richelieu est devancée par la Saint-François pour sa contribution en manganèse au cours des périodes estivale et annuelle. Pour les autres métaux, la Saint-François arrive au deuxième rang pour sa contribution en période annuelle et estivale suivi de la rivière Yamaska dont le débit est moins élevé (voir figure 7). Le débit à l'embouchure demeure le facteur déterminant dans l'estimation des charges des tributaires.



N.B. - Les charges présentées dans cette figure comprennent une imprécision de 25 à 45% selon le tributaire, voir tableau 16.

- Les tributaires de la rive nord regroupent les rivières Bayonne, Maskinongé, et du Loup.

Figure 7 - Charge annuelle des tributaires du lac Saint-Pierre pour quatre métaux (sur une base journalière, en kg/d)

Tableau 19 - Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois périodes: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (page 1 de 3)

Tributaire	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cu	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cu	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cu	% apport total
Apports en CUIVRE									
St-François	3(1)	387	16	3(2)	26	3,4	12(4)	146	7,8
Yamaska	1(0)	162	6,8	2(1)	35	4,5	11(3)	84	4,5
Richelieu	2(0)	1787	75	2(0)	704	91	9(0)	1621	87
Bayonne	3(1)	7,2	0,3	3(1)	0,8	0,1	17(4)	3,2	0,2
Maskinongé	3(2)	20	0,8	3(1)	1,8	0,2	17(7)	5,9	0,3
du Loup	3(1)	31	1,3	3(0)	3,5	0,5	16(4)	13	0,7
Total trib.		2 394	100%		771	100%		1873	100%
Apports en ZINC									
St-François	1(0)	1363	45	2(0)	147	7,6	12(0)	407	25
Yamaska	1(0)	1078	36	2(0)	67	3,5	11(2)	378	23
Richelieu	2(1)	496	17	2(0)	1 700	88	9(1)	840	51
Bayonne	3(1)	15	0,5	3(0)	1,2	0,1	17(5)	6,7	0,4
Maskinongé	3(2)	27	0,9	3(1)	4,7	0,2	17(14)	7,4	0,4
du Loup	3(3)	26	0,9	3(2)	3,2	0,2	16(9)	14	0,8
Total trib.		3 006	100%		1 923	100%		1 654	100%
Apports en PLOMB									
St-François	1(0)	1 023	56	2(2)	44	17	12(9)	216	36
Yamaska	1(1)	202	11	2(2)	25	9,8	11(11)	71	12
Richelieu	2(2)	496	27	2(2)	182	70	9(9)	265	45
Bayonne	3(2)	24	1,3	3(3)	0,9	0,3	17(13)	8,5	1,4
Maskinongé	3(3)	31	1,7	3(3)	3,0	1,2	17(15)	10,7	1,8
du Loup	3(3)	40	2,2	3(3)	3,7	1,4	16(12)	25	4,1
Total trib.		1 816	100%		259	100%		596	100%
Apports en NICKEL									
St-François	1(1)	341	42	2(2)	29	17	12(12)	96	30
Yamaska	1(1)	135	17	2(2)	17	10	11(11)	47	15
Richelieu	2(2)	331	41	2(2)	121	72	9(9)	177	55
Bayonne	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Maskinongé	---	---	---	---	---	---	---	---	---
du Loup	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Total trib.		807	100%		168	100%		320	100%

N.B. Les charges présentées dans ce tableau comprennent une imprécision de 25 à 45%.

* 1 : nombre total de valeurs de concentration (0): nombre de valeurs de concentration sous le seuil de détection ---: donnée non disponible



Tableau 19 - Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois périodes: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (page 2 de 3)

Apports en FER	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Fe	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Fe	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Fe	% apport total
St-François	1(0)	58 626	67	2(0)	1 763	145	12(0)	12 619	52
Yamaska	1(0)	8 896	10	2(0)	1 264	101	11(0)	3 419	14
Richelieu	2(0)	12 906	15	2(0)	8 376	71	9(0)	6 570	27
Bayonne	3(0)	1 133	1,3	3(0)	58	0,5	17(0)	281	1,2
Maskinongé	3(0)	3 303	3,8	3(0)	195	1,6	17(0)	673	2,8
du Loup	3(0)	2 249	2,6	3(0)	206	1,7	16(0)	854	3,5
Total trib.		87 111	100%		11 861	100%		24 416	100%
Apports en MANGANÈSE	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Mn	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Mn	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Mn	% apport total
St-François	1(0)	10 907	76	2(0)	470	37	12(0)	2 292	67
Yamaska	1(0)	1 617	11	2(0)	337	28	11(0)	521	15,1
Richelieu	2(0)	1 324	9,2	2(0)	364	30	9(0)	505	14,7
Bayonne	3(0)	87	0,6	3(0)	6,9	0,6	17(0)	23	0,7
Maskinongé	3(0)	230	1,6	3(0)	24	2,0	17(0)	49	1,4
du Loup	3(0)	158	1,1	3(0)	16	1,3	16(0)	54	1,6
Total trib.		14 323	100%		1 218	100%		3 444	100%
Apports en CADMIUM	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cd	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cd	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cd	% apport total
St-François	1(1)	68	40	2(2)	5,9	17	12(12)	19	29
Yamaska	1(1)	27	16	2(2)	3,4	9,8	11(11)	9,5	14
Richelieu	2(2)	66	39	2(2)	24	70	9(9)	35	54
Bayonne	3(3)	1,3	0,8	3(3)	0,1	0,3	17(17)	0,4	0,6
Maskinongé	3(3)	4,1	2,4	3(3)	0,4	1,2	17(17)	1,3	2,0
du Loup	3(3)	5,3	3,1	3(3)	0,5	1,4	16(15)	2,0	0,5
Total trib.		172	100%		35	100%		66	100%
Apports en CHROME	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cr	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cr	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Cr	% apport total
St-François	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Yamaska	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Richelieu	2(2)	99	100	2(1)	91	100	9(7)	69	100
Bayonne	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Maskinongé	---	---	---	---	---	---	---	---	---
du Loup	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Total trib.		99	100%		91	100%		69	100%

N.B. Les charges présentées dans ce tableau comprennent une imprécision de 25 à 45%.

* 1 : nombre total de valeurs de concentration (0) : nombre de valeurs de concentration sous le seuil de détection --- : donnée non disponible



Tableau 19 - Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois périodes: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (page 3 de 3)

Apports en ARSENIC	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d As	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d As	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d As	% apport total
St-François	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Yamaska	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Richelieu	2(2)	33	100	2(2)	12	100	9(9)	18	100
Bayonne	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Maskinongé	---	---	---	---	---	---	---	---	---
du Loup	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Total trib.		33	100%		12	100%		18	100%

N.B. Les charges présentées dans ce tableau comprennent une imprécision de 25 à 45%.

* 1 : nombre total de valeurs de concentration

(0): nombre de valeurs de concentration sous le seuil de détection

—: donnée non disponible

Bien que le débit de la Richelieu soit assez élevé en période printanière, il est toutefois légèrement inférieur au débit printanier de la rivière Saint-François dont le pic printanier de débit est plus marqué au cours de l'année 1986 (voir tableau 17 et figure 6). En raison du fort débit printanier de la rivière Saint-François, il n'est pas étonnant que celle-ci se retrouve au premier rang des tributaires pour sa contribution à la charge totale déversée au printemps dans la ZIP 11 et cela, pour tous les métaux sauf le cuivre. Le tout est présenté au tableau 19.

Pour les tributaires, la source majeure du cuivre déversé dans le lac Saint-Pierre provient de la rivière Richelieu en raison de son fort débit printanier comparativement au débit printanier de la Saint-François de 1985 utilisé dans le calcul des charges en cuivre (voir tableau 19). Contrairement au débit printanier de la Saint-François en 1986 qui est plus élevé que celui des autres tributaires, le débit printanier de 1985 est inférieur à celui de la Richelieu (voir tableau 18 et figure 6).

Étant donné que le débit printanier de la Richelieu est supérieur à celui de la Yamaska, les charges printanières associées à la Richelieu sont aussi supérieures aux charges printanières de la Yamaska, sauf les charges en zinc et en manganèse (voir tableau 19). Notons que le chrome et l'arsenic ne sont pas considérés dans cette comparaison car seules les données de la rivière Richelieu sont disponibles pour ces métaux (voir tableau 19).



5.6.2. Comparaison des charges

Cette comparaison s'effectue au niveau du cuivre, zinc, plomb et cadmium. Ils seront donc traités dans cette section en raison de leur toxicité reconnue et évidemment de la disponibilité des données. Il est important de noter que l'évaluation des imprécisions associées aux charges des tributaires varie de 25 à 45 %.

Tel qu'évaluée précédemment, la charge la plus élevée est celle du cuivre avec une valeur de 1 787 kg/d en provenance de la rivière Richelieu au printemps (voir tableau 19). Notons également que pour les quatre métaux traités, la rivière Bayonne est celle qui démontre le plus grand écart entre la charge printanière et la charge estivale. Par exemple, sa charge printanière en plomb qui est de 23,4 kg/d est 27 fois supérieure à sa charge estivale qui elle est de 0,9 kg/d. Il faut cependant considérer que le débit de la Bayonne est relativement faible par rapport aux tributaires de la rive sud. Le deuxième plus grand écart est celui de la rivière Saint-François avec un écart 23 fois supérieur entre sa charge printanière en plomb qui est de 1 023 kg/d et sa charge estivale de 44 kg/d en Pb (voir tableau 19).

La charge annuelle en cuivre de la rivière Richelieu (1 621 kg/d) dépasse d'au moins une fois et demi les charges annuelles en zinc, plomb et cadmium de tous les autres tributaires. Il est à noter que la Richelieu est responsable de plus de 87% de la contribution en cuivre pour les périodes annuelle et estivale ainsi que de 75% en période printanière. La charge totale en cuivre déversée par les tributaires dans le lac Saint-Pierre totalise 2 394 kg/d au printemps, 771 kg/d l'été et 1873 kg/d annuellement (voir tableau 19).

Au niveau du zinc, la charge printanière déversée dans le lac Saint-Pierre atteint 3 006 kg/d tandis que la charge estivale est égale à 1 923 kg/d. La charge déversée est donc 1,6 fois plus grande au printemps qu'en été. La charge annuelle en zinc est, quant à elle, de 1 654 kg/d (voir tableau 19). Exceptionnellement, la charge estivale en zinc est supérieure à la charge annuelle en raison de la contribution de la rivière Richelieu dont l'une des valeurs de concentration était très élevée au cours de l'été 1986.

Pour le plomb, la charge printanière qui est de 1 816 kg/d est environ sept fois supérieure à sa charge déversée en période d'étiage qui est de 259 kg/d, tandis que la charge annuelle atteint 596 kg/d. Le tout est présenté au tableau 19.



En ce qui a trait au cadmium, les charges printanière et estivale atteignent respectivement 172 et 35 kg/d, soit un rapport de cinq fois entre l'été et le printemps. La charge annuelle est quant à elle de 66 kg/d. Ces valeurs sont présentées au tableau 19).

Globalement, les quatre métaux considérés pour les tributaires ont une charge journalière de printemps qui est supérieure à la charge journalière en période estivale dans un rapport de 1,6 à 7 fois. Ceci démontre l'importance de considérer de façon distincte ces deux événements. Ainsi, la contribution des tributaires au bilan global de la contamination du lac Saint-Pierre est nettement plus importante au printemps.



6. APPORTS DES MUNICIPALITÉS

Cette section présente un inventaire des sources de contamination municipales pour le tronçon d'étude. Cet inventaire consiste à localiser les points de rejet municipaux et à estimer les charges déversées via ces effluents.

La principale source d'information utilisée concernant les sources de pollution municipales est la Direction de l'Assainissement Urbain du Ministère de l'Environnement du Québec. Pour l'estimation des charges polluantes, il s'avère qu'il n'existe pas de programme exhaustif de caractérisation des substances toxiques dans les effluents urbains. On dispose uniquement de données sur des cas spécifiques tels les effluents de la CUM et de la CUQ, et ce pour des paramètres se limitant à la mesure de quelques métaux.

Cependant, dans le but de fournir une appréciation des charges polluantes pour chacune des municipalités riveraines, nous avons établi des valeurs de référence à partir des données existantes obtenues sur le territoire de la CUQ. Ces valeurs de référence sont des concentrations de base en métaux (Cu, Zn et Pb) observables sur des bassins résidentiels types. La charge polluante pour chacun de ces métaux peut alors être calculée en multipliant la valeur de concentration de référence avec la valeur de débit de chaque effluent urbain.

Les données sur la charge polluante en métaux en provenance du territoire de la CUQ ont été recueillies initialement dans le but de caractériser l'impact des eaux de débordement de réseaux unitaires (réseaux de collecte d'eaux usées sanitaires et d'eaux de pluie). Ce type de réseau d'égout se retrouve dans la majorité des cas au Québec. Des mesures spécifiques furent effectuées par la CUQ sur des bassins typiquement résidentiels (bassins exempts de rejet industriel). Ces données ont été compilées et analysées dans le cadre de travaux de doctorat (Lavallée, 1989) qui nous servent de référence. Les travaux réalisés dans cette thèse permettent d'effectuer une distinction dans les concentrations de référence en Cu Zn et Pb en fonction de deux facteurs importants qui sont déterminants dans l'estimation de la charge de contaminant déversée. Ces deux facteurs sont:



-
- 1) la présence d'eau de pluie dans l'effluent (la charge totale en contaminant sera établie en considérant l'apport des eaux de temps sec auquel on ajoute l'apport des eaux en temps de pluie);
 - 2) la taille de la municipalité (on effectuera une distinction considérant le comportement global de pluie, pour de petites et de grandes municipalités).

A ces deux facteurs on peut en ajouter un troisième qui permet de tenir compte de l'enlèvement des contaminants dans un effluent urbain dû à la présence d'infrastructures de traitement. Considérant le fait que les estimations fournies à partir des données de la CUQ correspondent à des effluents urbains non traités, il devient nécessaire d'appliquer un facteur de réduction de la charge brute estimée. Il est connu que le facteur de réduction varie en fonction de la composition des effluents et du type de traitement utilisé. En absence de données précises à ce sujet, pour les cas où une municipalité serait dotée d'infrastructures d'assainissement des eaux, nous avons fixé de façon arbitraire à 50 % le facteur de réduction de la charge brute estimée.

6.1 Méthodologie de calcul des charges municipales

Pour les municipalités, la charge de contaminants déversés dans le fleuve est obtenue en multipliant le débit total urbain (mesure directe à l'effluent ou estimation sur une base per capita) par la valeur de concentration de référence provenant des données de la CUQ. L'utilisation de valeurs de débit mesurées est privilégiée lorsque ces données sont disponibles.

Estimation du débit à l'effluent pour chaque municipalité

Dans le cas présent (ZIP 11), une estimation du débit sur une base de contribution per capita est nécessaire puisqu'aucune mesure directe à l'effluent n'est disponible. La valeur de contribution per capita utilisée est de 830 L/d par personne. Elle est multipliée par la population totale raccordée à l'effluent. Cette valeur a été établie par le MENVIQ pour le territoire québécois à partir des travaux de caractérisation sur 320 stations de traitement des eaux usées urbaines (MENVIQ, 1991a). Connaissant pour une municipalité, la population



totale raccordée au réseau d'égout, on est alors en mesure d'obtenir l'estimation du débit total à l'effluent en multipliant le nombre d'individus par la valeur de débit per capita.

On retrouve au tableau 21 la liste des municipalités riveraines pour la ZIP 11. On y donne les valeurs de population totale raccordée au réseau d'égout et la valeur de débit calculée en fonction du débit per capita.

Établissement des concentrations de référence

La concentration résultante en métaux (notamment le Zn, le Cu et le Pb) dans un effluent urbain est fortement dépendante de l'activité humaine qui règne sur le territoire urbain. C'est principalement l'intensité de la circulation routière qui contribue le plus à l'apport en métaux lors du lessivage des surfaces routières imperméables en période de pluie. A ce moment, pour les municipalités subissant une activité importante, les eaux usées en temps de pluie afficheront des concentrations plus élevées que lors des épisodes de temps sec. En fonction de la taille des municipalités qu'on retrouve au Québec (Lavallée, 1989) cette situation nous amène à considérer deux cas types de municipalités:

- 1) les petites municipalités (population < 25 000 habitants) pour lesquelles les apports en temps de pluie n'ont pas d'influence significative sur la charge totale à l'effluent;
- 2) les grandes municipalités (population > 25 000 habitants) pour lesquelles on doit tenir compte de la contribution spécifique des apports en temps de pluie.

Les valeurs de concentration de référence pour les trois métaux sont présentées au tableau 20. Dans le cas d'une petite municipalité, les concentrations en métaux sont considérées homogènes tout au long de l'année. Pour l'estimation de la charge totale déversée, on applique donc les valeurs de concentration de référence à la valeur de débit total estimée.

Dans le cas d'une grande municipalité, les concentrations en métaux sont distinguées en termes de période de temps sec et de période de temps de pluie. Pour ce faire, des valeurs distinctes de concentrations de référence sont affectées à une valeur de débit en temps de pluie (mélange d'eaux ruisselées fortement chargées en métaux avec les eaux en temps sec) et à une valeur de débit en temps sec (absence d'eaux ruisselées). Dans ce cas, la valeur de débit de temps et la

valeur de débit ruisselé sont établies respectivement sur la base d'une proportion de 92% et de 8% du débit total estimé.

Notons que dans le cas d'une grande municipalité appliquant un traitement de ses eaux usées de temps sec seulement, une diminution de 50% de la charge en métaux est affectée alors uniquement à la charge de temps sec.

Tableau 20 - Valeurs de référence pour le calcul des charges municipales en métaux

Type de rejet municipal	% Débit 830 L/p/d	Cuivre (mg/L)	Zinc (mg/L)	Plomb (mg/L)
Pop. < 25 000	100 %	0,0200	0,0500	0,0250
Pop. > 25 000, temps sec	92 %	0,03	0,1	0,05
Pop. > 25 000, pluie	8 %	0,1310	0,7800	0,3660

Valeurs tirées de Lavallée (1989)

Calcul de la charge déversée

Pour décrire les méthodes de calcul de charge, une évaluation des apports en plomb pour les municipalités de Berthierville et de l'agglomération de Sorel-Tracy. Ces municipalités représentent respectivement les cas d'une petite et d'une grande municipalité.

1) Berthierville: population = 3805 h. municipalité sans traitement (Harris, 1990)

Débit total: $3\ 805\ \text{pers.} \times 830\ \text{L/pers./d} = 3,158\text{E}+6\ \text{L/d}$

Charge totale Pb: $0,025\ \text{mg/L} \times 3,158\text{E}+6\ \text{L/d} = 0,078\ \text{kg/d}$

2) Sorel-Tracy: population = 42317 h. municipalité sans traitement (MENVIQ, 1991)

Débit total: $44,405\text{E}+6\ \text{L/d}$ (MENVIQ, 1991)

Débit temps sec: $0,92 \times 44,405\text{E}+6\ \text{L/d} = 40,852\text{E}+6\ \text{L/d}$

Débit ruisselé: $0,08 \times 44,405\text{E}+6\ \text{L/d} = 3,552\text{E}+6\ \text{L/d}$

Charge temps sec Pb: $0,050\ \text{mg/L} \times 40,852\text{E}+6\ \text{L/d} = 2,043\ \text{kg/d}$

Charge ruisselée Pb: $0,366\ \text{mg/L} \times 3,552\text{E}+6\ \text{L/d} = 1,300\ \text{kg/d}$

Charge totale Pb: $2,043\ \text{kg/d} + 1,300\ \text{kg/d} = 3,343\ \text{kg/d}$

De cette façon, des charges journalières en plomb de près de 0,1 kg/d en plomb sont calculées pour Berthierville et de 3,34 kg/d pour le secteur de Sorel-Tracy. En divisant par la



population, une contribution per capita d'environ 20 mg/d pour Berthierville est obtenue (pour une municipalité inférieure à 25 000 h.) comparativement à une contribution per capita de près de 80 mg/d pour le secteur Sorel-Tracy (municipalité supérieure à 25 000 h). Un facteur multiplicatif de quatre se dénote entre ces deux types de municipalité démontrant ainsi l'influence des grandes agglomérations urbaines par rapport aux municipalités de petite taille en ce qui concerne les apports en plomb.

6.2 Estimation de l'imprécision sur le calcul des charges

Le but de l'évaluation des charges municipales est de quantifier leur contribution globale pour les trois métaux de référence: le cuivre, le zinc et le plomb. Pour apprécier de façon plus juste ces estimations de charge, il importe de tenir compte de l'imprécision qui y est associée.

Pour les municipalités, cette imprécision est obtenue en cumulant les incertitudes associées à quatre facteurs majeurs: 10% associés aux mesures analytiques (Blouin, 1991); 10% associés aux mesures de débit (Nadeau, 1991); 10% pour tenir compte, selon nos estimés, de la variabilité journalière des charges déversées aux effluents; un facteur multiplicatif de l'incertitude (2 x) dans le cas de valeurs de débit et/ou de qualité extrapolées.

Ainsi, lorsqu'on dispose de mesures directes de débit et de qualité à l'effluent, on estime l'imprécision sur le calcul de charge à 30%. Dans le cas où on ne dispose pas de l'une des données (débit ou qualité), l'imprécision passe à 40%. Lorsqu'aucune mesure directe n'est disponible (valeur de débit et valeur de qualité estimées) on affecte une imprécision globale de 50% aux estimations de charge.

Considérant le peu de données de base disponibles, ces estimations brutes de l'imprécision doivent être considérées comme des valeurs minimales.

6.3 Évaluation des charges municipales sur le tronçon

Le tableau 21 présente le bilan des charges municipales sur le tronçon du lac Saint-Pierre. Le secteur de Sorel-Tracy, incluant également les agglomérations de Saint-Pierre-de-Sorel, de Saint-Joseph-de-Sorel et de Sainte-Anne-de-Sorel, rejette ses eaux usées dans une station



d'épuration commune composée d'étangs aérés. Cette station est actuellement en période de rodage (Delrio, 1990). Des données récentes provenant de la Direction de l'assainissement urbain du MENVIQ indiquent que la population totale raccordée à la station de traitement est de 42 317 personnes et que le débit moyen à la station est de 44 405 m³/d (MENVIQ, 1991). Cependant, comme cette station n'était pas en fonction en 1989, un déversement brut pourra être considéré sans modifier les valeurs estimées.

En excluant le secteur de l'embouchure de la rivière Nicolet du tronçon d'étude, seulement trois autres secteurs urbains s'y retrouvent soit: Berthierville avec 3 805 personnes, Pointe-du-lac avec 1 736 personnes et enfin, Saint-Ignace-de-Loyola avec 1 000 personnes (Harris, 1990).

Les apports de la plupart des municipalités rejetant leurs eaux usées dans un tributaire du fleuve sont inclus dans l'évaluation des charges transportées par ce tributaire. Toutefois, certaines municipalités doivent être considérées individuellement lorsque leurs émissaires se situent en aval de la station de qualité utilisée pour estimer les charges du tributaire. La municipalité de Sainte-Geneviève-de-Berthier (1 300 pers.) n'est pas considérée dans les apports provenant de la rivière Bayonne, tandis que les municipalités d'Odanak, Notre-Dame-de-Pierreville et Pierreville (1 978 pers.) ne sont pas incluses dans les charges de la rivière Saint-François. La station de qualité utilisée pour le calcul des apports en cuivre de la Saint-François étant située à Richmond plutôt qu'à Pierreville (station utilisée pour les autres métaux), les apports en cuivre des municipalités de Drummondville, de Kingsey, de Saint-Germain-de-Grantham et de Richmond doivent également être ajoutés à ceux de la rivière Saint-François; pour une population totale atteignant 54 697 habitants. Les charges de Richmond sont réduites de moitié car cette municipalité possède une station d'épuration.

Le tableau 21 montre que les charges journalières en métaux, provenant des municipalités se déversant directement dans le fleuve, seraient de 7,7 kg/d pour le zinc, 1,9 kg/d pour le cuivre et 3,8 kg/d pour le plomb. Ces charges estimées pour des rejets strictement urbains ne tiennent pas compte de rejet d'origine industrielle pouvant exister dans le réseau municipal. Les charges municipales du secteur Sorel-Tracy représentent à elles seules près de 90% du total des rejets en métaux d'origine urbaine pour le tronçon du Lac Saint-Pierre.



Les charges supplémentaires déversées dans la rivière Bayonne par la municipalité de Sainte-Geneviève-de-Berthier sont de 0,05 kg/d pour le zinc, de 0,02 kg/d pour le cuivre et de 0,03 kg/d pour le plomb. Pour la rivière Saint-François, les charges municipales qui doivent être additionnées sont de 0,08 kg/d pour le zinc, de 2,7 kg/d pour le cuivre et de 0,04 kg/d pour le plomb (voir tableau 21).

Tableau 21- Charges municipales en métaux (Zn,Cu,Pb) pour le tronçon lac Saint-Pierre

Municipalités	Impré- cision (%)	Pop. desservie	Débit (m ³ /s)	Zn (kg/d)	Cu (kg/d)	Pb (kg/d)
<u>Se déversant au fleuve</u>						
Sorel-Tracy	50	42317	0,514	6,86	1,69	3,34
Berthierville	50	3805	0,037	0,49	0,06	0,078
Pointe-du-lac	50	1736	0,017	0,22	0,05	0,11
St-Ignace-de-Loyola	50	1000	0,010	0,13	0,03	0,06
Total pour le tronçon		48858	0,577	7,69	1,90	3,75
<u>Se déversant ds Bayonne</u>						
Ste-Geneviève-de-Bert.	50	1300	0,013	0,05	0,02	0,03
Total pour la Bayonne		1300	0,013	0,05	0,02	0,03
<u>Se déversant ds St-François</u>						
Drummondville	50	46115	0,784	---	2,58	---
Kingsey	50	435	0,004	---	0,007	---
Notre-Dame-de-Pierreville	50	300	0,003	0,01	0,005	0,006
Odanak	50	178	0,002	0,007	0,003	0,004
Pierreville	50	1500	0,014	0,06	0,02	0,03
Richmond	50	4352	0,034	---	0,03	---
St-Germain-de-Granth.	50	1817	0,017	---	0,03	---
Total pour St-François		54697	0,858	0,077	2,68	0,04

7. APPORTS FLUVIAUX

Le débit fluvial dans le tronçon du Lac Saint-Pierre représente 90% du débit total, les 10% restant étant affectés au débit des tributaires. Cette forte proportion du débit fluvial par rapport au débit total du tronçon fait ressortir l'importance d'évaluer les charges de contaminants qui sont véhiculés directement par le fleuve Saint-Laurent. Mentionnons que l'objectif principal de cette section n'est pas de faire une évaluation exhaustive des charges en contaminants, mais plutôt d'évaluer les charges fluviales de certaines substances toxiques pour ensuite les comparer aux trois autres sources majeures de contamination. Pour ce faire, les trois métaux qui sont communs aux quatre principales sources de contaminants du lac Saint-Pierre ont été retenus, soit le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le plomb (Pb). Comme des informations complémentaires sur le fer (Fe) et le nickel (Ni) sont disponibles, leur contribution aux apports toxiques est également discutée dans cette section.

Les données de qualité proviennent exclusivement de la banque de données NAQUADAT d'Environnement Canada. Trois stations de qualité ont été retenues pour fin d'évaluation de l'apport fluvial en contaminants. Ces stations sont situées à la hauteur de Lanoraie, et forment un transect nord-sud (section de jaugeage de Lanoraie). Une première station (00QU02OB9016) est située à 25 mètres de la rive nord, une seconde (00QU02OJ9027) se retrouve au milieu du chenal maritime et la troisième (00QU02OJ9017) est localisée à environ 50 mètres de la rive sud. L'eau du fleuve à ces stations est échantillonnée en moyenne quatre fois l'an. Les échantillons sont récoltés près de la surface, soit à une profondeur de 0,5 mètre. L'échantillonnage effectué au niveau de la couche superficielle ne tient pas compte de la variabilité verticale de la qualité qui peut exister dans la colonne d'eau. Pour pallier à l'absence de données sur les eaux en profondeur, une imprécision sera associée aux concentrations de chaque paramètre.

La faible quantité de données disponibles n'a pas permis d'effectuer des analyses statistiques pour mettre en évidence la présence d'une hétérogénéité latérale des concentrations. Toutefois, des études antérieures permettent de constater qu'il y a effectivement une variation considérable des concentrations d'une rive à l'autre (Germain et Pham, 1989). Ainsi, pour les calculs de charges présentés au tableau 22, il n'a pas été jugé pertinent de regrouper les



stations. Les charges seront donc considérées de façon distincte en affectant une part proportionnelle du débit du fleuve à chacune des stations.

Tableau 22 - Données brutes en Cu, Zn et Pb pour les trois stations de la section de jaugeage de Lanoraie (1986)

Date	Concentration (mg/L)								
	Cu			Zn			Pb		
	St. N	St. C	St. S	St. N	St. C	St. S	St. N	St. C	St. S
13/05/86	0,0024	0,0026	0,0016	0,0055	0,0047	0,0031	0,0013	0,0011	0,0012
12/08/86	0,0021	0,0032	0,0014	0,0035	0,0037	0,0017	0,0010	0,0007	<0,0007
11/09/86	0,0015	0,0013	--	0,0016	0,0015	--	0,0007	<0,0007	--
28/10/86	0,0019	0,0015	0,0015	0,0021	0,0029	0,0015	<0,0007	<0,0007	<0,0007

< Sous le seuil de détection

ST.N : station nord

ST.C: station centre

ST.S: station sud

Dans le but de comparer les quatre sources majeures de contaminants, une évaluation des charges fluviales a été effectuée pour l'année 1986. Cette année précise a été utilisée considérant l'importance des tributaires caractérisés en 1986 par rapport à ceux caractérisés en 1985. Notons que c'est le débit d'une rivière qui détermine son importance. Il est cependant important de consulter au début du document, l'avertissement au lecteur concernant les années d'échantillonnage.

7.1 Méthodologie de calcul des charges fluviales

La méthodologie employée pour les calculs de charges en métaux sera illustrée à l'aide d'un exemple portant sur le cuivre. La première étape consiste à déterminer les proportions de la masse d'eau fluviale qui seront attribuées à chaque station de qualité. À l'aide d'une carte bathymétrique, une coupe en plan du fleuve a été effectuée à la hauteur du transect de Lanoraie (voir figure 8). Par la suite, les trois stations de qualité ont été positionnées sur la coupe transversale du fleuve puis une ligne verticale a été tracée de part et d'autre à mi-chemin entre les stations adjacentes. Ainsi, trois sections affectées aux trois stations de qualité sont obtenues. Chaque aire constitue une part proportionnelle de la masse d'eau totale du fleuve. Ainsi, la surface représentée par chaque station de qualité sur la coupe transversale correspond

aux proportions suivantes: 10% pour chaque station située de part et d'autre du chenal et 80% pour la station localisée dans le chenal maritime. Les proportions de la masse d'eau totale peuvent être directement associées aux débits puisque la variation des valeurs de vitesse d'écoulement est négligeable sur la section transversale du fleuve (Lum, 1991), les vitesses sont généralement plus fortes au centre du chenal.

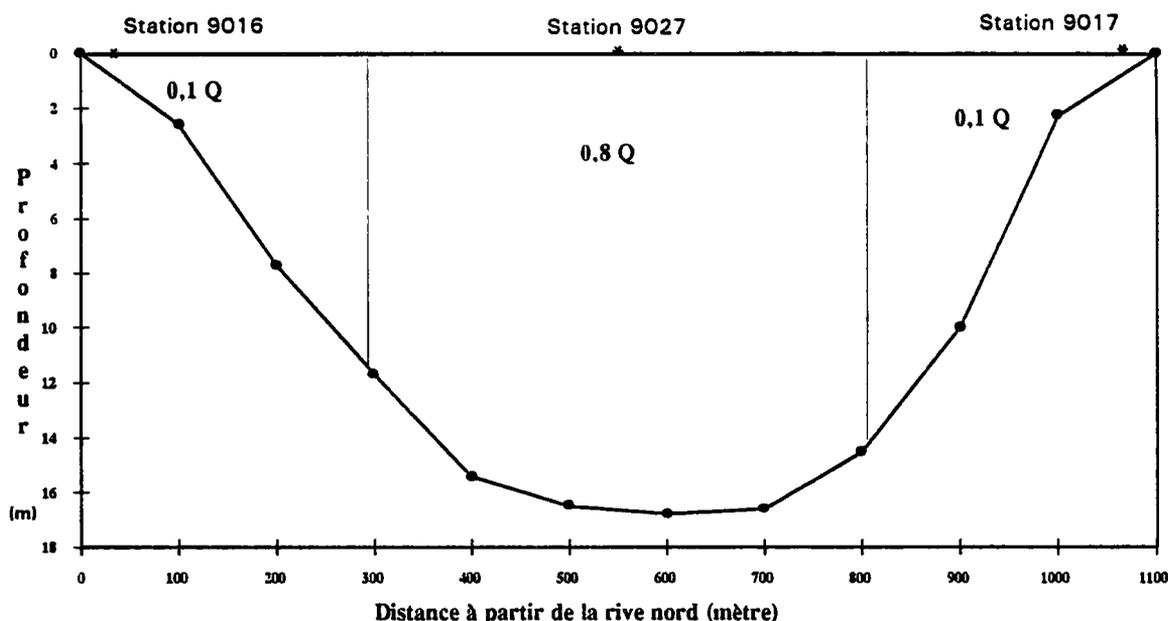


Figure 8 - Profil bathymétrique du fleuve Saint-Laurent et localisation des stations de mesures de qualité de l'eau au transect de Lanoraie

Les stations situées au nord et au centre du fleuve ont été échantillonnées à quatre reprises pendant l'année 1986 alors que la station au sud ne l'a été que trois fois (voir tableau 22). Étant donné la faible fréquence d'échantillonnage, un regroupement des données a été réalisé afin de les associer à deux événements hydrologiques distincts. Le tableau 23 présente les débits moyens mensuels pour l'année 1986, lesquels ont servi à l'identification des deux périodes hydrologiques. Le premier événement hydrologique correspond à la période de fort débit qui se situe, dans ce cas-ci, en avril et mai. La date d'échantillonnage choisie pour cette période, est celle du 13 mai. Le second événement correspond à une période de débit plus



constant pour laquelle les périodes d'échantillonnages du 12 août, 11 septembre et 28 octobre sont regroupées en effectuant une moyenne.

Tableau 23 - Débits moyens mensuels du fleuve à la hauteur de Sorel (excluant le Richelieu) pour l'année 1986

Mois	Débit (m ³ /s)
Janvier	9 607
Février	10 300
Mars	11 002
Avril	13 620
Mai	12 871
Juin	12 133
Juillet	11 310
Août	11 323
Septembre	11 290
Octobre	11 739
Novembre	11 937
Décembre	11 703

Ainsi, pour chaque station deux valeurs de concentration sont obtenues par année. Ces données de concentration seront couplées aux deux périodes hydrologiques retenues (voir l'exemple du cuivre présenté au tableau 24).

Tableau 24 - Regroupement des données de concentration en cuivre pour les deux événements hydrologiques (1986)

Périodes hydrologiques	Cuivre		
	Station nord (mg/L)	Station centre (mg/L)	Station sud (mg/L)
Période 1 *	0,0024	0,0026	0,0016
Période 2 **	0,0018	0,0020	0,0015

* La période hydrologique 1 correspond à la saison de fort débit (avril et mai)

** La période hydrologique 2 correspond aux dix autres mois de l'année

Comme dans le cas des tributaires, certaines données sont sous le seuil de détection, notamment le plomb (voir tableau 22). Deux types de calcul ont donc été effectués lorsque



nécessaire: un premier calcul pour établir les limites supérieures et un deuxième pour établir les limites inférieures. Dans le premier cas, les données inférieures au seuil de détection se voient affecter la valeur égale au seuil, alors que dans le second cas ils se voient affecter la valeur zéro. Afin de faciliter la comparaison entre la charge en plomb, par exemple, et les autres contaminants, une moyenne des limites inférieure et supérieure est effectuée.

La connaissance des proportions de la masse d'eau fluviale, des deux périodes hydrologiques et des concentrations correspondantes, permet de procéder à l'évaluation des charges pour chaque station.

Les charges ont été calculées à partir des mesures de débit mensuels fluviaux obtenues du MENVIQ (Direction du réseau hydrique). Le calcul de la charge mensuelle s'effectue en multipliant la concentration en contaminant par la proportion de débit correspondant à la station de mesure. Une sommation des douze charges mensuelles donne la charge annuelle pour chaque station. Ces opérations ont été répétées pour les trois stations du transect et les résultats sont présentés au tableau 25.

Exemple de calcul:

Charge en cuivre pour la station nord pour le mois de janvier 1986

$$\text{Charge} = 0,1 Q \times 31 \text{ jours} \times [\text{Cu}] \times 86,4^*$$

*86,4 est le facteur qui permet d'obtenir des kg/période

$$\text{Charge} = 0,1 \times 9610 \text{ m}^3/\text{s} \times 31 \text{ jours} \times 0,0018 \text{ mg/L} \times 86,4$$

$$\text{Charge} = 4\,632 \text{ kg pour le mois de janvier}$$

Ce calcul est effectué pour chaque paramètre à chaque station et pour les douze mois de l'année.



Tableau 25 - Charge en cuivre pour les trois stations du transect de Lanoraie pour l'année 1986

Mois	Débit (m ³ /sec)	Station de mesure					
		Nord		Centre		Sud	
		Conc. (mg/L)	Charge (kg/mois)	Conc. (mg/L)	Charge (kg/mois)	Conc. (mg/L)	Charge (kg/mois)
Janvier	9 607	0,0018	4 632	0,0020	41 170	0,0015	3 860
Février	10 300	0,0018	4 485	0,0020	39 868	0,0015	3 738
Mars	11 002	0,0018	5 304	0,0020	47 148	0,0015	4 420
Avril	13 620	0,0024	8 473	0,0026	73 430	0,0016	5 648
Mai	12 871	0,0024	8 274	0,0026	71 705	0,0016	5 516
Juin	12 133	0,0018	5 661	0,0020	50 318	0,0015	4 717
Juillet	11 310	0,0018	5 453	0,0020	48 468	0,0015	4 544
Août	11 323	0,0018	5 459	0,0020	48 524	0,0015	4 549
Septembre	11 290	0,0018	5 267	0,0020	46 822	0,0015	4 390
Octobre	11 739	0,0018	5 660	0,0020	50 307	0,0015	4 716
Novembre	11 937	0,0018	5 569	0,0020	49 505	0,0015	4 641
Décembre	11 703	0,0018	5 642	0,0020	50 153	0,0015	4 702
Charge annuelle (kg/an)			69 878		617 419		55 441

Pour la station située au nord, la charge en cuivre a été établie à 69 878 kg/an alors que pour la station au centre et au sud, des charges de 617 419 kg/an et de 55 441 kg/an respectivement sont obtenues. Afin d'obtenir la charge annuelle fluviale passant à la hauteur de Lanoraie, la sommation des charges calculées pour les trois stations du transect est effectuée. La charge annuelle en cuivre ainsi obtenue est de 742 738 kg/an.

Une fois la charge annuelle calculée, une estimation de la charge moyenne pour une journée peut être effectuée en divisant simplement la charge annuelle par 365. Cette valeur de charge sera employée pour fins de comparaison avec les trois autres apports évalués sur une base journalière. Les charges journalières pour les cinq métaux sont présentées au tableau 26.



Tableau 26 - Charges journalières moyennes des principaux contaminants des trois stations du transect de Lanoraie

Paramètre	Station de mesure			Charge totale (kg/d)
	Nord (charge kg/d)	Centre (charge kg/d)	Sud (charge kg/d)	
Cu	191	1 692	152	2 035
Zn	299	2 466	189	2 954
Pb	81	459	51	591
Ni	140	1310	164	1 614
Fe	44 304	239 618	36 584	320 506

7.2 Estimation de l'imprécision sur l'évaluation des charges

Pour estimer l'imprécision associée aux charges, il faut tenir compte des deux principales sources d'imprécision possible, soit le débit et la concentration en contaminant.

Les valeurs de débit mensuel du fleuve à la hauteur de Sorel (excluant la Richelieu) utilisées pour effectuer les calculs de charges proviennent de la Direction du réseau hydrique du MENVIQ. Les responsables du MENVIQ affectent à ces valeurs de débit une imprécision de 10% (Couture, 1991) qui sera prise en compte dans les calculs de charge.

L'imprécision associée à la concentration est, quant à elle, de deux sources. La première est associée à la méthode d'analyse employée par les laboratoires d'Environnement Canada alors que la seconde provient de la variabilité verticale de la concentration dans la colonne d'eau.

En ce qui concerne la première source d'imprécision relative aux valeurs de concentration, les méthodes d'analyse utilisées pour évaluer la qualité des eaux de surface en métaux lourds ont une imprécision pouvant varier entre 8% et 15% (L'Italien, 1991). Notons que cette imprécision augmente lorsque les valeurs de concentration s'approchent du seuil de détection. De manière à standardiser le pourcentage d'imprécision, une incertitude de 15% est allouée à toutes les valeurs de concentration.

Pour la deuxième source d'imprécision, le document préliminaire d'une étude réalisée en 1985 à la section de jaugeage de Lanoraie mentionne que les concentrations de certains métaux lourds varient verticalement dans la colonne d'eau (Germain et Pham, 1989). Comme les



données de qualité utilisées dans le présent document proviennent d'échantillons prélevés uniquement en surface, il est important d'évaluer l'imprécision reliée à la variabilité verticale. Cette imprécision est différente pour chaque paramètre à l'intérieur de chacune des trois proportions de la masse d'eau fluviale (voir tableau 27). Les trois proportions de la masse d'eau fluviale, délimitées selon la position de chaque station de qualité, correspondent de près à celles employées dans le document de Germain et Pham (1989). Ainsi, les imprécisions sur les valeurs de concentration provenant de la variabilité verticale qui ont été utilisées dans les calculs de charge sont tirées intégralement de ce document. Le tableau suivant permet de constater que pour la concentration, le pourcentage d'imprécision relié à la variabilité verticale varie entre 15 % et 54 % en moyenne selon le paramètre considéré (voir tableau 27).

Tableau 27 - Estimation de la variabilité verticale de la qualité de l'eau (1985) pour les trois stations du réseau de Lanoraie

Paramètre	Station de mesure			Moyenne* variation % (n=31)
	Nord variation % (n=9)	Centre variation % (n=14)	Sud variation % (n=8)	
Cu	39	17	21	20
Zn	20	19	48	22
Pb	52	57	28	54
Ni	16	15	15	15
Fe	19	16	21	17

Source: Valeurs tirées de l'*Étude de la variabilité de la qualité de l'eau à la section de jaugeage de Lanoraie*. Rapport préliminaire, Ministère de l'Environnement du Canada, 1989

* : Pourcentage pondéré tenant compte des trois proportions de la masse d'eau

(n=) : Nombre d'échantillons récoltés dans la colonne d'eau

Notons que le fer et le nickel démontrent une certaine homogénéité à l'intérieur de la colonne d'eau alors que le cuivre, le zinc et surtout le plomb démontrent une nette hétérogénéité. Par contre, en éliminant les valeurs de concentration aberrantes pour le plomb, une plus grande homogénéité de mesures dans la colonne d'eau est obtenue.

Une comparaison entre la valeur de charge estimée et la valeur de la charge maximale est effectuée afin de déterminer le pourcentage d'imprécision sur le calcul des charges. La valeur de la charge maximale prend en compte la valeur maximale de toutes ces incertitudes:



imprécision sur la méthode analytique, variabilité de la concentration dans la colonne d'eau, et imprécision sur la mesure de débit.

Voici un exemple illustrant les différentes étapes du calcul du pourcentage d'imprécision qui est associé à la charge annuelle en cuivre;

Charge annuelle = charge (station nord) + charge (station centre) + charge (station sud)

Charge d'une station = ([Cu] \pm X% \pm Y%) x (p Q \pm Z%) x *86,4 x N jours

X = imprécision sur la méthode analytique

Y = variabilité de la concentration dans la colonne d'eau

Z = imprécision sur la mesure de débit

p = proportion du débit associé à la station

Q = débit moyen mensuel en m³/s

N = nombre de jours dans la période

* 86,4 est le facteur qui permet d'obtenir des kg/période (à partir des mg/L et des m³/s)

Charge maximale pour la station fluviale nord (mois de janvier 1986)

Charge = (0,0018 mg/L + (0,0018 mg/L x 15%) + (0,0018 mg/L x 21%)) x (0,10 x (9 607 m³/s + (9 607 m³/s x 10%))) x 86,4 x 31 jours

Charge = (0,0018 mg/L + 0,00027 mg/L + 0,00038 mg/L) x (0,10 x (9 607 m³/s + 960,7 m³/s)) x 86,4 x 31 jours

Charge = 0,002448 mg/L x 1 056,8 m³/s x 86,4 x 31 jours

Charge = 6 929 kg/période

Charge maximale pour la station fluviale centre (mois de janvier 1986)

Charge = (0,002 mg/L + (0,002 mg/L x 15%) + (0,002 mg/L x 17%)) x (0,80 x (9 607 m³/s + (9 607 m³/s x 10%))) x 86,4 x 31 jours

Charge = (0,002 mg/L + 0,0003 mg/L + 0,00034mg/L) x (0,8 x (9 607 m³/s + 960,7 m³/s)) x 86,4 x 31 jours

Charge = 0,00264 mg/L x 8 454 m³/s x 86,4 x 31 jours

Charge = 59 779 kg/période



Charge maximale pour la station fluviale sud (mois de janvier 1986)

$$\text{Charge} = (0,0015 \text{ mg/L} + (0,0015 \text{ mg/L} \times 15\%) + (0,0015 \text{ mg/L} \times 39\%)) \times (0,10 \times (9\,607 \text{ m}^3/\text{s} + (9\,607 \text{ m}^3/\text{s} \times 10\%))) \times 86,4 \times 31 \text{ jours}$$

$$\text{Charge} = (0,0015 \text{ mg/L} + 0,00023 \text{ mg/L} + 0,00059 \text{ mg/L}) \times (0,8 \times (9\,607 \text{ m}^3/\text{s} + 960,7 \text{ m}^3/\text{s})) \times 86,4 \times 31 \text{ jours}$$

$$\text{Charge} = 0,00231 \text{ mg/L} \times 1\,057 \text{ m}^3/\text{s} \times 86,4 \times 31 \text{ jours}$$

$$\text{Charge} = 6\,538 \text{ kg/période}$$

Charge maximale totale pour le transect fluvial (mois de janvier 1986)

$$\text{Charge} = 6\,929 \text{ kg/période} + 59\,779 \text{ kg/période} + 6\,538 \text{ kg/période}$$

$$\text{Charge} = 73\,246 \text{ kg/période}$$

Le pourcentage d'imprécision sur la charge estimée est calculé en utilisant la valeur de la charge maximale, considérant les imprécisions sur les variables et la valeur estimée.

$$\begin{aligned} \% \text{ d'imprécision} &= (\text{charge max} - \text{*charge estimée}) / \text{*charge estimée} \times 100 \\ &= (73\,246 - 49\,662) / 49\,662 \times 100 \\ &= 47\% \end{aligned}$$

* La charge estimée provient du tableau 25

L'imprécision associée à la charge fluviale en cuivre pour le mois de janvier est de 47%. Cette valeur tient compte uniquement des imprécisions mentionnées précédemment. Le tableau 28 fait état de l'imprécision associée à la charge correspondant à chaque station du transect de Lanoraie et l'imprécision totale associée à la charge fluviale annuelle.



Tableau 28 - Pourcentage d'imprécision associée à la charge fluviale des différents métaux lourds analysés

Paramètre	Station			imprécision totale (%)
	Nord (% d'imprécision)	Centre (% d'imprécision)	Sud (% d'imprécision)	
Cu	50	45	69	47
Zn	79	47	49	51
Pb	57	89	84	85
Ni	43	43	44	45
Fe	50	44	47	45

Globalement, l'imprécision sur l'estimation de la charge peut varier entre 45% et 85% selon le paramètre considéré.

7.3 Évaluation des charges fluviales

Les concentrations des métaux mesurées en 1986 dans le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Lanoraie sont faibles, parfois même sous le seuil de détection. Ces faibles concentrations de métaux couplées à de forts débits fluviaux (11 000 m³/s) résultent tout de même des charges relativement élevées. Les apports fluviaux pour ces métaux sont présentés au tableau 29.

Malgré un pourcentage d'imprécision sur les valeurs de charges pouvant atteindre 85%, les remarques suivantes s'appliquent tout de même.

Le métal transporté en plus grande quantité par les eaux du fleuve en 1986 est sans contredit le fer. Sa charge annuelle en 1986 était d'environ 117 000 tonnes métriques \pm 45%. On retrouve ensuite dans un ordre décroissant de charge; le Zn, le Cu, le Ni et le Pb. Sur les cinq contaminants évalués, un seul possède des valeurs de concentration sous le seuil de détection, il s'agit du plomb. Sa charge annuelle pour 1986 était de 216 207 kg \pm 85%, soit une charge variant de 32 431 kg à 399 983 kg.



Tableau 29 - Apports fluviaux à la section de jaugeage Lanoraie en 1986

Paramètre*	Station de mesure			Charge totale (kg/an)
	Nord (charge kg/an)	Centre (charge kg/an)	Sud (charge kg/an)	
Cu	69 878	617 419	55 441	742 738
Zn	109 220	899 943	68 859	1 078 022
Pb	29 734	167 668	18 705	216 207
Fe	16 170 885	87 460 404	13 353 170	116 984 439
Ni	50 933	478 305	59 788	589 026

* Référence au tableau 28 pour les pourcentages de variation.

Notons également que la région centrale du fleuve véhicule la plus grande portion de la charge en métaux, soit de 75 à 83%. Les charges en métaux obtenues au niveau de la station nord du fleuve sont, quant à elles, toutes plus élevées que celles rencontrées à la station sud à l'exception du Ni. Cette observation concorde avec les données obtenues dans le document préliminaire de Germain et Pham (1989) sur la variabilité latérale et verticale de la qualité de l'eau au niveau de Lanoraie.

Pour l'année 1986, mentionnons que selon les débits mesurés à Sorel, le régime hydraulique du fleuve était supérieur à celui des cinq années précédentes. Le tableau 30 montre d'ailleurs que le débit moyen annuel de 1986 est supérieur d'environ 900 m³/s, ou environ 8%, à la moyenne des débits moyens annuels de 1981 à 1985.

Tableau 30 - Débits moyens mensuels fluviaux (à Sorel) pour les années 1981 à 1986

Mois	Années							*Diff. (m ³ /s)
	1981 (m ³ /s)	1982 (m ³ /s)	1983 (m ³ /s)	1984 (m ³ /s)	1985 (m ³ /s)	1981-85 (m ³ /s)	1986 (m ³ /s)	
Janvier	8 965	9 098	9 885	9 235	10 022	9 441	9 607	+166
Février	10 946	8 959	9 961	10 450	1 040	8 271	10 300	+2 029
Mars	11 794	9 494	11 076	10 903	11 855	11 024	11 002	- 22
Avril	13 273	12 543	12 203	14 140	13 327	13 097	13 620	+523
Mai	10 957	11 449	14 745	12 661	13 348	12 632	12 871	+239
Juin	10 713	10 268	12 563	12 090	10 817	11 290	12 133	+843
Juillet	9 579	9 932	9 767	11 197	10 503	10 196	11 310	+1 114
Août	9 816	9 185	9 275	10 584	10 513	9 875	11 323	+1 448
Septembre	10 930	9 044	9 147	10 193	10 001	9 863	11 290	+1 427
Octobre	11 190	9 046	9 247	9 246	9 945	9 735	11 739	+2 004
Novembre	11 480	9 876	10 023	9 940	10 130	10 290	11 937	+1 647
Décembre	10 784	10 906	10 547	10 076	10 076	10 478	11 703	+1 225
Moyenne	10 869	9 983	10 703	10 893	10 906	10 671	11 569	+898

* Différence entre les débits moyens mensuels de 1986 et la moyenne des débits mensuels de 1981 à 1985



8. COMPARAISON DES SOURCES MAJEURES DE CONTAMINATION

Le lac Saint-Pierre est influencé principalement par quatre sources majeures de contamination soit: les eaux fluviales provenant de l'amont, les tributaires, de même que les industries et les municipalités qui déversent leurs eaux usées directement dans le fleuve.

Au niveau de l'apport total en contaminant, les eaux provenant de l'amont (apport fluvial) constituent la principale source de contamination du lac Saint-Pierre. Cette masse d'eau contribue pour 47% de la charge totale en cuivre, 59 % de la charge en zinc et 48 % de la charge en plomb (voir tableau 31). Il est cependant important de mentionner que l'imprécision reliée à ces charges varie de 45 à 85 % selon le paramètre (voir le tableau 24). Les tributaires du lac Saint-Pierre, qui constituent la deuxième source de contamination en importance, contribuent pour leur part à 43 % de la charge totale en cuivre, 33% de celle en zinc et 48 % de celle en plomb. L'imprécision qui leur est associée varie de 25 à 45%. Les industries arrivent au troisième rang en termes de charge, et leurs apports en cuivre, en zinc et en plomb sont respectivement de 9%, 8% et 4% de la charge totale. Notons que l'imprécision sur le calcul des charges industrielles est de l'ordre de 30%. Quant au secteur municipal, il constitue la quatrième source de contamination avec un apport de moins de 1% pour les trois métaux de référence.

Tableau 31 - Pourcentage des apports totaux et locaux de contaminants au lac Saint-Pierre

Sources	Contamination					
	Apports totaux (%)			Apports locaux (%)		
	Cuivre	Zinc	Plomb	Cuivre	Zinc	Plomb
Tributaire	43,4	33,1	48,0	82,2	80,8	91,8
Industrie	9,3	7,7	4,0	17,7	18,8	7,6
Municipal	0,044	0,15	0,3	0,1	0,4	0,6
Fluvial	47,2	59,1	47,7	--	--	--
TOTAL	100	100	100	100	100	100

N.B. Les charges présentées dans ce tableau comprennent une imprécision de 30% pour les industries, 25 à 45% pour les tributaires, 45 à 85% pour le fleuve et 30 à 50% pour les municipalités.

En considérant uniquement la pollution locale (excluant la contribution du fleuve à l'amont du tronçon), les tributaires contribuent alors en moyenne, pour près de 85% des charges locales



en contaminants, les industries pour près de 15% et les municipalités pour près de 1% (voir tableau 31).

Les imprécisions associées aux charges des sources de contamination sont considérables mais malgré ce fait, il semble que les apports fluviaux en contaminants soient plus importants en termes de charges apportées au lac Saint-Pierre (soit presque 51% de la pollution totale) que les tributaires (près de 42% de la charge totale en contaminants). Il est important de souligner que la superficie du Lac Saint-Pierre est occupée à 80% par la masse d'eau fluviale et à 20% pour les apports locaux (pour plus de détails voir la section 10.1 - Description des masses d'eau).

Le tableau 32 et la figure 9 présentent le bilan synthèse des charges provenant des quatre principales sources de contaminants du lac Saint-Pierre. On remarque à la figure 9 que les charges sont présentées sur une échelle logarithmique pour tenir compte de la forte variation des apports des différentes sources. On retrouve aussi sur la figure 9 et au sommet de chaque histogramme des sources majeures, un trait vertical qui représente l'imprécision totale associée aux calculs de charges des métaux de référence. Rappelons que les imprécisions associées aux charges des sources majeures de contamination sont considérables: 30% pour les industries, 25 à 45% pour les tributaires, 45 à 85% pour l'apport fluvial et 30 à 50% pour les municipalités. Selon le tableau 32, il passe annuellement dans le lac Saint-Pierre environ 1 500 000 kg de cuivre, 1 800 000 kg de zinc et 500 000 kg de plomb.

Au niveau du cuivre, les apports des tributaires et fluvial sont semblables avec tous deux une charge d'environ 700 000 kg, ce qui est approximativement cinq fois supérieurs à l'apport industriel.

Dans les tributaires, la rivière Richelieu domine avec un apport d'environ 590 000 kg, suivie des rivières Saint-François et Yamaska avec des apports d'au moins dix fois inférieurs à l'apport de la rivière Richelieu.

L'apport industriel en cuivre est plus de 200 fois supérieurs à l'apport municipal avec une charge d'environ 150 000 kg presque exclusivement de l'industrie QIT-FER et Titane Inc. L'apport municipal, quant à lui, est de 690 kg et provient principalement de Tracy-Sorel.



En ce qui concerne le zinc, l'apport le plus important est l'apport fluvial avec une charge de 1 000 000 kg environ, ce qui représente deux fois l'apport des tributaires qui se chiffre à 600 000 kg. Comme dans le cas du cuivre, la rivière Richelieu domine avec un apport de 300 000 kg environ, suivie aussi des rivières Saint-François et Yamaska avec des apports semblables qui sont environ la moitié de ceux de la rivière Richelieu.

L'apport en provenance des tributaires est environ quatre fois supérieurs à l'apport industriel. Cet apport industriel se chiffre à environ 140 000 kg de zinc, ce qui est 50 fois supérieurs à l'apport municipal. Cet apport provient presque exclusivement de QIT-FER et Titane Inc. La charge en provenance des industries est 50 fois supérieurs à la charge municipale qui se chiffre à 2 800 kg. Cette dernière provient principalement de Tracy-Sorel, comme dans le cas du cuivre.

Pour le plomb, les apports fluvial et tributaire sont semblables avec des charges d'environ 215 000 kg, soit 12 fois la charge industrielle. Ce sont encore, comme dans le cas des deux autres métaux, la rivière Richelieu suivie des rivières Saint-François et Yamaska qui dominent l'apport des tributaires en plomb dans le lac Saint-Pierre.

L'apport industriel en plomb se chiffre, quant à lui, à 18 000 kg en provenance presque exclusivement, encore une fois, de la QIT-FER. Cet apport est 13 fois supérieurs à l'apport municipal, qui lui se chiffre à environ 1 300 kg qui vient principalement de Tracy-Sorel.

Tableau 32 - Bilan synthèse des quatre principales sources de contamination du lac Saint-Pierre pour les trois métaux de référence

Sources de contaminant	Charge annuelle (kg/an)		
	Cuivre	Zinc	Plomb
Apport industriel			
QIT-Fer et Titane inc.	146 602	138 937	15 673
Aciers Inox. Atlas	361,3	153,3	----
Tioxide Canada	87,6	1 533	2 427
Total	147 051	140 623	18 129
Apport des tributaires			
Richelieu	591 665	306 600	96 725
St-François *	54 628	148 585	78 855
Yamaska	30 660	137 970	25 915
Du Loup	4 745	5 110	9 125
Maskinongé	2 153	2 701	3 905
Bayonne *	1 176	2 465	3 113
Total	685 027	603 431	217 638
Apport municipal			
Tracy-Sorel	617	2504	1219
Berthierville	43,8	178,9	87,6
Pointe-du-lac	18,3	80,3	40,1
St-Ignace-de-Loyola	10,9	47,5	21,9
Total	690	2 811	1 369
Apport fluvial			
Section de jaugeage de Lanoraie	742 738	1 078 022	216 207
TOTAL DES APPORTS	1 575 506	1 824 887	453 343

N.B. Les charges présentées dans ce tableau comprennent une imprécision de 30% pour les industries, 25 à 45% pour les tributaires, 45 à 85% pour le fleuve et 30 à 50% pour les municipalités.

* Les charges des municipalités situées en aval de la station de qualité sont incluses

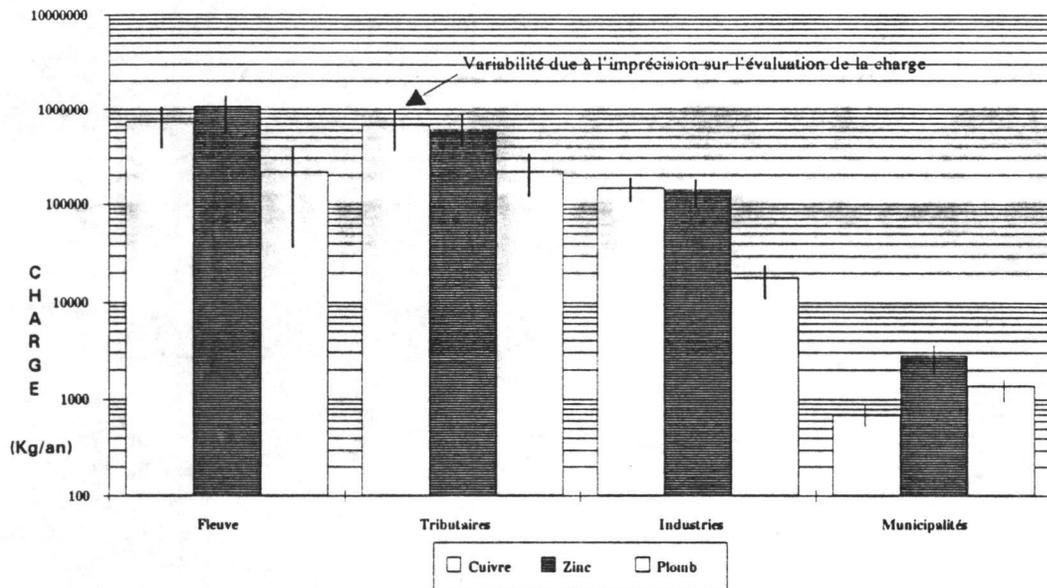


Figure 9 - Bilan de charge pour les trois métaux de référence des quatre principales sources de contamination du lac Saint-Pierre

9. INVENTAIRE DES USAGES

Dans cette section, un inventaire des usages sur le territoire d'étude est effectué. Le terme usage fait référence à *toutes zones d'activité biotique utilisant directement (ex. prise d'eau) ou indirectement (ex. villégiature) l'eau du fleuve dans la Zone d'Intérêt Prioritaire (ZIP)*. Cette définition permet de restreindre la multitude des usages uniquement à ceux qui peuvent être influencés par les contaminants présents dans l'eau. Les usages inventoriés sont situés soit directement dans le fleuve, soit sur les îles du fleuve ou encore sur les berges du fleuve. De façon spécifique, la vie aquatique est considérée présente sur l'ensemble du territoire.

Afin de faciliter la saisie et le traitement des usages, 13 classes d'usage ont été créées regroupant la majorité des informations recueillies sur le fleuve. La classification des usages amène une généralisation de l'information accentuant ainsi l'importance de la définition de chacune des classes. Les usages ont été identifiés à partir d'un grand nombre de sources bibliographiques. Cependant, les méthodes d'inventaire et d'analyse varient beaucoup d'un document à l'autre. Ainsi, les classes d'usages ont été établies de façon assez large afin de permettre le regroupement et l'uniformisation des usages. A titre d'exemple, la classe avifaune-migration regroupe les terminologies de plusieurs sources bibliographiques, à savoir les zones de migration de l'avifaune, les zones migratoires de la sauvagine ou les haltes migratoires pour la sauvagine. Une bonne connaissance de la définition des 13 classes d'usage (voir la section 9.1) est essentielle à la compréhension de l'inventaire qui a été réalisé. Comme mentionné précédemment, la vie aquatique est considérée présente sur tout le territoire aquatique et ce, pour l'ensemble des espèces répertoriées. Cependant, le manque d'informations sur les aires de fréquentation associées à chacune des espèces n'a pas permis de considérer cet usage de façon distincte dans ce document. Les 13 classes retenues sont les suivantes:

- pêche commerciale (C)
- pêche récréative (R)
- pêche d'hiver (H)
- frayère (F)
- avifaune - migration (M)
- avifaune - nidification (N)
- activités aquatiques (Q)
- activités nautiques (A)
- activités touristiques (T)
- villégiature (V)
- chasse et trappage (S)
- milieux protégés (P)
- prise d'eau potable (E)



La lettre apparaissant après chaque classe d'usage correspond à la codification telle qu'utilisée sur les fiches descriptives des usages et sur les cartes de localisation. Chaque usage possède un numéro d'identification unique qui permet de le différencier des usages d'une même classe ou d'une autre classe. A titre d'exemple, une frayère identifiée F052 (F pour la classe et 052 pour l'usage) sera la seule à porter ce code pour tout le fleuve Saint-Laurent.

Dans les fiches descriptives, chaque usage est décrit à partir d'une série de paramètres prédéfinis. Les principaux paramètres sont:

- le bassin et le tronçon (ZIP) d'appartenance
- le numéro et le nom de l'usage
- le ou les mois effectifs d'utilisation de l'usage
- la rive d'origine et la distance à la rive
- la superficie de la zone d'usage
- la longitude et la latitude du centre de l'usage (centroïde)
- la source des données

Les informations associées à chaque usage peuvent être consultées de deux façons:

- *consultation informatique*: base de données sur les usages et les sources de contamination du fleuve Saint-Laurent;
- *consultation bibliographique*: document annexe du présent rapport (annexe D).



9.1 Définition des classes d'usage

Cette section présente une description des 13 classes d'usage qui ont été retenues en mentionnant les particularités inhérentes à chacune d'elles.

Pêche commerciale (C)

Pêche pratiquée en vue d'en tirer des revenus. L'inventaire ne fait pas de distinction au niveau des espèces capturées. Cette classe regroupe différents types de pêche (en embarcation, au verveux, en rive, etc...).

Pêche récréative (R)

Pêche pratiquée à des fins sportives et/ou récréatives et dont les prises servent à la consommation personnelle. L'inventaire ne fait pas de distinction au niveau des espèces capturées. Cette classe regroupe la pêche en embarcation, à quai et à gué.

Pêche d'hiver (H)

Pêche sur la glace (porte également le nom de pêche blanche). L'inventaire ne fait pas de distinction au niveau des espèces capturées.

Frayère (F)

Site de reproduction de différentes espèces de poisson. Seul les sites de frai identifiés (réels) ont été retenus contrairement aux sites potentiels de frai qui n'ont pas été pris en compte. L'inventaire fait une distinction selon le type de frayère; c'est-à-dire que chaque type de frayère représente une espèce ou un regroupement d'espèces.

Avifaune - migration (M)

Halte migratoire pour la faune aviaire, en particulier pour la sauvagine. Une distinction a été apportée entre les haltes migratoires de printemps et celles d'automne lorsque les sources de documentation le mentionnaient. Notons que les usages répertoriés sont des usages réels et non des zones potentielles.

Avifaune - nidification (N)

Zone qui est propice à la nidification de la faune aviaire. Notons que les usages répertoriés sont des usages réels et non des zones potentielles.



Activités aquatiques (O)

Zone de pratique d'activité(s) entraînant un contact direct avec le milieu aquatique. Cette classe regroupe les activités de baignade, de planche à voile, de plongée sous-marine et de ski nautique.

Activités nautiques (A)

Zone de pratique d'activité(s) n'entraînant normalement pas de contact direct avec le milieu aquatique (ex. la randonnée nautique motorisée, la voile, le canotage). Cette classe comprend également les infrastructures servant à la pratique des activités nautiques (ex. une marina, un quai, une rampe de mise à l'eau).

Activités touristiques (T)

Zone d'activité(s) à caractère touristique se déroulant à proximité de l'eau. Ces activités n'entraînent habituellement pas de contact direct avec l'eau. Toutefois, la détérioration de la qualité du milieu aquatique peut avoir des effets négatifs au niveau visuel (ex. eaux de couleur anormale; présence de mousse, de déchets ou de poissons morts à la surface de l'eau) et au niveau olfactif (putréfaction des macrophytes et des poissons morts; présence de rejets sanitaires non-traités). Les principales activités de cette classe sont les sites de croisière (en particulier les croisières d'interprétation de la faune aquatique), les centres riverains d'interprétation de la nature, les parcs riverains, etc...

Villégianure (V)

Lieu de séjour temporaire (le temps de séjour peut varier de quelques jours à plusieurs mois) qui est générateur d'activités utilisant le milieu aquatique. Les principaux sites retenus sont les zones de chalets et de résidences secondaires de même que les terrains de camping situés en bordure du fleuve.

Chasse et piégeage (S)

Zones de chasse en rive ou en embarcation (sauvagine) et zone de piégeage sur la rive (en particulier pour le rat musqué).



Milieux protégés (P)

Site qui est situé dans le fleuve, sur une île ou sur la rive et qui est officiellement protégé par un palier de gouvernement. Les milieux protégés sous juridiction fédérale sont les parcs nationaux créés par Parcs Canada de même que les réserves fauniques, les refuges d'oiseaux migrateurs et les aires de repos d'oiseaux migrateurs mis en place par le Service Canadien de la Faune. Les milieux protégés sous juridiction provinciale sont les parcs provinciaux de conservation du MLCP et les réserves écologiques du MENVIQ.

Prise d'eau potable (E)

Point de captage d'eau potable des municipalités s'approvisionnant directement dans le fleuve Saint-Laurent.

9.2 Répartition des principaux usages par classe

Le lac Saint-Pierre est une des zones les mieux documentées en ce qui concerne les usages dépendants de l'eau du fleuve Saint-Laurent. Au total, 222 usages différents ont été inventoriés pour la ZIP 11. Le tableau 33 donne la répartition des usages selon les treize classes décrites à la section 9.1.

Tableau 33 - Répartition des usages par classe pour la ZIP 11 (lac Saint-Pierre)

Classes d'usage													Total
C	R	H	F	M	N	Q	A	T	V	S	P	E	
54	32	10	66	14	2	2	9	3	13	15	1	1	222

L'identification des usages du lac Saint-Pierre a été réalisée à l'aide de plusieurs documents dont des rapports, des plans, des cartes et des fichiers informatiques. Les sources d'information qui ont servi à regrouper les usages selon les treize classes sont les suivantes:

- classes C,R,H,M,S: MLCP (1988)
- classe F: Charles Cloutier et ass. (1990)
- classes N,Q,T,V: Environnement Canada (1990)
- classe P: Service Canadien de la Faune
- classe E: MENVIQ (1990a)



L'état de la situation pour chacune des classes d'usage est présenté dans les sections suivantes en portant une attention particulière à la distribution spatiale des différents usages. La figure 10 permet de localiser les usages reliés au milieu faunique. Elle regroupe les classes suivantes: pêche commerciale, pêche récréative, pêche d'hiver, frayères et zones de nidification de l'avifaune. La classe avifaune-migration n'est pas représentée sur la figure 10 puisqu'elle recouvre la presque totalité du territoire de la ZIP 11. Les usages reliés au milieu humain (activités aquatiques, nautiques et touristiques, villégiature, milieux protégés et prise d'eau potable) apparaissent sur la figure 11. Tout comme pour la classe avifaune-nidification, la classe chasse et piégeage n'a pas été représentée car elle recouvre la majeure partie de la zone du lac Saint-Pierre (voir le document annexe *Inventaire des usages* pour la cartographie de chaque classe d'usage).

9.2.1 La pêche commerciale

Cinquante-quatre zones de pêche commerciale ont été répertoriées pour le lac Saint-Pierre. La pêche commerciale pratiquée dans ce secteur est essentiellement une pêche au *verveux* (filet de pêche en forme d'entonnoir installé dans les zones peu profondes en bordure des rives).

La pêche commerciale se pratique sur trois saisons: le printemps, l'été et l'automne (voir figure 10). Il est intéressant de noter que la localisation des zones de pêche varie selon les saisons. Ce phénomène est probablement dû aux fluctuations du niveau du lac Saint-Pierre. Ainsi, au printemps, la pêche commerciale se pratique près des rives alors que le niveau d'eau est élevé. Lors des étiages d'été, les zones de pêche se situent généralement plus au large, soit à environ 1 km de la rive. Puis, avec le redressement du niveau de l'eau suite aux fortes pluies d'automne, les pêcheurs déplacent leurs verveux vers des zones situées à mi-chemin entre les secteurs d'été et de printemps.

La majorité des zones de pêche commerciale est située dans le lac Saint-Pierre; seuls quelques secteurs de pêche printanière sont localisés à l'extrémité est des îles de Sorel. Les zones de pêche commerciale sont distribuées de façon assez uniforme entre les deux rives du lac (29 zones près de la rive nord contre 24 près de la rive sud). Par contre, les zones à proximité de la rive sud sont, en moyenne, beaucoup plus étendues que celles de la rive nord. Elles représentent environ 70% de la superficie totale des zones de pêche commerciale de la ZIP 11.



9.2.2 *La pêche récréative*

Dans la région du lac Saint-Pierre, la pêche récréative se pratique de trois façons: à partir d'une embarcation, sur les quais ou à gué. Vingt-cinq zones de pêche en embarcation ont été dénombrées. La pêche à gué se pratique dans cinq secteurs et la pêche sur les quais est pratiquée à deux endroits.

Treize zones de pêche en embarcation se retrouvent dans les différents chenaux des îles de Sorel. Ces zones couvrent de faibles étendues et ne comptent que pour 19% de la superficie totale de la pêche en embarcation. Les douze autres zones de pêche en embarcation sont situées dans le lac Saint-Pierre même; elles sont principalement situées le long du chenal de la voie maritime où elles couvrent de grandes étendues. À titre d'exemple, la zone la plus vaste s'étend sur 1,5 km², ce qui dépasse la superficie totale de toutes les zones de pêche du secteur des îles de Sorel.

Quatre secteurs de pêche à gué ont été identifiés dans les îles de Sorel tandis qu'un seul se retrouve au lac Saint-Pierre. La pêche sur les quais se pratique à deux endroits, soit à Sorel et à Saint-Ignace-de-Loyola.

9.2.3 *La pêche d'hiver*

Dix zones de pêche sur glace ont été dénombrées dans la ZIP 11. De ce nombre, cinq zones sont situées dans les chenaux des îles de Sorel, quatre autres sont localisées dans le lac Saint-Pierre et la dernière zone se retrouve dans la rivière Yamaska. La zone la plus étendue est située dans le Chenal du Nord des îles de Sorel et elle couvre une superficie de près de 3 km².

9.2.4 *Les frayères*

La classe regroupant les frayères contient le plus grand nombre d'usages. Au total, soixante-six frayères ont été identifiées dans la ZIP 11. Ces frayères se divisent en neuf types différents comportant chacun une ou plusieurs espèces de poisson (voir le tableau 34). Cette classification est tirée de Charles Cloutier et ass. (1990). Le grand brochet, la barbote brune, la perçade et le crapet-soleil sont les espèces qui sont les plus souvent rencontrées dans les frayères du lac Saint-Pierre.

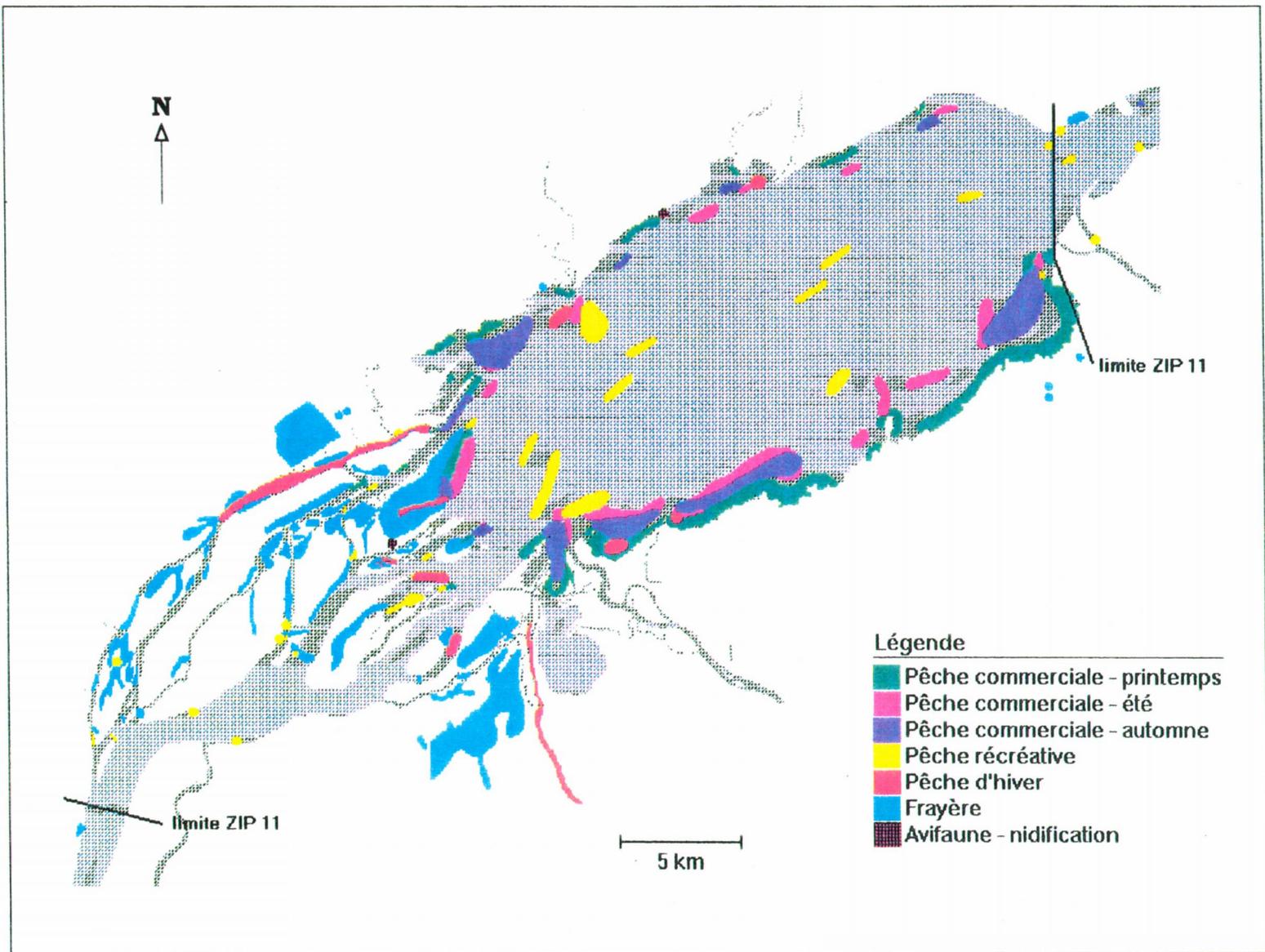


Tableau 34 - Type et nombre de frayères recensées pour la ZIP 11 (lac Saint-Pierre)

Type de frayère	Espèce(s) concernée(s)	Frayères recensées
Type 6	Grand brochet	7
Type 9	Perchaud	7
Type 21	Grand brochet, barbote brune	1
Type 23	Grand brochet, perchaude	1
Type 40	Grand brochet, barbote brune, perchaude	1
Type 49	Grand brochet, barbote brune, crapet-soleil, perchaude	25
Type 53	Grand brochet, barbote brune, crapet-soleil, perchaude, marigane noire	20
Type 55	Grand brochet, barbote brune, crapet-soleil, perchaude, doré jaune, esturgeon jaune	3
Type 57	Grand brochet, barbote brune, crapet-soleil, perchaude, marigane noire, grand corégone	1

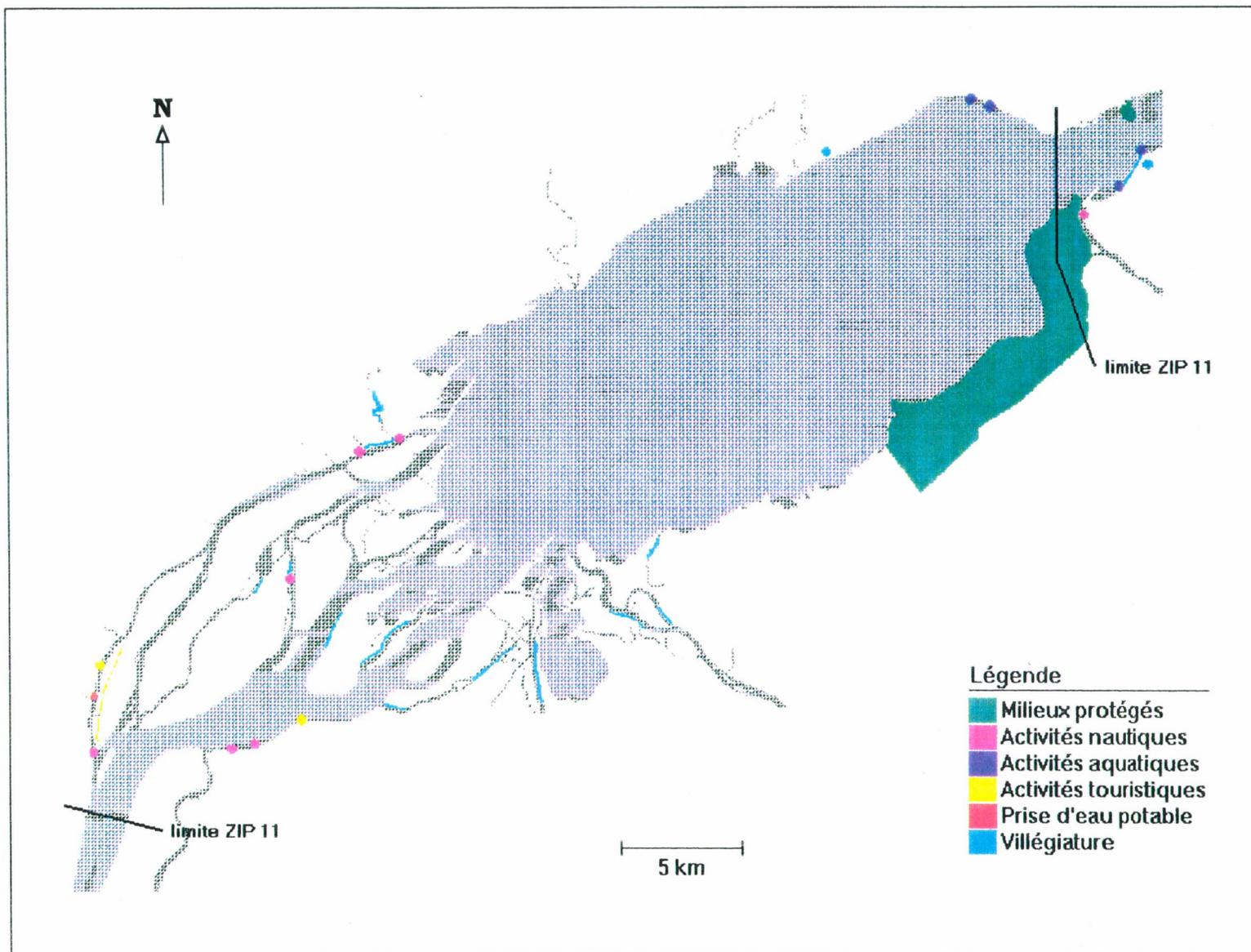
Source: Charles Cloutier et ass. (1990).

Le secteur des îles de Sorel constitue un site privilégié pour la reproduction des espèces mentionnées précédemment, puisque 94% des frayères de la ZIP 11 sont localisées dans ce secteur. La plupart des frayères sont situées dans des zones en bordure des îles ou dans des marais et marécages près des rives. La majorité des frayères (68%) sont de type 49 et de type 53 et correspondent aux espèces qui préfèrent les plaines inondées à végétation dense, à fond sablonneux et à courant faible. Seulement trois frayères ont été identifiées en eau vive (type 55). Elles sont situées à proximité des revoirs construits dans certains chenaux des îles de Sorel (Grand Chenal, Chenal aux Castors, Chenal des Barques). De par leur nombre et leur importance, les frayères des îles de Sorel constituent un des milieux les plus exposés à la contamination des eaux du fleuve.



ASPAU	FIGURE 10
	Usages - milieu faunique ZIP 11 - lac Saint-Pierre

Cette page est blanche dans le document original



ASPAU

FIGURE 11

Usages - milieu humain
ZIP 11 - lac Saint-Pierre

INRS
La force de la science

Cette page est blanche dans le document original



9.2.5 L'avifaune (migration)

La cartographie précise des haltes migratoires n'est pas une tâche facile puisque la localisation de ces zones varie selon l'espèce et la saison de migration. Cependant, il est possible de localiser les aires propices aux haltes migratoires en identifiant les principales espèces rencontrées. Quatorze haltes migratoires ont été identifiées dans la ZIP 11, incluant le lac Saint-Pierre dans sa totalité de même que les zones de la baie Saint-François, de la baie Lavallière et de la rive gauche du fleuve, au nord des îles de Sorel.

Cinq principales espèces de sauvagine font halte dans la région du lac Saint-Pierre dans leur déplacement migratoire. Les espèces et les associations d'espèces représentent huit types différents d'haltes migratoires que l'on retrouve au tableau 35. Cette classification est tirée du MLCP, 1988.

Tableau 35 - Type et nombre d'haltes migratoires recensées pour le secteur lac Saint-Pierre

Type d'halte	Espèce(s) et groupes d'espèce concernés	Haltes recensées
Type 1	Morillon	1
Type 2	Garrot commun	2
Type 3	Canard barboteur	3
Type 4	Garrot commun, canard barboteur	1
Type 5	Garrot commun, morillon	1
Type 6	Canard barboteur, bernache du Canada	3
Type 7	Canard barboteur, bernache du Canada, oie blanche	2
Type 8	Garrot commun, canard barboteur, morillon	1

Source: MLCP (1988)

Le canard barboteur est l'espèce la plus répandue dans les haltes migratoires puisqu'il se retrouve dans dix des quatorze haltes identifiées dans la ZIP 11. Le garrot commun et le morillon se retrouvent principalement dans les aires en bordure et au centre du lac Saint-Pierre. La bernache du Canada semble préférer les zones marécageuses situées à l'intérieur des terres; tandis que les oies blanches se regroupent dans le secteur de la baie Saint-François et dans celui de Baie-du-Febvre.



9.2.6 L'avifaune (nidification)

La région du lac Saint-Pierre représente une zone de grande importance pour la nidification de la faune aviaire. Cependant, l'inventaire cartographique de ces zones est compliqué du fait que les endroits et les saisons de nidification varient d'une espèce à l'autre. Cette contrainte est mise en évidence dans les sources de documentation puisque, d'une façon générale, seules les aires de forte concentration de l'avifaune sont identifiées. Pour cette raison, seulement deux héronnières ont été retenues dans l'inventaire des usages. L'une d'elle est située sur la Grande Île dans le secteur des îles de Sorel, et l'autre, en bordure de la rive nord du lac Saint-Pierre, à mi-chemin entre les rivières du Loup et Petite Yamachiche.

9.2.7 Les activités aquatiques

La région du lac Saint-Pierre compte deux endroits propices à la pratique d'activités aquatiques. Il s'agit de deux plages publiques situées dans le secteur de Pointe-du-Lac, à l'extrémité nord-est du lac Saint-Pierre. Une de ces plages (Base de plein-air Ville-Joie) fait partie du programme Environnement-Plage du MENVIQ. Elle a obtenu une cote D (polluée) au cours des trois dernières années, soit 1988, 1989 et 1990 (MENVIQ, 1990c).

9.2.8 Les activités nautiques

La ZIP 11 compte neuf sites principaux où sont pratiquées des activités reliées au nautisme, dont sept marinas, une école de voile (Pointe-du-Lac) et une marina/club de voile (Parc nautique de Sorel). L'inventaire ne tient pas compte des rampes de mise à l'eau qui sont très nombreuses dans la région du lac Saint-Pierre.

9.2.9 Les activités touristiques

Selon les sources de documentation disponibles et la description d'une activité touristique, la région du lac Saint-Pierre ne compte que quelques activités de ce genre: des croisières avec départ et arrivée à Berthierville et à Sainte-Anne-de-Sorel en plus d'un sentier d'interprétation de la nature situé sur l'île du Mitan (face à Berthierville).



9.2.10 La villégiature

Bien que de nombreux chalets et résidences secondaires ont été construits un peu partout dans la région du lac Saint-Pierre, ceux-ci sont concentrés principalement dans treize secteurs. De ce nombre, douze zones regroupent des chalets et des résidences secondaires; elles sont essentiellement situées dans les îles de Sorel. A ces zones de villégiature s'ajoute un camping établi sur la rive nord du lac Saint-Pierre, près de l'embouchure de la rivière Yamachiche.

9.2.11 La chasse et le piégeage

La chasse, et tout particulièrement la chasse à la sauvagine, est une activité très populaire dans la région du lac Saint-Pierre. Malheureusement, aucune documentation pouvant servir à localiser les zones de chasse intensive n'était disponible au moment de l'inventaire. Ce manque d'information vient probablement du fait que la chasse est pratiquée un peu partout sur le territoire: dans les marais, en rive, en embarcation, dans des caches flottantes, etc.

A l'exception de la rive près des villes de Sorel et Tracy, le piégeage du rat musqué se pratique à peu près partout dans la région du lac Saint-Pierre. Les zones de piégeage du rat musqué se divisent en trois catégories selon l'effort de trappe: INT 1 (intensité forte), INT 2 (intensité moyenne) et INT 3 (intensité faible).

9.2.12 Les milieux protégés

La région du lac Saint-Pierre comprend un seul milieu protégé par les autorités gouvernementales. Il s'agit du refuge d'oiseaux migrateurs de Nicolet qui est sous juridiction fédérale (Service Canadien de la Faune, Environnement Canada). Ce refuge est situé sur la rive sud du lac Saint-Pierre, entre la rivière Nicolet et Longue-Pointe.

9.2.13 Les prises d'eau potable

La région du lac Saint-Pierre compte une seule prise d'eau potable dans le fleuve Saint-Laurent. Elle appartient à la municipalité de Berthierville et elle est située dans le Chenal du Nord, près de l'embouchure de la rivière de la Chaloupe.



9.3 Vue synoptique des principaux usages

La région du lac Saint-Pierre est un milieu très riche quant au nombre et à l'importance des usages. Cette richesse vient de la diversité même des habitats naturels de la région. Deux milieux distincts mais complémentaires s'y retrouvent: un milieu caractérisé par de nombreux marais et marécages (secteur des îles de Sorel) et un milieu lacustre (le lac Saint-Pierre).

Le secteur des îles de Sorel est particulièrement bien pourvu du point de vue de la faune et de la flore. Les nombreux marais et marécages représentent des sites de premier ordre pour le frai de plusieurs espèces de poisson de même que pour la nidification et la migration de l'avifaune. Cette richesse faunique favorise plusieurs activités comme la chasse à la sauvagine, le piégeage du rat musqué, la pêche sur glace et la pêche récréative. Ce milieu, de par son caractère naturel, est également très attrayant pour la villégiature et les activités d'interprétation de la nature.

Le lac Saint-Pierre est en fait un renflement du fleuve Saint-Laurent. La caractéristique principale de ce lac est sa faible profondeur d'eau (2-3 mètres) par rapport à sa superficie (environ 300 km²). Seule la voie maritime, qui est entretenue artificiellement (dragage), est beaucoup plus profonde (9-10 mètres) que le reste du lac. Le lac Saint-Pierre est également bien pourvu en usages. Il constitue un secteur important pour la pêche commerciale qui s'étend sur trois saisons (printemps, été et automne). La pêche récréative ou sportive est également une activité largement pratiquée au lac Saint-Pierre, en particulier à proximité de la voie maritime. Les nombreuses plaines inondables qui sont situées près des deux rives du lac constituent un milieu privilégié pour l'avifaune (site de nidification et haltes migratoires). Enfin, le secteur de Pointe-du-Lac est un lieu privilégié pour la pratique de plusieurs activités nautiques et aquatiques.



10. RÉPARTITION DES USAGES SELON LES MASSES D'EAU

L'analyse des relations entre les usages et les sources de contamination est réalisée à partir du découpage du territoire aquatique en différentes masses d'eau d'origine diverse. Il est alors possible d'étudier la répartition géographique des usages en fonction de la distribution de ces masses d'eau. Dans le cas de l'usage vie aquatique, cet exercice devient inutile puisque c'est la superficie totale de la masse d'eau qui affecte cet usage.

Le calcul de la superficie des usages présents dans une masse d'eau ou touchés par des panaches distincts de contamination constitue un élément d'interprétation intéressant pour définir les zones à risque du milieu récepteur. A l'aide d'images provenant de survols aériens¹ et de capteurs satellitaires², sept masses d'eau ont été identifiées dans la ZIP 11. La description détaillée de ces masses d'eau apparaît à la section 10.1.

La section 10.2 identifie les recouvrements spatiaux entre les usages inventoriés et les sept masses d'eau identifiées dans la ZIP 11. L'analyse de ces recouvrements permet de cibler les masses d'eau qui touchent le plus grand nombre d'usages et celles qui occupent les superficies les plus grandes en terme d'usages touchés.

10.1 Description des masses d'eau

L'analyse des images aéroportées et satellitaires a permis de délimiter sept masses d'eau pour le lac Saint-Pierre. Deux de ces masses d'eau sont d'origine fluviale, quatre autres proviennent des tributaires et la dernière est le résultat des rejets industriels dans le secteur de Sorel-Tracy. Les apports municipaux, bien que nombreux dans les secteurs de Sorel-Tracy et de Berthierville, sont peu importants en terme de débit et de charges déversées. Leur influence sur le milieu aquatique est de moindre importance en comparaison des autres sources de contamination. Pour cette raison, aucune zone d'influence des apports municipaux sur les usages n'a été identifiée.

¹ Images du capteur MEIS-II, survols des 30 octobre 1989, 14 mai 1990, 21 août 1990 et 20 octobre 1990; gracieuseté du Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Montréal.

² Images du satellite Landsat-5, capteur Thematic Mapper (TM), 18 août 1989; gracieuseté de l'INRS-Eau, Sainte-Foy.



Il est important de noter que la délimitation des masses d'eau constitue une situation moyenne définie selon plusieurs images et selon des moments fixes dans le temps. L'emprise spatiale des masses d'eau peut varier suivant plusieurs facteurs (Leclerc 1991):

-le débit des tributaires

ex. le panache de la rivière Richelieu passe normalement par le chenal des Barques en aval de Sorel. Toutefois, en période de crue, une portion de ce panache peut passer du côté ouest de l'île des Barques et empiéter dans la masse d'eau fluviale.

-la direction et la vitesse des vents

ex. un courant inverse (direction d'écoulement sud-ouest) se rencontre parfois sur la rive sud du lac Saint-Pierre lors de forts vents en provenance du nord-est; ce phénomène est facilité par la faible profondeur (< 1m) de même que par la vitesse d'écoulement peu élevée (environ 0,1 m³/s) dans ce secteur.

-la présence de macrophytes

ex. la vitesse et la direction d'écoulement des eaux sont influencées par la présence de macrophytes. Ce phénomène est particulièrement remarquable dans le cas du Chenal sud du lac Saint-Pierre.

Le tableau 36 présente les sept masses d'eau et leur superficie respective. On y présente aussi un aperçu de la qualité de ces masses d'eau à partir de relevés de qualité effectués à des stations d'échantillonnage localisées dans ces masses d'eau. On identifie ainsi, pour chaque masse d'eau, les paramètres problématiques qui sont déterminés en fonction de dépassements des critères de qualité pour la vie aquatique, plus précisément les critères de toxicité chronique (MENVIQ, 1990b). Ces paramètres sont présentés à titre indicatif seulement puisqu'ils ne garantissent pas une représentativité adéquate de l'ensemble d'une masse d'eau. En d'autres termes, les paramètres problématiques identifiés sont ceux qui sont les plus susceptibles d'affecter les usages.

Tableau 36 - Description des principales masses d'eau

Masse d'eau	Superficie km ²	% sup. totale	Paramètres mesurés	Paramètres problématiques	Stations d'échant.
Eaux vertes	199,1	51	As, Cd, Cr, Cu Fe, Ni, Pb, Zn	Cr, Fe	NAQUADAT QU02OB9017- J9088
Eaux brunes	114,7	29	As, Cd, Cr, Cu Fe, Ni, Pb, Zn	Cu, Fe	NAQUADAT QU02OB9016- J9027
Richelieu	6,6	2	Cu, Fe	Cu	Rés.-Riv. 3040009
Yam.-St-Franç.	53,5	14	Cu, Fe, Pb	Cu, Fe	Rés.-Riv. 3030023, 3020031
Trib. rive sud	6,6	2	--	--	--
Trib. rive nord	10,4	3	Cu, Fe, Pb	Cu, Fe	Rés.-Riv. 5280001
Apports indust.	0,7	< 1	Pb, Cd, Zn, Hg, Ni Cu, Cr, Fe, Al, As, sulfures, cyanures, chlorures, nitrates	Al, Cu, Cr, Fe Hg, sulfures	Caractérisations

Les sept masses d'eau couvrent au total une superficie de 392 km². La figure 12 montre la délimitation de ces masses d'eau dans la ZIP 11.

La masse des eaux vertes prend sa source dans les Grands Lacs. A partir du lac Saint-Louis, elle longe la rive sud du fleuve Saint-Laurent. Dans la ZIP 11, la masse des eaux vertes est la plus étendue (199 km²). Elle représente 51% du total de la superficie occupée par les sept masses d'eau. Cette masse d'eau est relativement étroite dans le secteur des îles de Sorel mais elle s'élargit considérablement dans le lac Saint-Pierre.

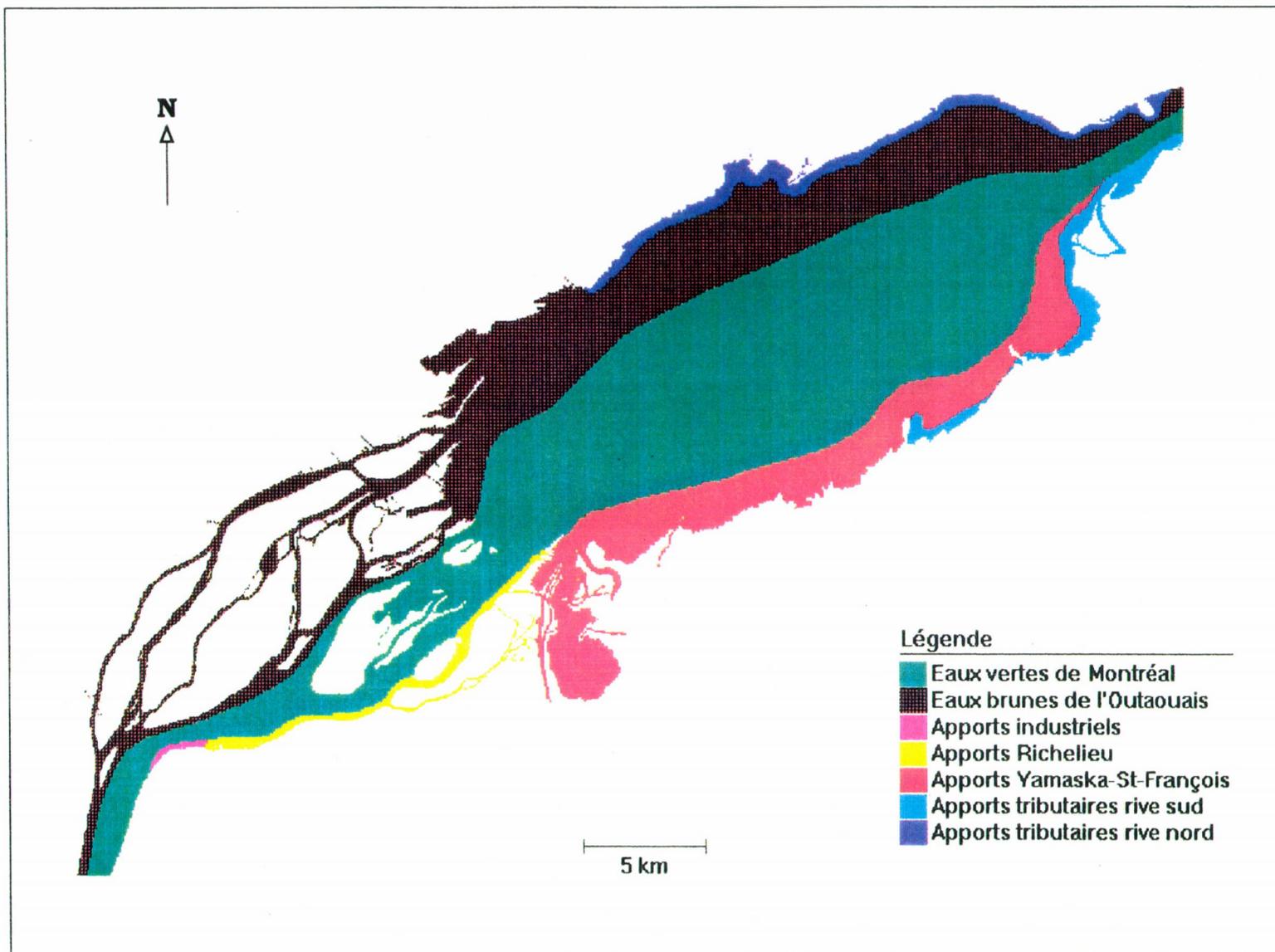
La masse des eaux brunes occupe la majeure partie des chenaux des îles Sorel. Dans le lac Saint-Pierre, elle forme une bande d'environ 3 km de largeur qui longe la rive nord (Figure



12). Au total, elle s'étend sur environ 114 km², soit 29% de la superficie totale des sept masses d'eau. Les eaux brunes proviennent d'abord de la rivière des Outaouais via les rivières des Prairies et des Mille-Îles. Des apports importants sont également remarqués en provenance de la rivière l'Assomption et des petits tributaires à prédominance agricole de la rive nord du Saint-Laurent. Localement, les conditions de cette masse d'eau sont influencées par les rivières Bayonne et Maskinongé.

La masse d'eau de la Richelieu s'écoule directement le long de la rive sud du fleuve en aval de l'embouchure de la rivière. En temps de débits normaux, elle emprunte le chenal des Barques et certains chenaux secondaires (Chenal du Moine, Chenal à Côté). Cette masse d'eau englobe une partie des apports industriels (QIT, Tioxide, Acier Atlas) qui sont rejetés de 1,5 à 3 km en amont de l'embouchure. La masse d'eau de la Richelieu se mélange à celle des rivières Yamaska et Saint-François à environ 18 km en aval de son origine.

Comme son nom l'indique, la masse d'eau Yamaska-Saint-François comprend les apports de ces deux tributaires. Étant donné la proximité des embouchures de ces deux rivières, il n'a pas été possible de distinguer leur panache respectif. C'est la raison pour laquelle une seule masse d'eau a été délimitée pour les deux tributaires. En général, les eaux de la Saint-François coulent près de la rive sud alors que les eaux de la Yamaska se retrouvent coincées entre la masse d'eau de la Saint-François et celle des eaux vertes (Leclerc, 1991). La baie Saint-François est influencée par la masse d'eau Yamaska-Saint-François. Les eaux peu profondes de la baie proviennent en partie des chenaux secondaires de ces deux tributaires. La masse d'eau Yamaska-Saint-François est discernable sur environ 26 km en longeant la rive sud du lac Saint-Pierre (sauf pour le secteur des apports des tributaires de la rive sud). Elle couvre une superficie de 53 km², ce qui fait de cette masse la troisième en importance pour le lac Saint-Pierre.



AVEAU

FIGURE 12

Principales masses d'eau
ZIP 11 - lac Saint-Pierre

INRS
La force de la science

Cette page est blanche dans le document original



La masse d'eau des tributaires de la rive sud a été délimitée surtout par l'analyse des images aéroportées. Cette masse d'eau est constituée des apports de nombreux ruisseaux et décharges situés à l'aval d'une saillie du littoral sur la rive sud du lac Saint-Pierre (Longue-Pointe). Malgré le très faible débit de ces petits tributaires, leur influence se fait sentir à cause des vitesses de courant qui sont extrêmement faibles dans cette partie du lac Saint-Pierre. Ces vitesses sont de l'ordre de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Leclerc, 1991). Cette masse d'eau s'allonge plus en aval suite aux apports de la rivière Nicolet et de son bras secondaire, le chenal de la Ferme. La superficie de cette masse est de l'ordre de 7 km^2 .

La partie amont de la masse d'eau correspond aux tributaires de la rive nord est formée par les apports de la rivière du Loup. Par la suite, plusieurs tributaires (dont les deux Yamachiche) contribuent à prolonger cette masse jusqu'à l'île aux Sternes située à la sortie du lac Saint-Pierre. Cette masse d'eau s'étend sur environ 26 km de longueur et sur une largeur moyenne de 300 mètres . Elle longe directement la rive nord du lac Saint-Pierre sur toute sa longueur en raison de l'action qu'exerce sur elle la masse des eaux brunes.

Enfin, la zone des apports industriels a été restreinte à une petite étendue (moins de 1 km^2) à l'amont de l'embouchure de la rivière Richelieu. Cette zone se caractérise par la présence distincte des rejets de trois industries importantes (QIT Fer et Titane, Tioxyde Canada et Aciers Inoxydables Atlas). Cette masse d'eau revêt une grande importance puisque des dépassements de critères de qualité (toxicité chronique pour la vie aquatique) se produisent fréquemment. C'est également dans cette masse d'eau que l'on retrouve le plus grand nombre de paramètres problématiques (voir le tableau 36).

10.2 Répartition des usages selon les principales masses d'eau

L'analyse de l'influence des masses d'eau sur les usages tient surtout compte de la superficie affectée. Le tableau 37 donne la répartition des usages touchés selon les masses d'eau. Pour chacune de celle-ci, ce tableau donne le nombre d'usages touchés, la superficie affectée et la proportion de la superficie totale de la classe d'usage. Un usage peut être recoupé par plus d'une masse d'eau ce qui rend inutile la sommation des usages touchés. La zone des apports industriels n'apparaît pas dans ce tableau car aucun usage n'a été recensé dans ce secteur.



Tableau 37 - Répartition et superficie (km² et % dans la classe) des usages selon les principales masses d'eau

Classe d'usage*	Eaux vertes			Eaux brunes			Richelieu			Yam.-St-Franç.			Trib. rive sud			Trib. rive nord		
	nb	km ²	%	nb	km ²	%	nb	km ²	%	nb	km ²	%	nb	km ²	%	nb	km ²	%
P. commerciale	14	3,9	9,0	28	11,3	25,8	1	0,1	0,3	19	23,6	53,9	3	3,8	8,6	8	1,1	2,5
P. récréative	16	6,5	66,6	17	2,6	26,2	1	0,1	0,9	2	0,3	3,6	2	0,2	1,9	1	0,1	0,8
P. d'hiver	1	0,5	8,9	5	4,1	66,1	1	0,4	5,8	3	1,1	17,5	--	--	--	1	0	1,8
Frayère	4	0,6	9,0	39	5,4	85,3	10	0,3	5,4	--	--	--	--	--	--	1	0,02	0,4
Avi.-migration	5	154,6	51,5	7	80,2	26,7	1	0,4	0,1	6	50,2	16,7	1	5,7	1,9	2	9,5	3,2
Avi.-nidification	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	0,1	100
Act. aquatiques	1	0,01	2,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2	0,2	50,3	2	0,2	47,7
Act. nautiques	--	--	--	5	0,3	40,0	2	0,2	26,2	--	--	--	2	0,1	13,3	2	0,2	20,5
Act. touristiques	1	0,01	7,1	2	0,1	40,2	1	0,1	52,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Villégiature	2	0,04	15,5	3	0,03	11,4	2	0,1	34,1	2	0,1	37,2	1	0,004	1,9	--	--	--
Chasse et piég.	7	14,4	10,9	9	62,1	47,2	2	3,3	2,5	5	37,4	28,4	3	4,4	3,4	1	10,0	7,6
Milieux protégés	1	0,03	0,2	--	--	--	--	--	--	1	9,0	58,7	1	6,2	40,4	1	0,1	0,7
Prise d'eau	--	--	--	1	0,05	100	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
TOTAL	52	180,6	35,0	116	166,2	32,2	21	5,0	1,0	38	121,7	23,6	15	20,6	4,0	20	21,4	4,2

*Les usages situés sur les rives et sur les îles n'ont pas été pris en compte

Les résultats présentés au tableau 37 doivent être analysés avec précaution. Bien que les données de superficie soient plus utiles que le simple calcul du nombre d'usages touchés, il est essentiel de connaître les limites d'une telle analyse. Tout d'abord, ce ne sont pas tous les usages qui sont touchés par les masses d'eau. En effet, plusieurs usages sont situés sur les rives ou sur les îles de la région de Sorel. Ce phénomène est particulièrement remarquable pour les frayères, les zones de migration de l'avifaune et la villégiature. Certains usages chevauchent la ligne de rivage, ne laissant qu'une faible portion de leur étendue exposée à une masse d'eau.



Une autre restriction inhérente à l'analyse des superficies vient de la cartographie même des usages. La délimitation de plusieurs usages ne correspond pas toujours à la réalité. Ce problème est surtout associé aux usages de type ponctuel comme les prises d'eau potable, les infrastructures nautiques (marina, quai, rampe de mise à l'eau) et les sites d'activités aquatiques et touristiques. Ces usages sont représentés, dans la plupart des cas, par un cercle de diamètre fixe. En terme de représentation cartographique, il s'agit ici de symbolisme plutôt que de la délimitation réelle de l'enveloppe des polygones (usages). Les résultats des classes contenant de nombreux usages ponctuels sont donc présentés à titre indicatif seulement.

L'analyse de la répartition des usages selon les principales masses d'eau permet d'effectuer les observations suivantes:

- plus de la moitié de la superficie des zones de pêche commerciale (54%) est touchée par la masse d'eau Yamaska-Saint-François;
- la très grande majorité des frayères (85%) est située dans la masse des eaux brunes de l'Outaouais-Assomption;
- même si le nombre des zones de pêche récréative touchées par les masses d'eaux fluviales est presque semblable pour les eaux brunes (17) et pour les eaux vertes (16), la superficie des usages affectée par la masse des eaux vertes est beaucoup plus élevée pour les eaux vertes (66 %) que pour les eaux brunes (26%);
- la pêche d'hiver est surtout concentrée dans les chenaux des îles de Sorel et se trouve surtout affectée par la masse des eaux brunes (66%);
- la masse des eaux vertes affecte au total une superficie plus grande (180 km²) que la masse des eaux brunes (166 km²) même si le nombre d'usages touchés est beaucoup plus élevé pour la masse des eaux brunes (116 contre 52 pour les eaux vertes);
- parmi les masses d'eau qui ont pour origine un ou plusieurs tributaires, c'est la zone Yamaska-Saint-François qui touche la plus grande superficie d'usages, soit environ 122 km².



En dernière analyse, il est également intéressant de comparer la superficie d'une masse d'eau par rapport à la superficie des usages qu'elle affecte. Le ratio ainsi obtenu permet d'évaluer les masses d'eau selon leur importance relative. Ce calcul permet de constater que dans certains cas, la superficie des usages affectés est supérieure à la superficie de la masse d'eau elle-même. Ce phénomène est normal puisqu'il est fréquent que des classes d'usage se recoupent dans une même masse d'eau. Par exemple, une frayère peut aussi faire partie d'une zone de pêche récréative, ou bien une zone d'activité aquatique peut également être classée comme une zone d'activité nautique. Le tableau 38 donne les ratios entre les superficies des usages touchés et les superficies des sept masses d'eau identifiées dans la ZIP 11.

Tableau 38 - Rapport des recouvrements spatiaux entre les masses d'eau et les usages

	Eaux vertes	Eaux brunes	Richelieu	Yamaska-St-Franç.	Tributaires rive sud	Tributaires rive nord	Apports industriels
Sup. usages touchés	180,6	166,2	5,0	121,7	20,6	21,4	0
Sup. masse d'eau	199,1	114,7	6,6	53,5	6,6	10,4	0,7
Ratio usage/masse	0,91	1,45	0,76	2,27	3,12	2,06	0

* Ne tient pas compte de l'usage vie aquatique.

Un ratio supérieur à un indique une superficie d'usages touchés plus importante que la superficie de la masse d'eau. À ce chapitre, les tributaires de la rive sud obtiennent le plus fort ratio (3,12), suivi de la zone Yamaska-Saint-François (2,27), des tributaires de la rive nord (2,06) et de la masse des eaux brunes (1,45). Les masses des eaux vertes et de la Richelieu reçoivent des ratios inférieurs à un (0,91 et 0,76 respectivement) indiquant une influence spatiale plus faible comparativement aux autres masses. La zone des apports industriels obtient un ratio de zéro puisqu'aucun usage n'a été recensé dans cette masse d'eau.



11. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Afin de dresser un tableau représentatif du secteur du lac Saint-Pierre en termes de contamination et de répartition des usages, des activités d'inventaire, de cueillette et de validation de données ont été menées.

Le résultat de ces activités permet à la fois de tirer certaines conclusions et d'effectuer quelques recommandations qui seront traitées sous différents aspects. La détermination de l'importance relative des sources majeures est basée principalement sur le traitement des données relatives à certains métaux. De façon intrinsèque, pour chaque source majeure de contamination, les comparaisons entre effluents industriels ou entre tributaires se font sur la base des valeurs de charges pour les paramètres disponibles. A ce sujet, ce sont les sources industrielles qui bénéficient de la couverture la plus large en termes de diversité de paramètres.

Par la suite, on discute de la répartition des usages du tronçon dans les masses d'eau. Pour terminer, un rappel des carences des données de base est présenté pour remettre en évidence le niveau d'incertitude attaché aux résultats de l'étude. A cet effet, des énoncés provenant des travaux de validation des données effectués dans le cadre du même projet qui concernent les industries (ASSEAU-INRS, 1991a) et les tributaires (ASSEAU-INRS 1991b) sont rapportés¹.

1- Détermination de l'importance relative des sources majeures de contamination du lac Saint-Pierre

Il est important de prendre en considération qu'à ce niveau, des quantités importantes de données empreintes d'une grande hétérogénéité ont été rassemblées. Rappelons que cette hétérogénéité est due aux multiples méthodes de mesure, périodes de validité et précision des données utilisées par divers organismes lors des campagnes de mesure réalisées selon des objectifs de caractérisation différents. C'est donc dans le but ultime d'évaluer l'importance relative des sources majeures de contamination (industrielles, municipales, tributaires, fluviales) que des comparaisons entre ces sources ont été effectuées et ce, malgré ces divers facteurs d'hétérogénéité. De plus, il est important de se rappeler que des imprécisions

1. Rapport 1 et 2 mentionnés dans le préambule.



considérables sont associées aux charges évaluées: 30% pour les charges industrielles, de 25 à 45% pour les charges en provenance des tributaires, et de 45 à 85% pour les apports fluviaux. L'imprécision sur les charges municipales est de 30 à 50%.

En raison de ces incertitudes, une classification des sources est effectuée seulement à titre indicatif. Les principales sources de contamination sont donc dans l'ordre:

- 1-L'apports fluvial (Cu 47%, Zn 59%, Pb 48%);
- 2-L'apport des tributaires (Cu 43%, Zn 33%, Pb 48%);
- 3-L'apport industriel (Cu 9%, Zn 8%, Pb 4%);
- 4-L'apport municipal (Cu , Zn et Pb moins de 1%).

L'apport fluvial ainsi que l'apport des tributaires représentent ensemble, un apport global de 91 à 96% sur le total des apports en cuivre, zinc et plomb du lac Saint-Pierre.

- L'apport fluvial se révèle toujours supérieur à l'apport des tributaires par un facteur de un à deux fois supérieur; à l'apport des industries par un facteur de cinq à 12 fois supérieur; à l'apport des municipalités par un facteur de 158 à 1076 (158 fois pour le plomb, 383 pour le zinc et 1076 fois pour le cuivre).
- Sur le plan local du tronçon, l'apport des tributaires est de quatre à 12 fois plus élevé que l'apport industriel et de 159 à 993 fois plus élevé que l'apport municipal, soit 159 fois pour le plomb, 215 fois pour le zinc et 993 fois pour le cuivre.
- L'écart entre les apports industriels et les apports municipaux varie en fonction du paramètre dont il s'agit: l'apport industriel est 213 fois plus élevé que l'apport municipal pour le cuivre alors qu'il est 50 fois plus élevé pour le zinc et 13 fois plus élevé pour le plomb.

Évidemment, il est essentiel de rappeler que l'évaluation des charges municipales représente un apport purement résidentiel et qu'il ne tient pas compte de la possibilité de déversements industriels directement dans le réseau municipal. Seule une caractérisation détaillée de ces eaux permettrait de préciser cet aspect.



Apports fluviaux: (imprécision de 45 à 85% sur les charges) La charge la plus importante est la charge en fer, suivi du zinc, du cuivre et du plomb. Ces charges sont principalement véhiculées par la partie centrale du fleuve qui transporte de 75 à 83% de la charge totale des quatre métaux de base. Notons que les charges au niveau de la station nord du fleuve sont toutes plus élevées que celles de la station sud.

Apports des tributaires: (imprécision de 25 à 45% sur les charges) Annuellement, la charge la plus importante est celle en cuivre, suivi du zinc et du plomb. Globalement, c'est la rivière Richelieu suivi des rivières Saint-François et Yamaska qui contribuent le plus à ces charges. En effet, ces trois tributaires représentent à eux seuls des apports annuels en cuivre, zinc et plomb de 93 à 99% et ce, sur l'ensemble des tributaires du lac Saint-Pierre (à noter que le plomb comporte plusieurs valeurs sous le seuil de détection). Ensuite viennent dans l'ordre les apports de la rivière du Loup, Maskinongé et Bayonne. Il est important de noter que les apports en métaux des tributaires sont principalement fonction de leur débit. Ainsi, le tributaire ayant le plus fort débit, par exemple, aura le plus grand apport en métaux; il s'agit dans ce cas-ci de la rivière Richelieu.

Notons que la charge printanière des tributaires est toujours plus élevée que la charge estivale. Il y a cependant peu de valeurs disponibles de concentration pour ces deux périodes. La différence observée est de l'ordre de 1,6 à 7 fois selon le paramètre considéré, soit 1,6 fois pour le zinc, 3,1 fois pour le cuivre et 7 fois pour le plomb et ce pour l'ensemble des tributaires (à noter que le plomb comporte plusieurs valeurs sous le seuil de détection). Ainsi, la contribution des tributaires au bilan global de la contamination du lac Saint-Pierre sera nettement plus importante au printemps.

Aussi, au printemps, le rang des tributaires se trouve légèrement changé. En fait, les rivières Saint-François, Yamaska et Richelieu demeurent les trois plus importantes mais le premier rang n'est pas toujours occupé par la rivière Richelieu exception faite du cuivre, puisque pendant cette période, le débit de la Richelieu n'est pas le plus élevé. En effet, pour les apports en plomb, le premier rang est occupé par la Saint-François suivi de la Richelieu puis la Yamaska selon l'importance de leur débit (à noter que le plomb comporte plusieurs valeurs sous le seuil de détection). Les apports en zinc constituent une exception puisque la Saint-François est de



nouveau au premier rang alors que la Yamaska suivi de la Richelieu sont au deuxième et troisième rang.

Les charges estivales en cuivre, zinc, plomb qui sont déversées au lac Saint-Pierre proviennent des trois mêmes tributaires (à noter que le plomb comporte plusieurs valeurs sous le seuil de détection). Leur ordre d'importance est le même que pour les charges annuelles, soit la rivière Richelieu au premier rang suivie de la Saint-François et de la Yamaska. Le cuivre constitue une exception puisque le deuxième et troisième rang sont inversés.

Apports industriels: La diversité plus complète des paramètres échantillonnés au niveau des sources industrielles comparativement aux autres sources de contamination, a permis d'établir des indices de standardisation globale des charges pour obtenir une comparaison globale des effluents. Sur cette base les industries les plus polluantes sont par ordre d'importance:

1 - *QIT - Fer et Titane inc.*

2 - *Tioxide Canada inc.*

3 - *Aciers Inoxydables Atlas, div. Sammi-Atlas inc.*

Les paramètres les plus toxiques sont dans l'ordre le chrome, le fer et le cuivre qui ont des indices de standardisation de l'ordre d'environ 200 000 à 300 000. Viennent ensuite les sulfures, le mercure, le cadmium, le plomb et l'aluminium avec des indices de standardisation de 20 000 à 50 000 environ. Un dernier groupe de paramètres a été identifié et comprend le cyanure, le zinc, le nickel, l'ammoniaque, les chlorures, les nitrates, les phénols et l'arsenic. Ils comportent des indices de standardisation inférieurs à 6 000.

Les paramètres problématiques en termes de charges sont les MES et les solides totaux de la QIT ainsi que les sulfates de la Tioxide. En ce qui concerne les charges totales des métaux de référence, la plus importante est celle du cuivre suivi du zinc et du plomb.

Apports des municipalités: Pour les municipalité qui déversent leurs eaux usées dans le fleuve, les charges des métaux de référence sont, par ordre d'importance, le zinc le plomb et le cuivre. Ces charges proviennent surtout de la municipalité de Sorel-Tracy avec 89% des apports totaux suivi de Berthierville, Pointe-du-lac et Saint-Ignace-de-Loyola. Les apports des municipalités dont leur effluent se déverse dans une rivière, sont considérés dans le bilan des tributaires.

2-Caractérisation du milieu récepteur en fonction de la nature et de la quantité des usages

- Le secteur des îles de Sorel compte de nombreux marais et marécages qui se caractérisent par la grande diversité de leur faune et de leur flore. De nombreux usages sont donc rattachés à ce milieu: frayère, nidification et migration de l'avifaune ainsi que des activités connexes comme la chasse, le piégeage, la pêche, la villégiature et le tourisme d'interprétation.
- De nombreux usages ont aussi été inventoriés dans le secteur du lac Saint-Pierre. Les plus importants sont la pêche récréative, la pêche commerciale, la migration de l'avifaune et les activités nautiques et aquatiques. Ce secteur se caractérise par un faible mélange de ses eaux.
- Un total de 222 usages a été répertorié pour la ZIP 11. Ces usages ont comme principale caractéristique d'utiliser l'eau du fleuve Saint-Laurent de façon directe (ex. pêche commerciale) ou indirecte (ex. villégiature).

3-Identification des secteurs sensibles en fonction de la répartition des usages dans les principales masses d'eau

- Les deux masses d'eaux fluviales (eaux vertes et eaux brunes) affectent environ 67% de la superficie totale des usages inventoriés dans la ZIP 11. Elles comptent pour près de 80% du total de la superficie des masses d'eau.
- Les quatre masses d'eau provenant des tributaires (Richelieu, Yamaska-Saint-François, tributaires rive sud, tributaires rive nord) affectent quant à elles 33% de la superficie



totale des usages inventoriés dans la ZIP 11. Toutefois, ces quatre masses ne couvrent qu'environ 20% de la superficie totale des masses d'eau. La densité des usages est donc plus élevée dans les masses d'eau des tributaires que dans les masses d'eaux fluviales.

- La zone d'influence associée aux apports industriels est peu importante en termes de superficie (moins de 1% du total). Aucun usage n'a été répertorié dans ce secteur. La prise en compte de cette zone est surtout due à l'importance des charges de contaminants déversées en fortes concentrations et susceptibles de générer des dépassements des critères de qualité (critère de toxicité chronique) pour plusieurs paramètres (aluminium, cuivre, chrome, fer, mercure).

4-Identification des carences de données dans un but de planification des futures campagnes de mesure

Tributaires (selon le rapport 2¹, "Évaluation des apports de contaminants au fleuve Saint-Laurent en provenance des tributaires", ASSEAU-INRS, 1991b)

- Pour l'évaluation des charges en contaminants, la collecte simultanée des mesures de qualité à celles de débit s'avère primordiale, d'autant plus que le débit s'est avéré être le facteur déterminant de la charge. Malheureusement, les stations de mesures de qualité et de débit sont souvent situées à des endroits différents le long des tributaires et dans certains cas, les mesures de débit sont inexistantes;
- Les estimations faites sur les charges printanières et estivales ont mis en évidence la nécessité de tenir compte de ces saisons hydrologiques. La conciliation des dates d'échantillonnage de qualité de l'eau avec les dates de mesures de débit, a montré des carences majeures au niveau de la prise en compte de ces saisons hydrologiques. Pour y remédier, les campagnes de mesure devraient être plus intensives sur de courtes périodes représentatives comme la crue du printemps, l'étiage d'été, la crue automnale et l'étiage hivernal;
- L'évaluation de la charge annuelle des tributaires serait plus adéquate en effectuant une reconstitution à partir des charges saisonnières;

1. Voir le préambule pour plus de précision.



-
- La choix des paramètres analysés sur les tributaires n'est pas établie en fonction de la problématique de contamination de leur bassin versant (sources de contamination présentes). A cet effet, un inventaire des sources de contamination de chaque tributaire devrait être réalisé afin d'orienter les campagnes de mesure de façon spécifique.

Industrie (selon le rapport 1¹ "Mise à jour et validation des données industrielles des 50 établissements prioritaires du PASL", Asseau-INRS 1991a)

- Au niveau des caractérisations industrielles, les méthodes analytiques ainsi que les seuils de détection qui s'y rattachent sont souvent omis dans les résultats reçus du laboratoire. Il serait important de corriger cette lacune en uniformisant les méthodes d'analyse pour les diverses industries.

Municipalité

- Considérant l'état avancé du programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ) pour le traitement des eaux municipales, il est surprenant d'observer l'absence quasi totale de caractérisation des contaminants. Afin d'améliorer la connaissance des apports municipaux aux fleuve, un effort de caractérisation important devrait être déployé sur des municipalités types. Les campagnes d'échantillonnage devraient être orientées en fonction des sources industrielles de contamination qui peuvent être présentes dans le réseau des municipalités.

1. Voir le préambule pour plus de précision.



Fluviaux

- Comme nous l'avons mis en évidence, l'apport fluvial représente près de 50% des apports totaux du tronçon. On comprend alors l'importance de caractériser de façon précise cette masse d'eau. Il serait intéressant d'avoir un échantillon intégré transversalement et verticalement pour lequel on effectuerait l'analyse d'une gamme plus diversifiée de paramètres de toxicité. Cette façon de procéder serait préférable à des analyses sur plusieurs stations réparties sur un transect avec une caractérisation moins complète dû aux coûts d'un plus grand nombre d'analyses. Le gain en information utile serait appréciable sur un échantillon intégré fortement caractérisé, sans augmenter nécessairement les coûts d'analyse. L'échantillon unique pourrait être intégré sur la verticale et composé de plusieurs verticales localisées en fonction du débit passant sur une aire donnée et/ou en fonction des masses d'eau présentes.



12. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASSEAU-INRS (1991a), "Mise à jour et validation des données industrielles des cinquante établissements prioritaires du Plan d'Action Saint-Laurent". Rapport préliminaire. ASSEAU Société d'experts en environnement, 224 p.

ASSEAU-INRS (1991b), "Évaluation des apports de contaminants au fleuve Saint-Laurent en provenance des tributaires". Rapport préliminaire ASSEAU Société d'experts en environnement, 179 p.

Barabé, G. (1990), Direction du réseau hydrique, MENVIQ, communication personnelle.

Blouin, J-P. (1991), Laboratoire du MENVIQ, communication personnelle.

Cloutier, C. et Ass. (1990), Numérisation sur la modification de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent (1945-1988) et localisation des sites de reproduction des principales espèces de poisson; rapport technique. Charles Cloutier & Associés inc.

Couture, R. (1991), Direction du réseau hydrique, MENVIQ, communication personnelle.

Delrio, G. (1990), Direction de l'assainissement urbain, MENVIQ, communication personnelle.

ENTRACO (1989), Évaluation de l'apport au fleuve Saint-Laurent des substances toxiques en provenance des tributaires québécois. Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, 133 p.

Environnement Canada, Répertoire des refuges d'oiseaux migrateurs et des aires de repos du Québec. Environnement Canada, Service Canadien de la Faune.

Environnement Canada, (1990), ZIP 11 - Lac Saint-Pierre et delta de Sorel; Carte 2: Équipements récréo-touristiques et zones de pêche. Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, Direction Connaissance de l'état de l'environnement.



-
- Environnement Canada (1991)**, NAQUADAT/ENVIRODAT, dictionnaire des codes. Section des systèmes informatiques, Direction de Qualité de l'eau, Environnement Canada.
- Germain, A. et Thanh-Thao Pham (1989)**, Étude de la variabilité de la qualité de l'eau à la section de jaugeage de Lanoraie. Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, version préliminaire, 57 p.
- Harris, J. (1990)**, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, communication personnelle.
- INRS-ASSEAU (1991)**, Rapport 1: Fleuve Saint-Laurent. Modélisation intégrée du suivi de la qualité des eaux du tronçon Tracy - Lac Saint-Pierre. Tome 3: Simulation des panaches d'effluents industriels et des tributaires du tronçon Tracy - Lac Saint-Pierre et analyse de la co.
- Lavallée, P. (1989)**, La gestion des eaux usées en temps de pluie; l'impact sur le milieu récepteur des événements fréquents. Thèse de Doctorat, INRS-eau, 196 p.
- Leclerc, M. (1991)**, Institut National de Recherche Scientifique sur l'eau (INRS-eau), communication personnelle.
- L'Italien, S. (1991)**, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, communication personnelle.
- Lum, K. (1991)**, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, communication personnelle.
- MENVIQ (1990a)**, Localisation des prises d'eau municipales, relevé informatique. Ministère de l'environnement du Québec, Direction du milieu aquatique, juin 1990.
- MENVIQ (1990b)**, Critères de qualité d'eau douce. Ministère de l'environnement du Québec, rapport préliminaire N° EMA88-09, 371 p.
- MENVIQ (1990c)**, Programme Environnement-plage: historique du classement des plages par région administrative et par municipalité 1987, 1988, 1989 et 1990. Ministère de l'environnement du Québec, Direction des orientations et des services aux régions, septembre 1990, 266 p.
-

-
- MENVIQ (1991)**, Renseignements fournis par Michel Laurain (Direction de l'assainissement Urbain) dans une lettre du 24 janvier 1991.
- MLCP, (1988)**, Plan de conservation et de mise en valeur des habitats et de la faune de la région du lac Saint-Pierre. MLCP, 1988.
- Nadeau, A. (1991)**, Direction des programmes sectoriels (pâtes et papiers), MENVIQ, communication personnelle.
- Richard, F. (1991)**, Direction de la qualité des cours d'eau (DQCE), MENVIQ, communication personnelle.
- Simoneau, M. (1991)**, Direction de la qualité du milieu aquatique, MENVIQ, communication personnelle.
- Sylvestre, A. (1991)**, Centre Saint-Laurent Environnement Canada. Communication de M. Pierre Terrault à Mme Aline Sylvestre.

