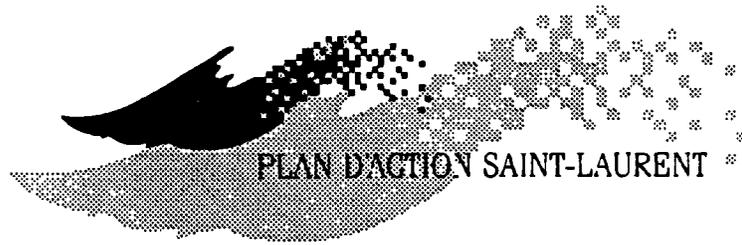


3602058I



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

Volume 1 - Secteur Cornwall à Beauharnois
ZIP 1, 2, 3 et 4

Rapport d'étude

BIBLIOTHÈQUE - ENVIRONNEMENT CANADA
CONSERVATION ET PROTECTION
1141, ROUTE DE L'ÉGLISE - C.P. 10100
STE-FOY (QC)
G1V 4H5
CANADA

FC
2759
A3
B54

U.1

Rapport présenté dans le cadre du projet

FLEUVE SAINT-LAURENT:

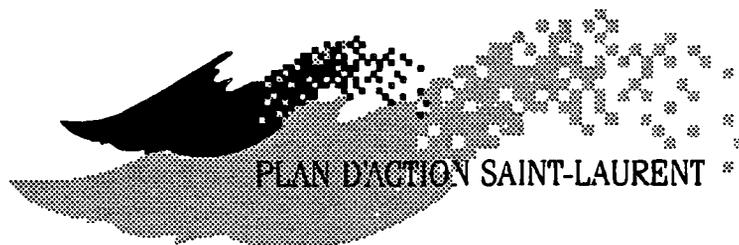
Bilan sur les apports toxiques et les usages du fleuve Saint-Laurent

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.

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'usager, 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 *PRÉSENT DOCUMENT* 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 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 secteur Cornwall-Beauharnois, 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	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
AVERTISSEMENT AU LECTEUR.....	x
RÉSUMÉ	xi
1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIFS DES ANALYSES PAR TRONÇON	5
3. SECTEUR D'ÉTUDE CORNWALL-BEAUHARNOIS	6
4. APPORTS INDUSTRIELS	11
4.1 Méthode de calcul des charges industrielles.....	13
4.2 Estimation de l'imprécision sur la charge.....	13
4.3 Description des industries	14
4.3.1 Dominion Textile inc. (no 1).....	14
4.3.2 Les produits chimiques Expro inc. (no 7)	15
4.3.3 Zinc Électrolytique du Canada ltée (no 8).....	16
4.4 Bilan des charges sur le tronçon.....	16
4.5 Comparaison des charges industrielles	19
4.5.1 Méthode de calcul de l'indice de standardisation des charges de contaminants	20
4.5.2 Paramètres problématiques et appréciation de l'importance globale des effluents	22
5. APPORTS DES TRIBUTAIRES.....	24
5.1 Année de référence pour le bilan des tributaires	25
5.2 Méthode de calcul des charges	27
5.3 Calcul de la charge journalière moyenne annuelle.....	29
5.3.1 Exemple de calcul de la charge annuelle.....	31
5.4 Calcul des charges journalières printanière et estivale	34
5.4.1 Exemple de calcul des charges printanière et estivale.....	36



5.5	Estimation de l'imprécision sur l'évaluation de la charge	38
5.6	Bilan des apports des tributaires.....	40
5.6.1	Influence du débit sur les charges	41
5.6.2	Comparaison des charges	44
6.	APPORTS DES MUNICIPALITÉS.....	46
6.1	Méthodologie de calcul des charges municipales	47
6.2	Estimation de l'imprécision sur le calcul des charges.....	50
6.3	Évaluation des charges municipales sur le tronçon	51
7.	APPORTS FLUVIAUX.....	54
7.1	Méthodologie de calcul des charges fluviales	59
7.2	Estimation de l'imprécision sur l'évaluation des charges.....	66
7.3	Évaluation des charges fluviales.....	67
8.	COMPARAISON DES SOURCES MAJEURES DE CONTAMINATION.....	69
9.	INVENTAIRE DES USAGES	73
9.1	Définition des classes d'usage	75
9.2	Répartition des principaux usages par classe	77
9.2.1	La pêche commerciale	81
9.2.2	Les frayères	81
9.2.3	Les activités aquatiques.....	82
9.2.4	Les activités nautiques	82
9.2.5	Les activités touristiques	83
9.2.6	Les milieux protégés.....	83
9.2.7	Les prises d'eau potable.....	83
9.3	Vue synoptique des principaux usages	84
10.	RÉPARTITION DES USAGES SELON LES MASSES D'EAU	85
10.1	Description des masses d'eau	85
10.2	Répartition des usages selon les principales masses d'eau	86
11.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	89
12.	BIBLIOGRAPHIE	97

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Carte de localisation-Tronçon Cornwall Beauharnois (ZIP 1 à 4)	9
Figure 2 - Charges journalières (kg/d) des principaux contaminants industriels du tronçon Cornwall-Beauharnois (ZIP 3 et 4 uniquement)	18
Figure 3 - Périodes de concentration homogène représentées sur l'hydrogramme de la rivière aux Saumons à son embouchure pour l'année 1987	32
Figure 4 - Saisons printanière et estivale représentées sur l'hydrogramme de la rivière aux Saumons à l'embouchure pour l'année 1987	37
Figure 5 - Bilan des charges municipales de 1989 en cuivre, zinc et plomb pour les ZIP 1 à 4	53
Figure 6 - Localisation des stations NAQUADAT du transect Cornwall	57
Figure 7 - Hydrogramme du fleuve Saint-Laurent pour le secteur de Cornwall-Massena (1986 à 1990)	59
Figure 8 - Profils bathymétriques des chenaux nord et sud du fleuve Saint-Laurent et localisation des stations de mesure de qualité de l'eau au transect de Cornwall.....	61
Figure 9 - Bilan de charge pour les trois métaux de référence des quatre principales sources de contamination du tronçon Cornwall-Beauharnois.	72
Figure 10 - Usages du tronçon Cornwall-Beauharnois	79



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Municipalités du tronçon de Cornwall-Beauharnois.....	7
Tableau 2 - Paramètres pour les industries dans Cornwall-Beauharnois (ZIP 1 et 2 uniquement)	12
Tableau 3 - Charges journalières des contaminants rejetés par les trois établissements prioritaires du tronçon Cornwall-Beauharnois (ZIP 3 et 4 uniquement).....	17
Tableau 4 - Indices de standardisation des rejets industriels du tronçon Cornwall- Beauharnois (ZIP 3 et 4 uniquement)	22
Tableau 5 - Année de référence pour le calcul des charges des tributaires	26
Tableau 6 - Module annuel (m ³ /s) sur la période 1980 à 1987 pour les rivières aux Saumons et Delisle	27
Tableau 7 - Superficie des bassins versants des tributaires du lac Saint-François aux stations de qualité et de débit, et à l'embouchure.....	28
Tableau 8 - Détermination des périodes de concentration homogène pour la rivière aux Saumons	31
Tableau 9 - Débits moyens, par période de concentration homogène, à l'embouchure de la rivière aux Saumons.....	33
Tableau 10 -Charges minimales et maximales par période d'échantillonnage pour le cuivre.....	34
Tableau 11 -Valeurs corrigées pour la rivière aux Saumons des débits moyens printanier et estival (m ³ /s) en fonction de la superficie du bassin versant.....	37
Tableau 12 -Évaluation pour la rivière aux Saumons des concentrations moyennes et des charges minimales et maximales pour le printemps et l'été	38
Tableau 13 -Imprécision totale sur les charges des tributaires du tronçon Cornwall- Beauharnois	40
Tableau 14 -Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois cas types: crue de printemps, étiage d'été, annuelle	42
Tableau 14 -Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois cas types: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (suite).....	43



Tableau 15 - Comparaison des débits utilisés dans le calcul des charges en cuivre, nickel, zinc, plomb, fer, manganèse, cadmium et aluminium	43
Tableau 16 - Valeurs de référence pour le calcul des charges municipales en métaux	49
Tableau 17 - Bilan des charges municipales des ZIP 1 à 4 pour les trois métaux de référence (1989)	52
Tableau 18 - Bilan des charges municipales en métaux (Cu, Zn, Pb) pour les ZIP 1 à 4.	53
Tableau 19 - Détermination des périodes de concentration homogène pour le fleuve Saint-Laurent à Cornwall.....	63
Tableau 20 - Débits moyens par période de concentration homogène	63
Tableau 21 - Débits fluviaux associés aux stations de qualité pour les périodes de concentration homogène.....	64
Tableau 22 - Charges minimales et maximales en plomb par période d'échantillonnage pour la station 9201	64
Tableau 23 - Synthèse des charges en métaux aux stations de qualité	68
Tableau 24 - Débits moyens annuels fluviaux (à Cornwall) pour les années 1980 à 1989	68
Tableau 25 - Pourcentage des apports totaux et locaux de contaminants aux ZIP 1 à 4	69
Tableau 26 - Bilan synthèse des quatre principales sources de contamination des ZIP 1 à 4 pour les trois métaux de référence.....	71
Tableau 27 - Répartition des usages par classe pour les ZIP 1, 2, 3 et 4	78
Tableau 28 - Type et nombre de frayères recensées pour les ZIP 1 à 4.....	82
Tableau 29 - Prises d'eau potable municipales pour les ZIP 1 à 4	84
Tableau 30 - Superficie des usages touchés par la masse d'eau des Grands Lacs.....	87



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 est important de 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

Le présent rapport fait l'analyse de la partie du fleuve Saint-Laurent comprise dans les Zones d'Intérêt Prioritaire (ZIP) n° 1 à 4 telles que définies par le Plan d'Action Saint-Laurent (PASL). L'apport en contaminants pour ce tronçon du fleuve se fait via quatre sources majeures, soit, dans un ordre décroissant d'importance (en termes de charge): les eaux fluviales provenant de l'amont, les rejets liquides des industries prioritaires, les tributaires et les eaux usées des municipalités. Le tronçon Cornwall-Beauharnois compte seulement deux tributaires dont les données de qualité de l'eau sont disponibles. On dénombre également 13 municipalités qui déversent leurs eaux usées dans le fleuve (données de 1989). De plus, 3 industries prioritaires sont localisées dans ce secteur.

Afin d'établir un bilan des apports toxiques en provenance des quatre principales sources de contamination pour l'an 1 du PASL (année 1989), trois métaux dont l'échantillonnage est commun aux quatre sources majeures ont été retenus pour fins d'analyse. **Ces trois métaux de référence sont le cuivre, le zinc et le plomb.**

L'apport fluvial domine nettement parmi les quatre sources majeures de contamination puisqu'il est à l'origine de plus de 95% des charges totales en métaux. Les apports fluviaux génèrent près de 100% des charges en cuivre, 96% des charges en plomb et 95% des charges en zinc. Il est important de noter que l'estimation de ces charges comporte une imprécision minimale de 25%.

L'apport industriel représente seulement un peu plus de 1% des charges totales en métaux de référence. L'indice de standardisation, qui intègre l'information sur tous les paramètres possédant un critère de toxicité pour la vie aquatique, indique la toxicité potentielle des effluents industriels. Cet indice permet le classement des trois industries prioritaires du secteurs Cornwall-Beauharnois qui est, dans un ordre décroissant: la Zinc Électrolytique du Canada, les Produits chimiques Expro et la Dominion Textile. Considérant les charges déversées et la toxicité spécifique de chaque contaminant pour la vie aquatique, les paramètres les plus problématiques au niveau industriel sont le sélénium et le zinc; suivent, dans une moindre importance, le cadmium, l'ammoniaque et les nitrites. Mentionnons que selon nos



estimations, la contamination industrielle de ce secteur se situe uniquement au niveau des ZIP 3 et 4 et que les ZIP 1 et 2 n'en sont pas affectées.

Les tributaires viennent au troisième rang des sources de contamination. Ils transportent en moyenne 1% des charges en métaux. Il est important de noter que seulement deux tributaires ont été pris en compte dans notre analyse, soit les rivières aux Saumons et Delisle. D'autres tributaires du tronçon Cornwall-Beauharnois, comme les rivières Beaudette, Rouge, aux Raisins, à la Guerre et St.Régis, n'ont pas été considérés à cause de l'insuffisance de données de qualité de l'eau pour ces cours d'eau. Au niveau des saisons hydrologiques, les charges journalières calculées pour la période printanière sont jusqu'à 114 fois plus élevées que celles calculées pour la période estivale. Il faut cependant prendre en considération que les calculs des charges saisonnières se font souvent avec très peu de valeurs de concentration disponibles. De plus, le débit joue un rôle de premier plan dans la détermination des charges en métaux. Il est important de mentionner que les estimations des charges provenant des tributaires sont affectées d'une imprécision de 25 à 45%.

Enfin, les apports municipaux représentent moins de 1% des charges totales en métaux. Les charges proviennent principalement de la municipalité de Salaberry-de-Valleyfield. Cette dernière rejette de 75 à 86% des charges totales municipales pour les ZIP 1 à 4 avec 56% de la population. C'est également la seule municipalité du tronçon d'étude qui possède une usine d'épuration de ses eaux usées. Les estimations des charges en provenance des municipalités comportent une imprécision de 40 à 50%.

L'inventaire des usages des ZIP 1 à 4 a mis en évidence l'importance de la région du lac Saint-François comme zone d'alimentation et de reproduction pour la faune aviaire et ichtyenne. C'est également un secteur très prisé pour la pratique de plusieurs activités nautiques et aquatiques. Soixante-six usages ont été identifiés et localisés dans le tronçon Cornwall-Beauharnois. De ce nombre, 62% sont des zones de frai et 14%, des prises d'eau potable. L'influence de la qualité de l'eau sur les usages a été analysée selon les recouvrements spatiaux entre les usages et les masses d'eau. Une seule masse d'eau significative a été identifiée pour les ZIP 1 à 4. Il s'agit de la masse des eaux vertes des Grands Lacs. La connaissance de la qualité de l'eau de cette masse a permis d'évaluer sommairement le niveau de risque à la contamination des usages.

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 Delisles, ou un effluent industriel comme l'émissaire de Dominiun Textile, 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 CORNWALL-BEAUHARNOIS

Long d'une centaine de kilomètres, le secteur Cornwall-Beauharnois correspond aux zones d'intérêt prioritaire (ZIP) 1 à 4 telles que définies par le CSL. La limite amont de ce secteur se situe à quelques kilomètres en aval de Cornwall. Quant à la limite aval, elle est située à l'extrémité est de l'île de Salaberry (voir figure 1).

La ZIP 1, nommée Cornwall, couvre la partie ouest du lac Saint-François et a une longueur d'environ 24 km. La section est du lac Saint-François est comprise dans la ZIP 2 (lac Saint-François) et mesure environ 23 km. Cette ZIP se termine à l'embouchure du canal de Beauharnois. La ZIP 3 comprend la partie du fleuve Saint-Laurent qui s'étend sur 23 kilomètres entre Coteau-Landing et Pointe-des-Cascades. Cette ZIP englobe également l'île de Salaberry. La ZIP 4 correspond au canal de Beauharnois et s'étend sur environ 25 km. Notons que la voie maritime du Saint-Laurent passe par le canal de Beauharnois.

La figure 1 permet de visualiser les limites des quatre ZIP du tronçon Cornwall-Beauharnois. Cette figure localise également les trois industries et les sept principaux tributaires du secteur. Notons que seules les rivières aux Saumons et Delisle seront traitées dans ce rapport puisqu'elles étaient les seules qui possédaient suffisamment de données qualité de l'eau dans leur bassin-versant. La rivière aux Saumons est localisée dans la ZIP 1, sur la rive sud alors que la rivière Delisle est située dans la ZIP 3, sur la rive nord. Les cinq autres tributaires sont, d'amont en aval, les rivières Saint-Régis, aux Raisins, à la Guerre, Beaudette et Rouge. Au niveau industriel, le tronçon Cornwall-Beauharnois compte trois établissements industriels prioritaires tel que défini par le PASL. Une de ces industries, les Produits chimiques Expro Inc. (no 7), est située dans la ZIP 3 alors que les deux autres, Dominion Textile Inc. (no 1) et Zinc Électrolytique du Canada (no 8), sont localisées dans la ZIP 4.

Au niveau des municipalités, 13 d'entre elles déversent leurs eaux usées dans le fleuve Saint-Laurent et elles comptent une population de plus de 50 000 habitants. Une seule municipalité traite ses eaux usées; il s'agit de Salaberry-de-Valleyfield dont la population compte pour plus de la moitié de la population totale des 13 municipalités. C'est également la seule qui déverse ses eaux usées dans la ZIP 4. La répartition des autres municipalités est la suivante: deux dans



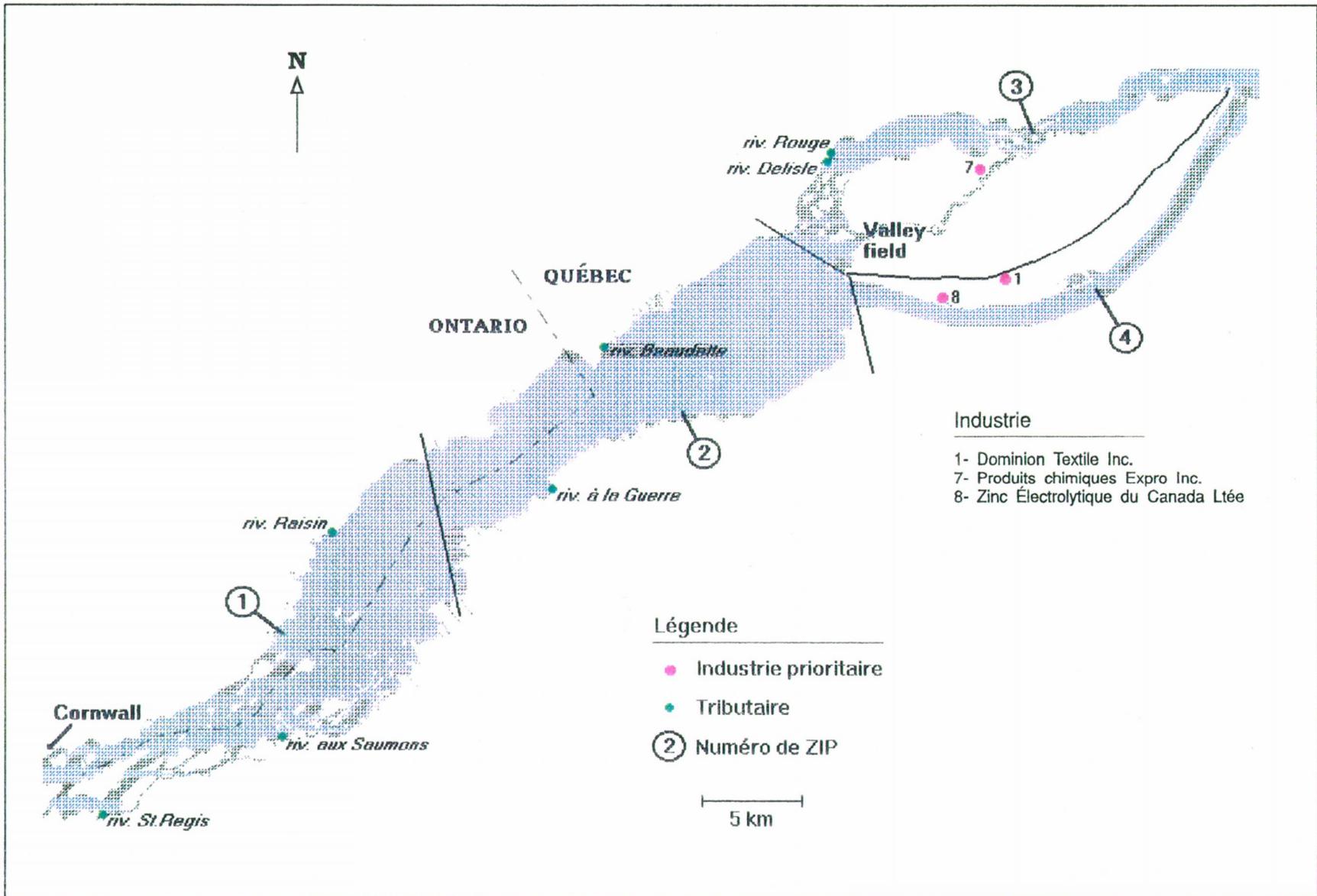
la ZIP 1 (3% de la population), cinq dans la ZIP 2 (15% de la population) et cinq dans la ZIP 3 (25% de la population). Le tableau 1 présente ces municipalités et leur ZIP d'appartenance.

Tableau 1 - Municipalités du tronçon de Cornwall-Beauharnois

ZIP	Nom de la municipalité
1	Akwesasne
1	Dundee
2	Coteau-Landing
2	Rivière Beaudette
2	Saint-Zotique
2	Sainte-Anicet
2	Sainte-Barbe
3	Coteau-du-Lac
3	Grande-Ile
3	Les Cèdres
3	Pointe-des-Cascades
3	Saint-Timothée (vlg)
4	Salaberry-de-Valleyfield

En résumé, les sources locales de contamination telles que les tributaires et les municipalités sont distribuées assez uniformément sur tout le secteur d'étude. Cependant, les sources de contamination industrielles sont exclusivement localisées dans la partie aval du secteur, soit dans les ZIP 3 et 4. Notons que l'ensemble du tronçon Cornwall-Beauharnois est soumis à la forte influence des eaux fluviales qui constituent la majeure partie du débit total du tronçon. Distribuées sur l'ensemble du territoire aquatique, le secteur compte de nombreuses activités qui font usage de l'eau du fleuve et qui peuvent être fortement influencées par la contamination toxique.









4. APPORTS INDUSTRIELS

Tel qu'indiqué précédemment, les industries du tronçon Cornwall-Beauharnois sont situées dans le secteur de Valleyfield-Saint-Timothé (ZIP 3 et 4 uniquement et non 1 à 4). Ce sont la Dominion Textile inc. (industrie n° 1); les produits chimiques Expro (industrie n° 7); Zinc Électrolytique du Canada inc. (industrie n° 8).

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 MENVIQ (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 2 présente la liste des paramètres échantillonnés et analysés en laboratoire pour les trois industries du tronçon Cornwall-Beauharnois. 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 possible d'identifier tout paramètre susceptible de se retrouver dans l'effluent. Il existe ainsi une variation importante des paramètres 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.

Tableau 2 - Paramètres pour les industries dans Cornwall-Beauharnois (ZIP 1 et 2 uniquement))

Paramètre	Industrie		
	N° 1	N° 7	N° 8
Alcalinité (CaCO ₃)		X	
Ammoniaque	X		
Cadmium			X
DBO ₅	X	X	
DBO ₅ (matière soluble)	X		
DCO	X	X	
DCO (matière soluble)	X		
MES	X	X	
Nitrates		X	
Nitrites		X	
NTK		X	
pH	X	X	X
Phosphore total		X	
Sélénium			X
Sulfates		X	
Zinc			X

Légende: N° 1 : Dominion Textile inc.
 N° 7 : Produits chimiques Expro inc.
 N° 8 : Zinc Électrolytique du Canada Itée

¹ Pour plus de détails, voir le préambule.



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 (m^3/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:

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

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 la charge

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 tronçon Cornwall-Beauharnois. 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 trois industries est présentée dans cette section. Les résultats détaillés des analyses chimiques et physiques pour ces industries apparaissent à l'annexe A du document annexe. 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 Dominion Textile inc. (n° 1)

L'industrie Dominion Textile inc. (Dom. Tex.) est située dans la municipalité de Saint-Timothé et oeuvre dans le domaine du textile. Cette usine effectue principalement la finition des tissus soit; le coton et le polyester. Cette industrie possède un seul émissaire et celui-ci déverse ses rejets aqueux dans le canal Beauharnois (ZIP 4). Le débit moyen calculée sur une base annuelle est de 0,0528 m³/s.



Les données les plus récentes datent de janvier 1990 et proviennent d'échantillonnages spécifiques qui ont été effectués par la compagnie dans le cadre d'une étude préliminaire d'assainissement des eaux. Ces données sont applicables à l'année 1989 car aucune modification n'a été effectuée entre janvier 1989 et la période d'échantillonnage de 1990.

L'établissement Dom. Tex. a signé un programme d'assainissement des eaux (PAE) en 1987 et celui-ci devrait être effectif à l'automne 1991. Ce programme vise principalement trois paramètres :

- la diminution de la DBO5 à 20 mg/L;
- la diminution des M.E.S. à 30 mg/L; et,
- la diminution de l'ammoniaque (NH₃) à 1,0 mg/L.

Le fort degré de basicité de l'effluent sera amélioré après l'installation d'un bassin de neutralisation. Un raccordement au réseau municipal est également en pourparlers.

4.3.2 Les produits chimiques Expro inc. (n° 7)

Cette industrie est située dans la municipalité de Valleyfield, près de la rivière Saint-Charles. Son secteur d'activité industrielle est la chimie organique et inorganique. Ses principaux produits finis sont; l'acide nitrique, la cyclonite, la nitrocellulose, la nitroglycérine et des poudres propulsives. Cette usine possède une dizaine d'émissaires, dont deux plus importants qui ont été caractérisés. Il s'agit de l'émissaire principal, qui dessert les secteurs nitroglycérines, nitrocellulose, poudres propulsives et alcool/éther et de l'émissaire du secteur RDX. Ces deux émissaires possèdent un débit moyen combiné de 0,378 m³/s et se déversent dans la rivière Saint-Charles (ZIP 3). Ils véhiculent des eaux de procédé et des eaux pluviales.

Les données relatives à la qualité des effluents proviennent d'échantillonnages qui ont eu lieu en août 1988 et en mars et juin 1989.

Un projet d'assainissement des eaux est présentement en cours et doit se terminer en 1995. Ce projet est divisé en trois principaux volets:



-
- prétraitement des eaux de procédé et déversement à l'égout municipal, normes visées;
 - 1 - volume maximum d'effluent de 4 600 m³/d;
 - 2 - charge de DBO₅ de 2 360 kg/d;
 - récupération des acides;
 - neutralisation des eaux de procédé.

4.3.3 Zinc Électrolytique du Canada ltée (n° 8)

Cette industrie, située à Valleyfield, oeuvre dans le secteur d'activité industrielle de la métallurgie. L'usine fabrique du zinc en lingots, du cadmium en lingots, des gâteau de cuivre et de l'acide sulfurique. Elle possède deux émissaires. L'émissaire principal se déverse dans le canal de Beauharnois (ZIP 4) via un égout privé (1,807 m³/s) et rejette surtout des eaux de refroidissement direct. Le deuxième émissaire est de type mixte (procédé, sanitaire et pluvial) et se déverse aussi dans le canal Beauharnois via un égout privé (0,045 m³/s).

Les données de qualité des effluents proviennent des rapports trimestriels de 1989 fournis par l'usine au MENVIQ et de la caractérisation effectuée en 1988.

Zinc Électrolytique du Canada ltée (ZEC) n'a pas signé de protocole d'entente avec le MENVIQ pour l'assainissement de ses rejets contaminés. Par contre, elle a complété certains travaux correctifs.

4.4 Bilan des charges sur le tronçon

Commençons par mentionner que les trois industries décrites précédemment se retrouvent uniquement au niveau des ZIP 3 et 4 et ce, malgré l'appellation "secteur ou tronçon Cornwall-Beauharnois" utilisée au cours de la discussion suivante.

Pour les trois industries prioritaires du secteur Cornwall-Beauharnois, un total de seize paramètres physico-chimiques ont été analysés afin de caractériser leurs effluents liquides. On retrouve principalement parmi ces paramètres, des substances azotées, des indicateurs de la présence de matières organiques (DBO₅ et DCO), des métaux lourds et des sulfates. Sur les seize paramètres, on n'en retrouve aucun qui soit commun aux trois industries. Il est alors

difficile, simplement à l'aide des charges en contaminants déversées, de classer ces industries par ordre d'importance de contamination du milieu. Toutefois, il est possible d'évaluer l'importance des rejets toxiques en considérant les quatre principaux groupes de contaminants mentionnés précédemment.

Les charges journalières détaillées 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.

Les métaux lourds qui ont été analysés pour les industries de ce secteur sont le cadmium, le sélénium et le zinc. ZEC ltée est la seule industrie prioritaire du secteur d'étude à rejeter ce type de contaminant au fleuve (voir la figure 2 et le tableau 3). Elle déverse quotidiennement des charges de 0,6 kg cadmium, 12 kg de sélénium et 99 kg de zinc.

Tableau 3 - Charges journalières des contaminants rejetés par les trois établissements prioritaires du tronçon Cornwall-Beauharnois (ZIP 3 et 4 uniquement)

Paramètre	Dom. Tex. (0,053 m ³ /s)		Expro (0,38 m ³ /s)		ZEC (1,85 m ³ /s)		Charge *Totale (kg/d)
	(kg/d)	%	(kg/d)	%	(kg/d)	%	
Alcalinité (CaCO ₃)	n.m.	--	21 037	100	n.m.	--	21 037
Ammoniaque	14	5,5	242	94,5	n.m.	--	256
Cadmium	n.m.	--	n.m.	--	0,6	100	0,6
DBO ₅	446	11,1	3 557	88,9	n.m.	--	4 003
DBO ₅ (matière soluble)	234	100	n.m.	--	n.m.	--	234
DCO	5 867	44,4	7 335	55,6	n.m.	--	13 202
DCO (matière soluble)	3 912	100	n.m.	--	n.m.	--	3 912
MES	1 510	73,3	549	26,7	n.m.	--	2 059
Nitrates	n.m.	--	2 771	100	n.m.	--	2 771
Nitrites	n.m.	--	5,4	100	n.m.	--	5,4
NTK	n.m.	--	486	100	n.m.	--	486
Phosphore total	n.m.	--	18	100	n.m.	--	18
Sélénium	n.m.	--	n.m.	--	12	100	12
Sulfates	n.m.	--	12 361	100	n.m.	--	12 361
Zinc	n.m.	--	n.m.	--	99	100	99

* Sommation des charges provenant des trois industries

n.m.: Paramètre non mesuré

Légende: - Dom. Tex. : Dominion Textile inc.

- Expro: Les produits chimiques Expro inc.

- ZEC: Zinc Électrolytique du Canada ltée

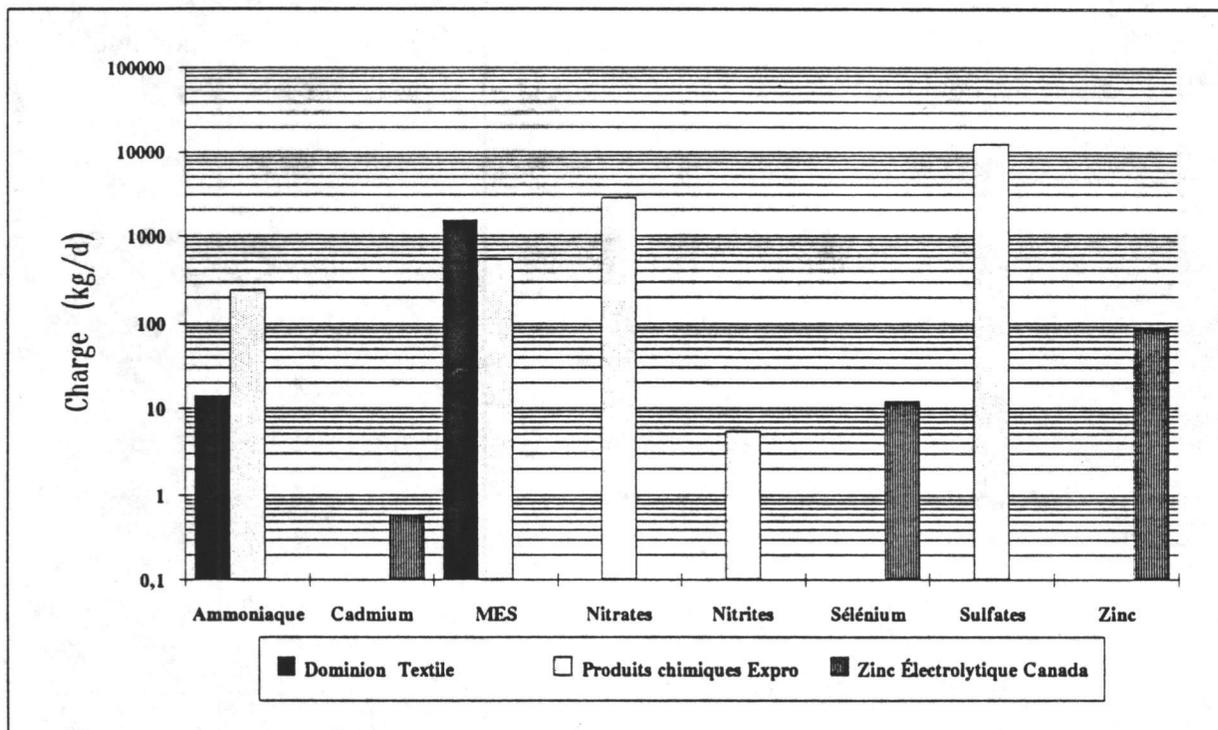


Figure 2 - Charges journalières (kg/d) des principaux contaminants industriels du tronçon Cornwall-Beauharnois (ZIP 3 et 4 uniquement)

Les substances azotées qui sont déversées dans le fleuve se présentent sous forme d'ammoniaque, de nitrates, de nitrites et d'azote mesuré selon la méthode Kjeldahl (NTK). On retrouve ces contaminants principalement dans les effluents de la compagnie Expro. En effet, les nitrates, les nitrites et NTK sont rejetés exclusivement par cette industrie, alors que l'ammoniaque est rejeté en plus par la Dominion Textile inc. Les charges en nitrites, nitrates et NTK rejetées par Les produits chimiques Expro inc. sont respectivement de 242, 2 771 et 486 kg/d. Quant à l'ammoniaque, la Dominion Textile inc. en déverse quotidiennement 14 kg et Les produits chimiques Expro 242 kg.

Les indicateurs de la présence de matières organiques, soit la DBO₅ et la DCO ont été mesuré pour les effluents de la Dominion Textile inc. et Les produits chimiques Expro inc. La compagnie Expro domine pour ces paramètres avec des charges quotidiennes respectives de 3 kg par jour et une DCO de 5 867 kg par jour. Un dernier paramètre, soit les sulfates, a été



mesuré uniquement dans les effluents de la compagnie Expro. La charge quotidienne de ce paramètre y est de 12 361 kg.

Comme on a pu l'observer précédemment, la Zinc Electrolytique du Canada inc. rejette surtout des métaux lourds, alors que la Dominion Textile inc. rejette beaucoup de matière organique tel que traduit par une DBO5 et une DCO relativement élevées. Les effluents de la compagnie Les produits chimiques Expro inc. possèdent une DBO5 et une DCO très élevées en plus de rejeter des substances azotées et des sulfates.

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 direct facilement interprétable et qui permet de quantifier l'effet potentiel des contaminants;
- au Québec, les méthodologies de calcul des objectifs de traitement des effluents sont généralement basés 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 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_{sg}) 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) (MENVIQ 1990b)

Exemple pour l'effluent de la compagnie les produits chimiques Expro inc.:

Nitrates: $M_i = 2\,771$ kg/d; $C_i = 40,0$ mg/l

$$I_i = 2\,771 * 1 / 40,0$$

$$I_i = 69 \text{ unités standard}$$

Nitrites: $M_i = 5,4$ kg/d; $C_i = 0,02$ mg/l

$$I_i = 5,4 * 1 / 0,02$$

$$I_i = 270 \text{ unités standard}$$

Ammoniaque $I_i = 372$ unités standard

Indice global $I_{sg} = 372 + 270 + 69$

$$I_{sg} = 711 \text{ unités standard}$$



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. Les nitrites qui, malgré une charge relativement faible par rapport aux nitrates, sont affectés d'une plus grande toxicité (nitrites 2 000 fois plus toxiques que les nitrates) et contribuent de façon plus importante à la valeur de l'indice de standardisation global que les nitrates.

Sur cette base comparative, les indices de standardisation ont été calculés pour les trois industries du tronçon Cornwall-Beauharnois qui déversent leurs rejets liquides directement dans le fleuve. Les valeurs sont compilées dans le tableau 4. 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.

Tableau 4 - Indices de standardisation des rejets industriels du tronçon Cornwall-Beauharnois (ZIP 3 et 4 uniquement)

Groupe de paramètres	Paramètres	Indice de standardisation			
		Dom. Tex.	Expro	ZEC	Total
1	Sélénium	n.m.	n.m.	2 400	2 400
	Zinc	n.m.	n.m.	1 125	1 125
2	Cadmium	n.m.	n.m.	462	462
	Ammoniaque	22	372	n.m.	394
	Nitrites	n.m.	270	n.m.	270
3	Nitrates	n.m.	69	n.m.	69
	I stg	22	711	3 987	4 720

n.m. : paramètre non mesuré

Sur cette base, l'industrie qui contribue le plus à l'apport toxique dans le milieu aquatique est la Zinc Électrolytique du Canada ltée. Son indice de standardisation global s'élève à près de 4000 unités, ce qui est près de six fois supérieur à celui de la compagnie les produits chimiques Expro inc. et plus de cent quatre-vingt fois plus élevé que celui de la compagnie Dominion Textile inc. La compagnie les produits chimiques Expro inc. vient en second lieu



avec un indice global de 645 unités. Son indice est près de trente-deux fois supérieur à celui de la compagnie Dominion Textile Ltée qui elle, est de 22 unités.

Globalement, les indices de standardisation des paramètres varient par trois ordres de grandeur, soit entre 22 et 3 987 unités. Selon ces ordres de grandeur, les paramètres mesurés aux trois industries sont divisés en trois groupes présentés ci-dessous selon l'importance de leur toxicité potentielle.

Dans le premier groupe, le paramètre qui se démarque le plus est le sélénium avec un indice de standardisation de 2 400 unités. Vient ensuite le zinc avec un indice de standardisation de 1 125 unités. Ces deux paramètres sont présent uniquement dans les effluents de la Zinc Electrolytique du Canada Ltée.

Le deuxième groupe, qui se situe dans un ordre de grandeur moindre, regroupe les contaminants suivants: le cadmium, l'ammoniaque et les nitrites. Le cadmium, dont l'indice est de 462 unités, provient exclusivement de la ZEC alors que les nitrites (270 unités) proviennent d'Expro. L'ammoniaque provient de deux industries, soit la Dominion Textile inc. et Expro avec des indices respectifs de 22 et 372 unités.

Les nitrates composent le troisième et dernier groupe de contaminants dont l'indice de standardisation est encore un ordre de grandeur inférieur. Ces contaminants proviennent exclusivement de la compagnie Expro avec un indice de standardisation de 69 unités.



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 des réseaux de mesure du MENVIQ (Réseau-rivières) et d'Environnement Canada (NAQUADAT).

Les réseaux de mesure du MENVIQ et d'Environnement Canada sont principalement axés sur la caractérisation de paramètres généraux de la qualité de l'eau. Dans le cas de NAQUADAT, certains paramètres plus spécifiques, tel que pesticides et autres composés organiques, sont également disponibles pour quelques rivières. Au niveau des contaminants dits "toxiques", seules des informations concernant les métaux sont disponibles pour les deux rivières caractérisées du tronçon Cornwall-Beauharnois. Ce sont donc ces paramètres qui sont compilés pour les tributaires de ce secteur. 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 tronçon Cornwall-Beauharnois sont la rivière aux Saumons et Delisle. Les rivières Rouge, Beaudette, aux Raisins, à la Guerre, Saint-Régis et d'autres petits tributaires n'ont pu être considérés à cause du manque de données de qualité de l'eau. En effet, les données les concernant étaient insuffisantes et ne permettaient pas une analyse suffisamment approfondie de ces cas.

Bien que ces deux rivières soient munies de plus d'une station de qualité sur leur bassin, la station choisie est celle située le plus en aval. Sur la rivière aux Saumons, la station de qualité de l'eau se situe à 6,0 km de l'embouchure alors que pour la rivière Delisle, elle se situe à 0,9 km.

Les données de base sur les débits des tributaires proviennent de la Direction du réseau hydrique du MENVIQ. Les deux rivières évaluées ne possèdent pas de station hydrométrique sur leur cours et 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. Ce réajustement 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).

A 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 de la rivière Delisle, l'année 1985 a dû être utilisée car le programme d'échantillonnage du gouvernement provincial a été interrompu en février 1986 sur ce 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 5 indique l'année de



référence retenue pour les tributaires étudiés. Notons que les codes hydrographiques des rivières contenus dans ce tableau ainsi que dans quelques autres, sont ceux utilisés par le MENVIQ. Ces codes lui servent à classifier les bassins versants sur le territoire québécois.

Tableau 5 - Année de référence pour le calcul des charges des tributaires

Code	Rivière	Année de référence
313	Delisle	1985
461	Aux Saumons	1987

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 5). 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 ces deux tributaires, de façon à vérifier si l'année d'évaluation retenue ne constituait pas un cas extrême non représentatif. A cet effet, le tableau 6 présente l'évolution du débit moyen annuel à l'embouchure des deux tributaires du tronçon pour la période comprise entre 1980 et 1987.

Le tableau 6 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 1987 est faible. En effet, pour les deux tributaires, les débits de 1985 et 1987 ont un écart inférieur à près de 20% de la moyenne des huit années étudiées. En ce qui concerne la comparaison directe entre l'année 1985 et 1987, la variation de débit pour les deux tributaires considérés est de 0 à 14%. Cette faible variation justifie l'utilisation des années 85 et 87 pour caractériser les charges des tributaires. Les



données de qualité de ces années seront donc utilisées puisqu'elles constituent les données les plus valables parmi celles qui sont présentement disponibles.

Tableau 6 - Module annuel (m³/s) sur la période 1980 à 1987 pour les rivières aux Saumons et Delisle

Année	Débit moyen annuel (m ³ /s)	
	Rivière aux Saumons	Rivière Delisle
1980	11	7
1981	19	10
1982	13	6
1983	18	10
1984	13	7
1985	14	6
1986	18	7
1987	12	6
Moyenne	14,7	7,4

5.2 Méthode de calcul des charges

La station de qualité des deux rivières n'étant pas située directement à l'embouchure, un inventaire partiel des sources ponctuelles potentielles de contamination en aval de la station de qualité a été effectué pour chaque tributaire. Ainsi, après consultation de différents documents de références (banque de données sur les municipalités du Québec (rapport "EXTRACTO"), cartes topographiques), aucune source de type municipale et industrielle n'a été inventoriée en aval des stations de qualité des deux rivières du secteur d'étude.

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:

$$Q_{\text{embouchure}} = Q_{\text{station}} \times \frac{\text{Superficie à l'embouchure}}{\text{Superficie à la station}}$$



Les superficies des bassins versants à l'embouchure, aux stations de qualité et aux stations hydrométriques sont fournies au tableau 7.

Tableau 7 - Superficie des bassins versants des tributaires du lac Saint-François aux stations de qualité et de débit, et à l'embouchure

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>			
A la Guerre	90	n.a.	31,2
Aux Saumons	1 067	n.d.	n.a.
St. Regis River	n.d.	n.a.	1 600
<u>Rive nord</u>			
Beaudette	198	n.a.	n.a.
Delisle	418	n.a.	n.a.
Raisin River	n.d.	n.a.	n.a.
Rouge	60	n.a.	n.a.

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

n.d. : donnée non disponible

n.a. : non applicable

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 charge annuelle représentative de la situation. En se basant sur les données historiques, on dispose de seulement trois à neuf jours d'échantillonnage sur l'année 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:

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

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 (m^3/s);
- $[X_i]$: la concentration du contaminant X pour la période i (mg/L)
- k : une constante d'homogénéité des unités calculée comme suit:



$$k = \frac{(a) \quad (b)}{1\ 000 \quad 365} = \frac{86\ 400 \times 1}{1\ 000 \times 365} = 0,237$$

- a) constante d'homogénéité des unités pour amener $Q_i \times X_i$ en kg/d
 $(Q_i) \frac{\text{m}^3}{\text{j}} \times (X_i) \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{86\ 400\text{s}}{1\ \text{jour}} \times \frac{1\ 000\text{L}}{1\ \text{m}^3} \times \frac{1\ \text{kg}}{10^6\ \text{mg}}$
- 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 de 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 maximales et minimales 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 minimales et maximales par le nombre de jours dans une année obtenant ainsi les charges journalières minimales et maximales moyennes annuelles. Ces deux quantités seront désignées par l'expression "charges annuelles minimales" et "charges annuelles maximales";
- 5- faire la moyenne arithmétique des charges annuelles minimale et maximale.

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 aux Saumons pour l'année d'évaluation 1987.

- 1- Pour la détermination des périodes de concentration homogène, le tableau 8 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 24 février 1987 débute le 1er janvier. Pour fixer la fin de cette période, il faut compter le nombre de jours compris entre le 24 février et le 28 avril (période d'échantillonnage suivante). En excluant les jours d'échantillonnage, le total est de 62 jours. La moitié de 62 jours étant de 31, il suffit d'ajouter 31 jours au 24 février. Cette période se termine donc le 27 mars. Pour plus de détails sur les périodes, voir la première table des débits journaliers à l'annexe B du document des annexes.

La figure 3 permet de visualiser les dates d'échantillonnage et les périodes hydrologiques présentées au tableau 8. Les débits présentés sont ceux mesurés à la station hydrologique de la rivière Châteauguay mais qui sont corrigés en fonction de la superficie du bassin versant à l'embouchure de la rivière aux Saumons.

Tableau 8 - Détermination des périodes de concentration homogène pour la rivière aux Saumons

Date d'échant.	Début de la période	Fin de la période
24/02/87	01/01/87	27/03/87
28/04/87	28/03/87	08/05/87
19/05/87	09/05/87	18/06/87
20/07/87	19/06/87	02/08/87
17/08/87	03/08/87	03/09/87
21/09/87	04/09/87	07/10/87
19/10/87	08/10/87	02/11/87
16/11/87	03/11/87	30/11/87
14/12/87	01/12/87	31/12/87

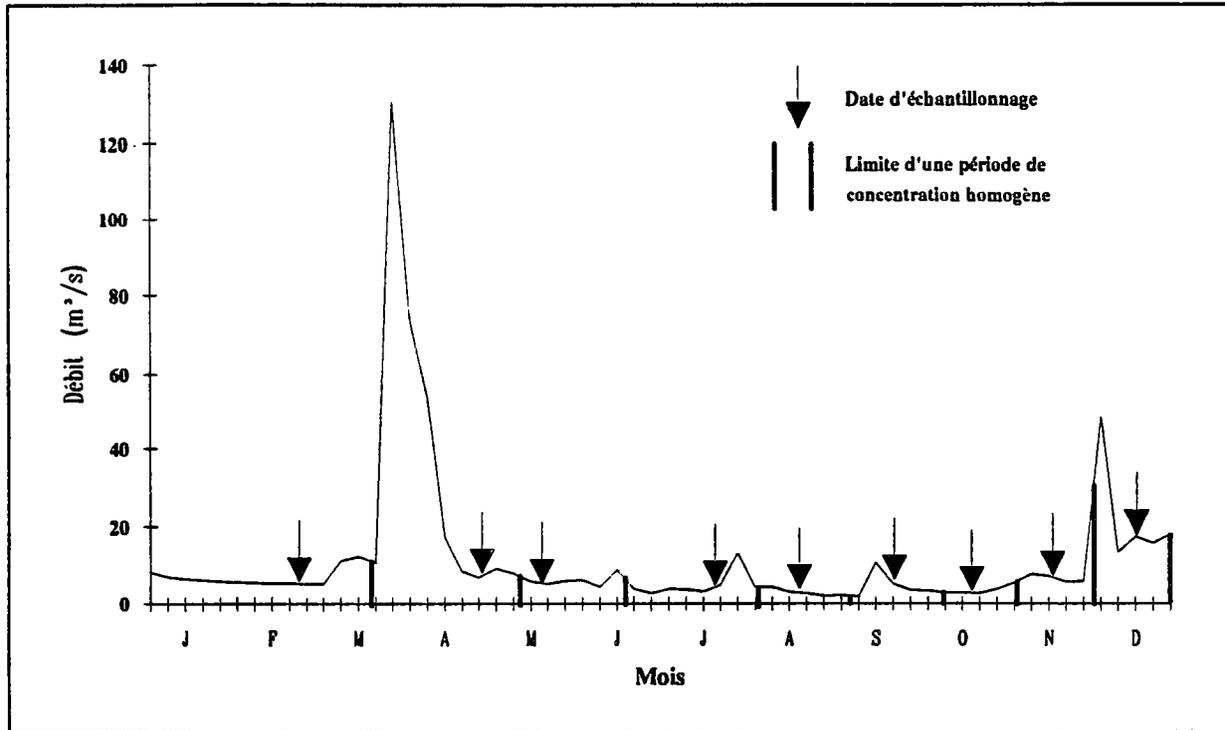


Figure 3 - Périodes de concentration homogène représentées sur l'hydrogramme de la rivière aux Saumons à son embouchure pour l'année 1987

- 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 9).
- 3- Les charges minimales et maximales sont calculées au tableau 10 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 9 - Débits moyens, par période de concentration homogène, à l'embouchure de la rivière aux Saumons

Période de concentration homogène		*Débit à la station hydrométrique (m ³ /s) (2 490 km ²)	Débit à l'embouchure (m ³ /s) (1 067 km ²)
Début	Fin		
01/01/87	27/03/87	35,2	15,1
28/03/87	08/05/87	22,8	9,8
09/05/87	18/06/87	17,3	7,4
19/06/87	02/08/87	12,2	5,2
03/08/87	03/09/87	6,5	2,8
04/09/87	07/10/87	10,0	4,3
08/10/87	02/11/87	8,0	3,4
03/11/87	30/11/87	19,1	8,2
01/12/87	31/12/87	54	23,1

* Station hydrométrique située sur la rivière Châteauguay

- 4- La charge annuelle maximale totale pour une année est obtenue en additionnant les résultats de la colonne 4 du tableau 10, alors que la sommation de la colonne 6 donne la charge annuelle minimale totale pour l'année. Les charges annuelles minimales et maximales par jour (kg/d) montrées à l'avant dernière ligne du tableau 10 sont obtenues en divisant les valeurs de charge annuelle par 365 jours. Pour l'année 1987, la charge annuelle en cuivre de la rivière aux Saumons se situe entre 0,3 et 0,6 kilogrammes par jour. La moyenne entre ces deux limites est de 0,45 kg/d.



Tableau 10 - Charges minimales et maximales par période d'échantillonnage pour le cuivre

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)
01/01/87	27/03/87	1298	0,0005	56	0,0005	56
28/03/87	08/05/87	1252	<0,0005	54	<0,0005	0
09/05/87	18/06/87	284	<0,0005	12	<0,0005	0
19/06/87	02/08/87	252	0,0009	20	0,0009	20
03/08/87	03/09/87	86	0,0009	6,7	0,0009	6,7
04/09/87	07/10/87	140	0,0008	11	0,0008	11
08/10/87	02/11/87	95	0,0006	6,6	0,0006	6,6
03/11/87	30/11/87	229	<0,0005	12	<0,0005	0
01/12/87	31/12/87	717	<0,0005	31	<0,0005	0
Charge annuelle(kg/an)			maximale:	209	minimale:	100
Charge annuelle(kg/d)			maximale:	0,6	minimale:	0,3
Moyenne (kg/d)			0,45			

< Sous le seuil de détection

(1) Numéro de la colonne

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 maximales et minimales 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 maximales et minimales.



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 aux Saumons pour l'année d'évaluation 1987.

- 1- D'après l'analyse menée sur la table des débits journaliers pour la rivière aux Saumons (deuxième table de débits présentée à l'annexe B du document annexe), la crue printanière s'étend du 23 mars au 18 avril 1987 (voir figure 4). Le débit de la journée du 23 mars se démarque de façon significative de la journée précédente puisqu'il passe de 11,8 à 78,4 m³/s. La période de crue est fixée au 18 avril, puisque le débit journalier redescend aux environs de 11 m³/s. Pour la saison estivale, une période s'étalant entre le 21 juin et le 28 octobre 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 28 avril. Cette dernière a été utilisée en raison de son rapprochement de la période printanière. La saison estivale retenue compte quatre dates d'échantillonnage, soit les 20 juillet, 17 août, 21 septembre et 19 octobre.
- 3- On effectue le calcul de la concentration moyenne et des charges minimales et maximales pour chaque saison. Le tableau 11 présente le calcul du débit moyen de printemps et d'été à la station servant et le débit moyen corrigé à l'embouchure. Ce dernier est utilisé dans des calculs de charges. Tel que présenté au tableau 12, la charge printanière est évaluée à l'aide d'une seule valeur de concentration et celle-ci est sous le seuil de détection. Dans ce cas, on calcule les charges maximale et minimale et l'on fait la moyenne des deux. La charge maximale est calculée en multipliant le débit moyen de la période printanière par la valeur du seuil alors que pour la charge minimale on substitue la valeur du seuil par zéro. Pour la charge estivale, on dispose de quatre valeurs de concentration. La moyenne arithmétique de ces quatre valeurs est alors calculée et multipliée par le débit moyen de la période estivale.

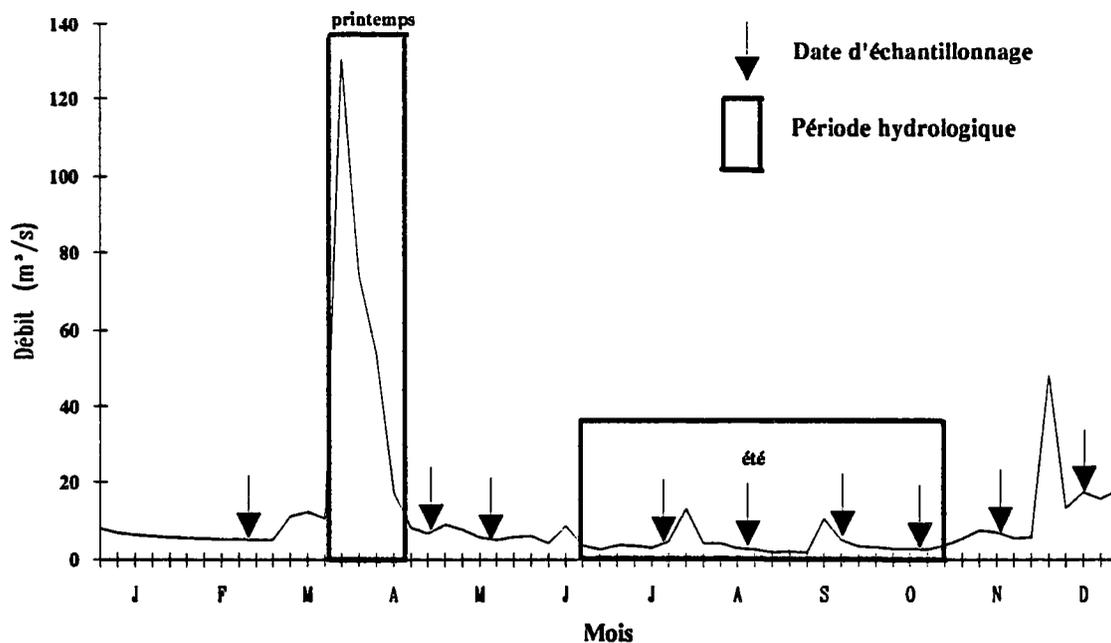


Figure 4 - Saisons printanière et estivale représentées sur l'hydrogramme de la rivière aux Saumons à l'embouchure pour l'année 1987

Tableau 11 - Valeurs corrigées pour la rivière aux Saumons des débits moyens printanier et estival (m^3/s) en fonction de la superficie du bassin versant

Saison	*Débit à la station hydrométrique (2 490 km ²)	Débit à l'embouchure (1 067 km ²)
Printemps	152	65
Été	9,3	4

* Station hydrométrique située sur la rivière Châteauguay



Tableau 12 - Évaluation pour la rivière aux Saumons des concentrations moyennes et des charges minimales et maximales 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)	Pour le calcul du maximum:0,0005	65	28-04-87	*0,0005	Max.: 2,8
	Pour le calcul du minimum:0,0000	65	28-04-87	*0,0000	<u>Min.: 0,0</u>
					Moy.: 1,4
Été (b)	-	4	20-07-87	0,0009	
			17-08-87	0,0009	
			21-09-87	0,0008	
			19-10-87	<u>0,0006</u>	
			Moy.: 0,0008	0,3	

* Valeur sous le seuil de détection

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

b) Situation où les valeurs de concentration ne sont pas sous le seuil de détection.

4- La charge printanière en cuivre pour la rivière aux Saumons en 1987 varie entre 0,0 et 2,8 kilogrammes pour une journée type de printemps avec une valeur moyenne de 1,4 kg/d. La charge estivale, quant à elle, est de 0,3 kilogrammes pour une journée type d'été (voir tableau 12).

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 l'écart entre les superficies de bassin versant au niveau de l'embouchure et de la station hydrométrique est supérieur d'au moins une fois et demi.

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 au moins 20% pour les tributaires sans station hydrométrique. Les deux tributaires étudiés font parties de cette catégorie puisque les stations hydrométriques de la Châteauguay et de l'Assomption sont utilisées pour déterminer leur débit. De plus, l'écart entre les superficies à l'embouchure et à la station hydrométrique des deux tributaires est supérieur d'au moins une fois et demi. Donc, pour les rivières aux Saumons et Delisle, les deux imprécisions supplémentaires fixées à 10% chacune doivent être additionnées à l'imprécision de base de 10% pour obtenir une imprécision totale sur le débit de 30% (voir tableau 13).

D'après la direction des laboratoires du MENVIQ (Blouin, 1991) et d'Environnement Canada (L'Italien, 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 (3 à 9 jours échantillonnés sur l'année), un pourcentage d'imprécision est fixé de façon sécuritaire et arbitraire à 15%.



Pour les tributaires du tronçon Cornwall-Beauharnois, notre estimation de l'imprécision totale associée à leurs charges est de 45% (voir tableau 13).

Tableau 13 - Imprécision totale sur les charges des tributaires du tronçon Cornwall-Beauharnois

Rivière	Cause des imprécisions				Imprécision totale (%)
	Conc. (%) ¹	Débit (%) ²	Superfi. (%) ³	St. débit (%) ⁴	
Aux Saumons	15	10	10	10	45
Delisle	15	10	10	10	45

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

Dans les ZIP 1 à 4, on retrouve sept tributaires dont deux possèdent suffisamment d'information pour qu'une estimation de leur charge en contaminant soit réalisée. Malgré la faible proportion de tributaires caractérisés, une comparaison des rivières au niveau de leur charge en contaminant ainsi qu'une évaluation des facteurs qui peuvent influencer leurs charges sera effectuée.

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

- le calcul des contributions proviennent des charges qui comportent une imprécision de 45% (voir tableau 13);
- les valeurs de concentrations utilisées pour calculer ces charges sont parfois peu nombreuses, surtout pour l'estimation des charges estivale et printanière;



-
- les calculs de charges sont souvent effectués avec des valeurs de concentrations sous le seuil de détection, ceci s'applique en particulier pour le cuivre, le zinc, le plomb et nickel.

5.6.1 Influence du débit sur les charges

Cette section présente une comparaison des apports journaliers des deux tributaires en termes de charges annuelles et printanières. Les charges estivales ne seront pas discutées car aucune valeur de concentration pour cette période n'est disponible pour la rivière Delisle. Afin de permettre la comparaison des charges de ces tributaires, le tableau synthèse exposé dans cette section (voir tableau 14) présente les charges sous formes de moyenne calculée à partir des charges maximales et minimales.

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 et l'année permet de réaliser que la rivière Delisle présente des débits inférieurs à ceux de la rivière aux Saumons (voir le tableau 15).



Tableau 14 - Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois cas types: crue de printemps, étiage d'été, annuelle

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									
Aux Saumons	1 (1)	1,4	22	4 (0)	0,3	100	9 (4)	0,5	29
Delisle	1 (1)	4,9	78	---	---	---	3 (3)	1,2	71
Total trib.		6,3	100%		0,3	100%		1,7	100%
	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
Apports en ZINC	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Zn	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Zn	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Zn	% apport total
Aux Saumons	1 (0)	7,3	43	4 (0)	0,6	100	9 (0)	1,5	19
Delisle	1 (1)	9,7	57	---	---	---	3 (2)	6,5	81
Total trib.		17	100%		0,6	100%		8,0	100%
	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
Apports en PLOMB	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Pb	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Pb	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Pb	% apport total
Aux Saumons	1 (1)	2,0	12	4 (3)	0,2	100	9 (8)	0,4	10
Delisle	1 (1)	15	88	---	---	---	3 (3)	3,7	90
Total trib.		17	100%		0,2	100%		4,1	100%
	Charge printanière			Charge estivale			Charge annuelle		
Apports en NICKEL	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Ni	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Ni	% apport total	Nb.tot.val. (Nb < seuil)	Charge kg/d Ni	% apport total
Aux Saumons	1 (1)	1,4	100	4 (3)	0,15	100	9 (7)	0,3	100
Delisle	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Total trib.		1,4	100%		0,15	100%		0,3	100%

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

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

Tableau 14 - Comparaison des apports journaliers des tributaires pour trois cas types: crue de printemps, étiage d'été, annuelle (suite)

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
Aux Saumons	1 (0)	1 60	65	4 (0)	134	100	9 (0)	306	61
Delisle	1 (0)	855	35	---	---	---	3 (0)	192	39
Total trib.		2 45	100%		134	100%		498	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
Aux Saumons	1 (0)	185	76	4 (0)	11,5	100	9 (0)	24	63
Delisle	1 (0)	58	24	---	---	---	3 (0)	14	37
Total trib.		243	100%		11,5	100%		38	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
Aux Saumons	1 (1)	0,28	12	4 (3)	0,02	100	9 (8)	0,05	91
Delisle	1 (1)	2,0	88	---	---	---	3 (3)	0,5	9
Total trib.		2,28	100%		0,02	100%		0,55	100%
Apports en ALUMINIUM	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
Aux Saumons	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Delisle	1 (0)	622	100	---	---	---	3 (0)	144	100
Total trib.		622	100%		---	---		144	100%

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

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

Tableau 15 - Comparaison des débits utilisés dans le calcul des charges en cuivre, nickel, zinc, plomb, fer, manganèse, cadmium et aluminium

Rivière (Année utilisée)	Printemps		Été		Annuel	
	Débit (m ³ /s)	% Apport total	Débit (m ³ /s)	% Apport total	Débit (m ³ /s)	% Apport total
Aux Saumons	65	74	4	67	12	67
Delisle	23	26	2	33	6	33
Total	88	100 %	6	100 %	18	100 %



La rivière aux Saumons est le tributaires le plus important en termes de débits annuel et printanier en comparaison à la rivière Delisle puisqu'elle contribue respectivement à 67% et 74% du débit total des deux tributaires. Conséquemment, la rivière aux Saumons arrive au premier rang pour sa contribution aux charges printanières et annuelles déversées pour les métaux fer et manganèse. Pour les autres métaux, soit le cuivre, le zinc, le plomb, le nickel, le cadmium et l'aluminium, il n'est pas possible de faire de comparaison d'un tributaire à l'autre à cause de méthodes d'analyse différentes entre les deux tributaires.

5.6.2 Comparaison des charges

Comme mentionné précédemment, dans le cas des rivières aux Saumons et Delisle, la comparaison des charges pour certains contaminants peut difficilement être effectuée. En effet, les analyses en contaminants pour ces deux rivières ont été effectuées par deux laboratoires différents et le seuil de détection des appareils d'analyse de chacun de ces laboratoire ne sont pas identiques. Les seuils de détection des appareils de mesures du MENVIQ sont jusqu'à vingt fois supérieur à ceux d'Environnement Canada. Comme la méthode de calcul des charges employée dans ce document est sensible à la variation des valeurs des seuils de détection, les contaminants qui possèdent plus d'une valeur de concentration sous le seuil de détection, pour l'une ou l'autre des deux rivières, ne pourront être comparés.

Parmi les paramètres analysés de la rivière Delisle, notons que toutes les valeurs de concentration de cuivre, de plomb et de cadmium sont sous le seuil de détection, alors que le zinc en possède deux sur trois. Il est donc impossible de comparer les charges de ces quatre contaminants véhiculés par les rivières aux Saumons et Delisles.

Au niveau du fer, la charge printanière déversée dans le tronçon atteint 2 456 kg/d tandis que la charge annuelle est de 498 kg/d. La charge déversée est donc près de cinq fois plus grande au printemps que sur l'ensemble de l'année. Environ 60% de la charge annuelle provient de la rivière aux Saumons et près de 40% de la rivière Delisle.

Pour le manganèse, la charge printanière véhiculée par les deux tributaires caractérisées est de 243 kg/d comparativement à 38 kg/d sur une base annuelle. L'apport printanier est donc d'au



moins onze fois plus élevée que l'apport moyen annuel. Pour la charge annuelle, le rivière aux Saumons contribue à 63% de la charge alors que la rivière Delisle contribue pour 37%.



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; par exemple pour la municipalité de Salaberry de Valleyfield.

Estimation du débit à l'effluent pour chaque municipalité

Dans le cas présent (ZIP 1 à 4), une estimation du débit sur une base de contribution per capita est nécessaire pour la plupart des municipalités. Une seule mesure directe à l'effluent est disponible, soit celle de Salaberry de Valleyfield. La valeur de contribution per capita utilisée dans les cas des municipalités sans débit 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 17 la liste des municipalités riveraines pour les ZIP 1 à 4. 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 ou la valeur de débit mesuré.

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 16. 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 16 - 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 Grande-Ile et de Salaberry-de-Valleyfield sera effectuée. Ces municipalités représentent respectivement les cas d'une petite et d'une grande municipalité.

- 1) Grande-Ile: population = 3 401 h., municipalité sans traitement. (Dir. réseau hydrique, BD municipalités du Québec, MENVIQ, 1991b)

$$\begin{aligned} \text{Débit total:} & \quad 3\,401 \text{ pers.} \times 830 \text{ L/pers./d} = 2\,823 \text{ m}^3/\text{d} \\ \text{Charge totale Pb:} & \quad \frac{0,0250 \text{ mg/L} \times 2\,823 \text{ m}^3/\text{d}}{1\,000} = 0,071 \text{ kg/d} \end{aligned}$$

- 2) Salaberry-de-Valleyfield: population = 29 000 h., municipalité avec traitement. (Dir. ass. urbain, MENVIQ, 1991a)

$$\begin{aligned} \text{Débit total:} & \quad 51\,400 \text{ m}^3/\text{d} \\ \text{Débit temps sec:} & \quad 92\% \times 51\,400 \text{ m}^3/\text{d} = 47\,288 \text{ m}^3/\text{d} \\ \text{Débit ruisselé:} & \quad 8\% \times 51\,400 \text{ m}^3/\text{d} = 4\,112 \text{ m}^3/\text{d} \\ \text{Chg temps sec Pb:} & \quad \frac{0,050 \text{ mg/L} \times 47\,288 \text{ m}^3/\text{d}}{1\,000} = 2,4 \text{ kg/d} \end{aligned}$$



Chg temps sec Pb après traitement $2,4 \text{ kg/d} \times 0,5 = 1,2 \text{ kg/d}$

Chg ruisselée Pb: $\frac{0,366 \text{ mg/L} \times 4\,112 \text{ m}^3/\text{d}}{1\,000} = 1,5 \text{ kg/d}$

Chg totale Pb: $1,2 \text{ kg/d} + 1,5 \text{ kg/d} = 2,7 \text{ kg/d}$

De cette façon, des charges journalières en plomb de près de 0,1 kg/d sont calculées pour Grande-Ile et de 2,7 kg/d pour Salaberry-de-Valleyfield. En divisant par la population, une contribution per capita d'environ 20 mg/d pour Grande-Ile est obtenue (municipalité inférieure à 25 000 h. sans traitement) comparativement à une contribution per capita de près de 90 mg/d pour le secteur Salaberry-de-Valleyfield (municipalité supérieure à 25 000 h avec traitement). Un facteur multiplicatif de plus 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 17 présente le bilan des charges municipales des ZIP 1 à 4. Les eaux du fleuve Saint-Laurent dans ce secteur ont reçu, en 1989, les eaux usées de 13 municipalités totalisant ainsi une population de plus de 50 000 habitants. Plus de la moitié de cette population (56%) est située à Salaberry-de-Valleyfield. Possédant une population de 29 000 habitants, cette municipalité est la seule à traiter ses eaux usées. Les 12 autres municipalités avaient des populations inférieures à 25 000 habitants et aucune d'entre elles ne traitait leurs eaux usées en 1989.

En fonction des données compilées aux tableaux 18 (charges municipales compilées par ZIP), les municipalités du secteur Cornwall-Lanoraie déversent des charges approximatives de 1,6 kg de cuivre, 6,5 kg de zinc et 3,2 kg de plomb étaient quotidiennement déversées dans le fleuve Saint-Laurent en 1989 (voir le tableau 17). On estimait que la majeure partie de ces charges (75 à 86%) se trouvaient dans le canal de Beauharnois (ZIP 4). Leurs origines est évidemment la municipalité de Salaberry-de-Valleyfield puisqu'il s'agit de la seule municipalité de cette ZIP. Les apports respectifs en cuivre, en zinc et en plomb dans ce secteur, étaient de 1,2 , de 5,6 et de 2,7 kg (voir le tableau 17). La figure 5 permet de visualiser l'apport en contaminants de chaque secteur au niveau municipal. On y constate d'ailleurs que le secteur du canal de Beauharnois arrive au premier rang des apports en métaux de référence pour l'ensemble des municipalités des ZIP 1 à 4. La correspondance de ces secteurs aux ZIP est présentée au tableau 18; on y retrouve également par ZIP, le bilan des charges en métaux de référence.

Localisée au nord de l'île de Salaberry, la ZIP 3 (secteur Ile de Salaberry) recevait quant à elle, les eaux usées de cinq municipalités totalisant ainsi 25% de la population du secteur. Leurs rejets combinés représentaient des apports en cuivre, en zinc et en plomb qui varient de 8 à 13% sur l'ensemble des municipalités des ZIP 1 à 4. Les apports journaliers en cuivre, en zinc et en plomb dans ce secteurs, étaient respectivement estimés à 0,21 kg, de 0,54 kg et de 0,27 kg (voir tableau 18).



Tableau 17 - Bilan des charges municipales des ZIP 1 à 4 pour les trois métaux de référence (1989)

ZIP	Municipalité	Impré- cision (%)	Popu- lation	Source d'info.	Débit (m ³ /s)	Traite- ment	Cu (kg/d)	Zn (kg/d)	Pb (kg/d)
1	Akwesasne	50	1 455	1	0,014	non	0,024	0,060	0,030
1	Dundee	50	353	1	0,003	non	0,006	0,015	0,007
2	Coteau-Landing	50	1 435	1	0,014	non	0,024	0,060	0,030
2	Rivière Beaudette	50	1 047	1	0,010	non	0,017	0,043	0,022
2	Saint-Zotique	50	2 025	1	0,019	non	0,034	0,084	0,042
2	Sainte-Anicet	50	2 104	1	0,020	non	0,035	0,087	0,044
2	Sainte-Barbe	50	1 178	1	0,011	non	0,020	0,049	0,024
3	Coteau-du-Lac	50	3 537	1	0,034	non	0,059	0,147	0,073
3	Grande-Ile	50	3 401	1	0,033	non	0,056	0,141	0,071
3	Les Cèdres	50	3 321	1	0,032	non	0,055	0,138	0,069
3	Pointe-des-Cascades	50	641	1	0,006	non	0,011	0,027	0,013
3	Saint-Timothée (vlg)	50	2 073	1	0,020	non	0,034	0,086	0,043
4	Salaberry-de-Valleyfield	40	29 000	2	0,595	oui	1,2	5,6	2,7
Total			51 570		0,812		1,6	6,5	3,2

(1) Direction du réseau hydrique, banque de données sur les mun. du Qc, rapports EXTRACTO (MENVIQ, 1990d)

(2) Direction de l'assainissement des eaux, suivi d'exploitation du programme d'ass. des eaux (MENVIQ, 1990e)

Le lac Saint-François situé dans les ZIP 1 et 2, regroupe sept municipalités qui représentaient environ 18% de la population du tronçon à l'étude. Ces rejets représentaient alors de 6 à 10% de l'apport municipal du secteur pour les trois métaux de référence (cuivre, zinc et plomb), soit le dernier rang des charges en métaux de référence pour les ZIP 1 à 4 (voir la figure 5). Les apports en cuivre, en zinc et en plomb pour ce secteur étaient estimés à 0,16 , de 0,40 et de 0,20 kg respectivement (voir le tableau 18).

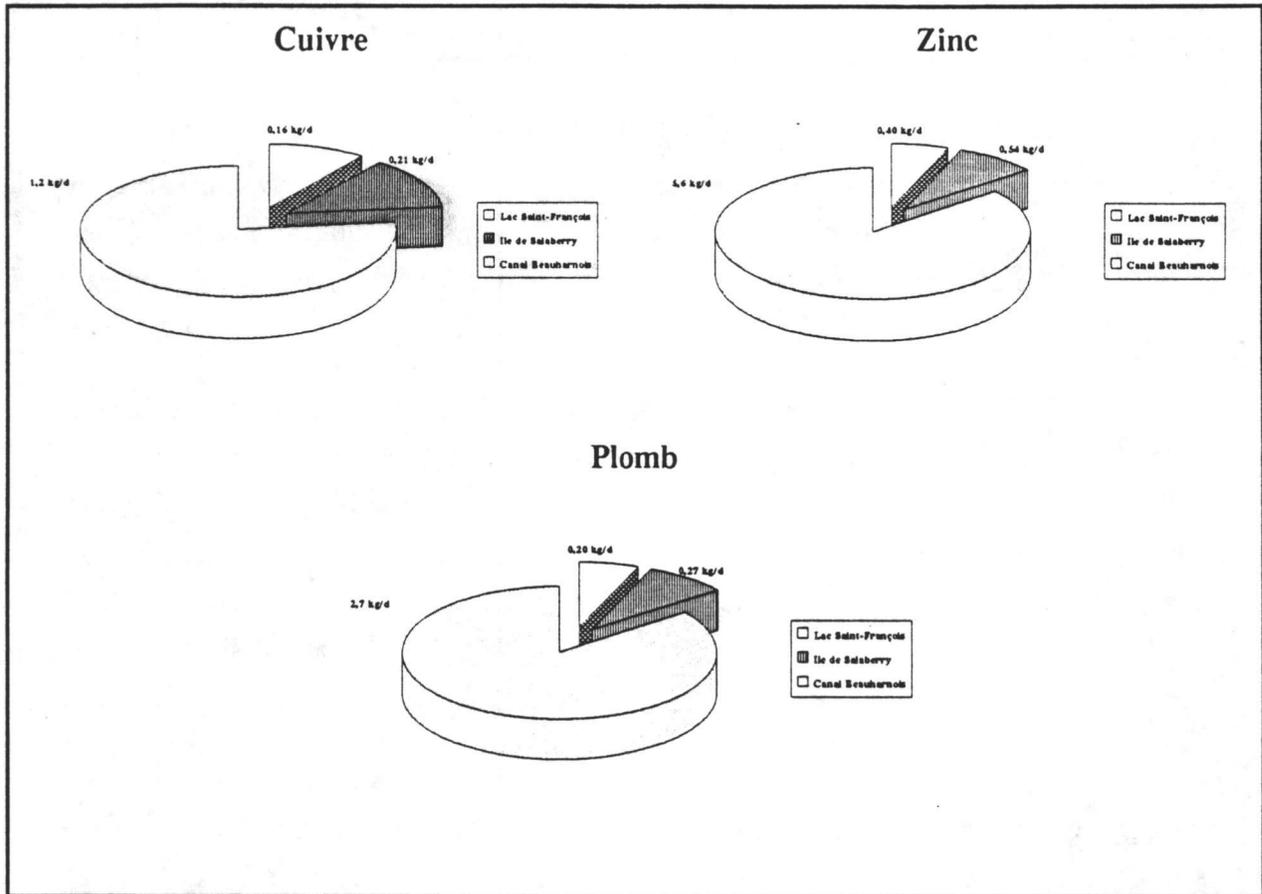


Figure 5 - Bilan des charges municipales de 1989 en cuivre, zinc et plomb pour les ZIP 1 à 4

Tableau 18 - Bilan des charges municipales en métaux (Cu, Zn, Pb) pour les ZIP 1 à 4.

Secteur	ZIP	Population	Charge (kg/d)		
			Cuivre	Zinc	Plomb
Lac Saint-François	1	1 808	0,03	0,075	0,037
	2	7 789	0,13	0,323	0,16
Ile de Salaberry	3	12 973	0,21	0,54	0,27
Canal de Beauharnois	4	29 000	1,2	5,6	2,7
	Total	51 570	1,6	6,5	3,2



7. APPORTS FLUVIAUX

Le débit fluvial des ZIP 1 à 4 contribue à la quasi-totalité du débit total de ce tronçon. Cette forte proportion est en grande partie attribuable à la présence de peu de tributaires (sept) et à l'absence de tributaires d'importance en terme de régime hydraulique. Par conséquent, il est donc important d'évaluer les charges de contaminants qui sont véhiculées directement par le fleuve Saint-Laurent.

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 certains contaminants pour ensuite les comparer aux trois autres sources majeures de contaminants, soit les tributaires, les industries et les municipalités. Rappelons que les trois métaux de références communs aux quatre principales sources de contaminants du secteur d'étude sont; le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le plomb (Pb). Comme des informations complémentaires sur l'aluminium, le cadmium, le chrome, le fer, le manganèse et le nickel sont disponibles, leur contribution aux apports toxiques est brièvement discutée dans cette section.

Les données de qualité nécessaires à l'évaluation des charges en contaminants proviennent de la banque fédérale de données sur la qualité des eaux "NAQUADAT" qui est gérée par Environnement Canada alors que les mesures de débits sont fournies par le "St. Lawrence Committee on River Gauging".

Quatre stations de mesure de la qualité de l'eau du fleuve ont été retenues pour fin d'évaluation de l'apport fluvial en contaminants (voir figure 6). Ces stations sont situées à la hauteur de l'île Cornwall où elles forment deux transects nord-sud situés de part et d'autre de l'île. Entre 1984 et 1987, ces deux transects étaient chacun constitués de trois stations de mesure, seulement quatre stations sur six sont toujours en opération. La première station du transect nord (QU02MC9201) est située à environ 250 mètres de la rive nord alors que la seconde station (QU02MC9202) est située à 350 mètres en amont de l'île Pilon. La troisième station (QU02MC9203), qui n'est maintenant plus en opération, était située environ au centre du chenal menant au port de Cornwall. Celle-ci fournissait une bonne indication de la qualité de l'eau pour cette portion du chenal nord. Pour le transect sud, une des deux stations est située dans la voie maritime (QU02MC9205) à environ 400 mètres au sud de l'île Cornwall alors que



l'autre est un peu plus au sud à quelques 250 mètres de la rive sud (QU02MC9206). L'eau du fleuve y est échantillonnée en moyenne cinq à six 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 qui peut exister au niveau de la qualité dans la colonne d'eau.

Aucune station de mesure du débit n'est située près des stations de qualité de l'eau de Cornwall. Les mesures de débit sont prises plus à l'ouest, à même les structures maritimes (barrages et écluses) de la région de Cornwall-Massena.

Dans le but de comparer les quatre sources majeures de contaminants, une évaluation des charges fluviales a été effectuée pour l'année 1989. Cette année particulière a été retenue puisqu'elle représente l'année de référence du PASL et que les données y correspondant étaient disponibles.



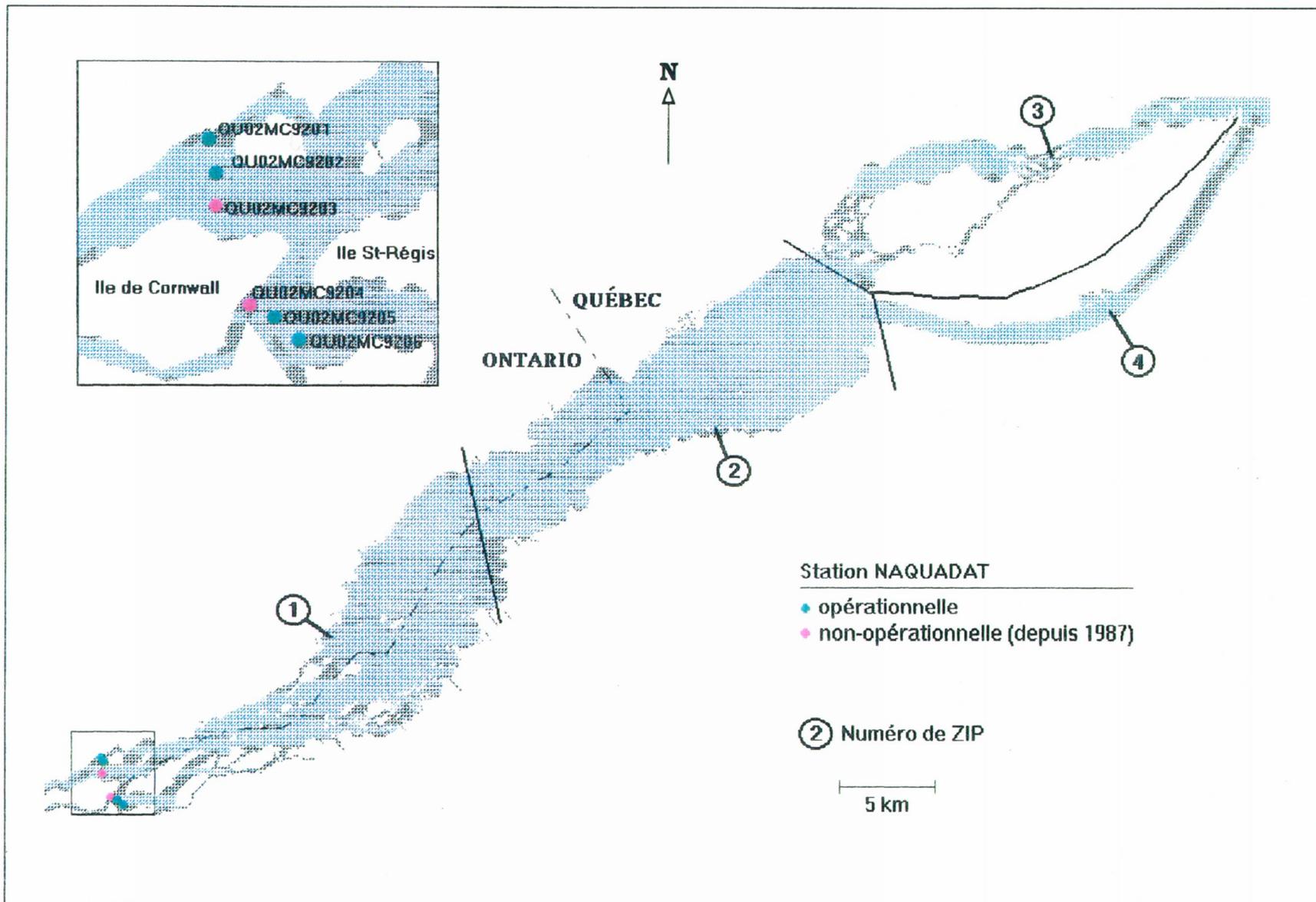


FIGURE 6

Localisation des stations Naquadat du transect Cornwall





7.1 Méthodologie de calcul des charges fluviales

L'analyse de l'écoulement hydraulique du fleuve Saint-Laurent pour le secteur Cornwall-Massena met en évidence l'absence de périodes hydrologiques distinctes (voir figure 7). Ce phénomène est attribuable à la présence de barrages hydroélectrique et de retenue qui régularisent l'écoulement hydraulique de ce secteur. Vu l'absence de périodes hydrologiques distinctes et le faible effort d'échantillonnage aux stations de qualité, le calcul de charge est en partie basé sur la méthodologie employée pour l'apport des tributaires (voir section 5).

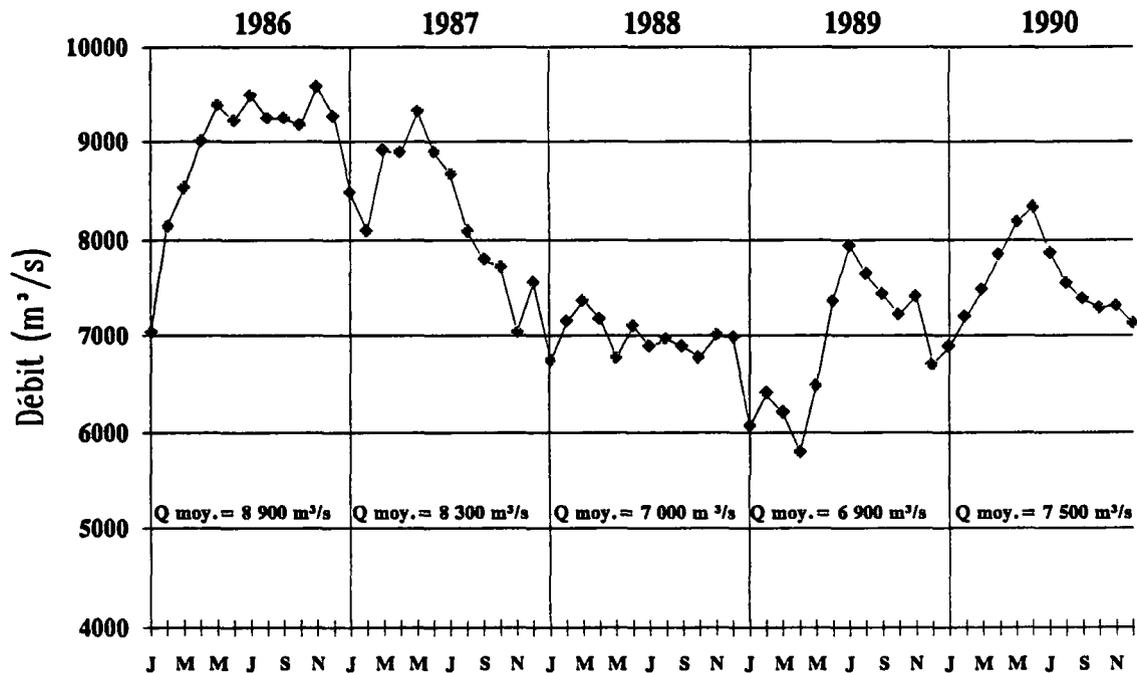


Figure 7 - Hydrogramme du fleuve Saint-Laurent pour le secteur de Cornwall-Massena (1986 à 1990)

La première étape, préparatoire au calcul des charges, consiste à évaluer la proportion de l'écoulement hydraulique total passant de part et d'autre de l'île Cornwall. Des données physiques ont été analysées afin de déterminer les caractéristiques d'écoulement hydraulique dudit secteur. Ces données qui datent de l'été 1989, proviennent d'une étude majeure de recherche sur le développement de stratégies visant à établir un programme de monitoring à



long terme de la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent pour le secteur de Cornwall-Massena. Les résultats de ces analyses démontrent que l'écoulement total autour de l'île Cornwall se divise en 65,5% pour le chenal sud et 34,5% pour le chenal nord (Tsanis I. K. et al., 1990).

Dans une seconde étape, les proportions de la masse d'eau fluviale sont attribuées à chaque station de qualité. A l'aide d'une carte bathymétrique, deux coupes en plan sont effectuées au niveau des transects situés de part et d'autre de l'extrémité est de l'île Cornwall (voir la figure 8). Par la suite, les quatre stations de qualité sont positionnées sur les coupes transversales du fleuve puis un trait vertical est tracé de part et d'autre à mi chemin entre les stations de chaque transect. Ainsi, quatre sections affectées aux quatre stations de qualité sont obtenues. Chaque aire constitue une part proportionnelle de la masse d'eau totale du fleuve. Ainsi, la surface représentée par les stations de qualité sur les coupes transversales correspond aux proportions suivantes: pour le chenal nord, 25% à la station 9201 et 75% à la station 9202, alors que pour le chenal sud, 70% à la station 9205 et 30% à la station 9206. Comme nous ne possédons pas les valeurs de vitesse de courant pour ce secteur, nous posons l'hypothèse que la variation des valeurs de vitesse d'écoulement est négligeable sur la section transversale du fleuve. Ainsi, en considérant cette hypothèse, les proportions de la masse d'eau totale peuvent être directement associées aux débits.

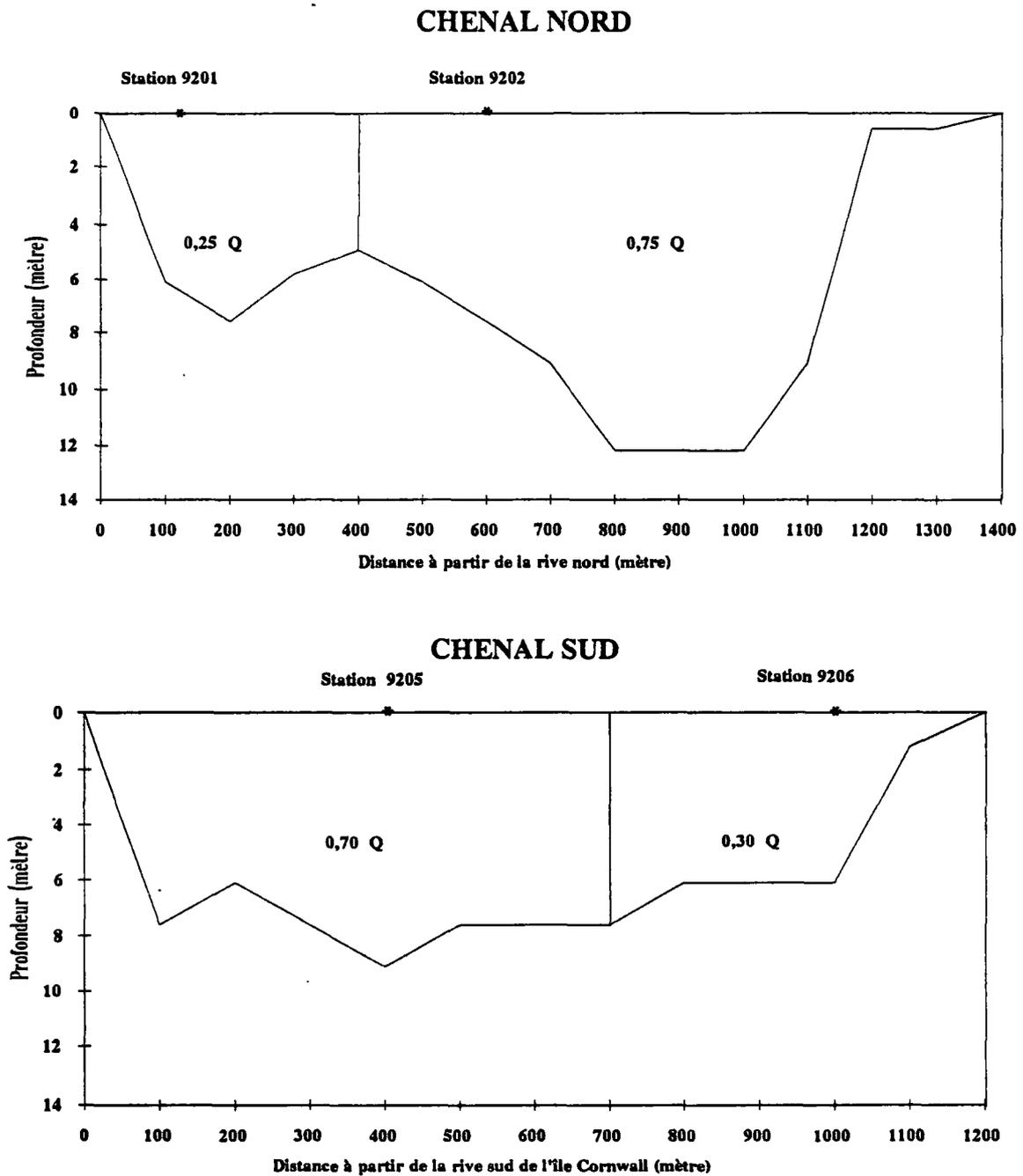


Figure 8 - Profils bathymétriques des chenaux nord et sud du fleuve Saint-Laurent et localisation des stations de mesure de qualité de l'eau au transect de Cornwall



La troisième étape constitue le calcul de charge proprement dit. Les charges sont calculées à l'aide des périodes de concentrations homogènes et des débits correspondants.

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- Pour chaque station, calculer le débit total de chaque période en faisant la sommation de tous les débits journaliers compris entre le début et la fin de chaque période en considérant la proportion de la masse d'eau associée à chaque station de qualité;
- 3- Calculer la charge pour chaque période à l'aide de la concentration et du débit total de la période. Déterminer les charges maximales et minimales 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;
- 5- Faire la moyenne des charges minimale et maximale afin d'obtenir la charge moyenne annuelle.

Voici un exemple de calcul détaillé de la charge en plomb véhiculée par le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Cornwall.

- 1- Pour la détermination des périodes de concentration homogène, le tableau 19 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 22 février 1989 débute le 1^{er} janvier. Pour fixer la fin de cette période, il faut compter le nombre de jours compris entre le 22 février et le 2 mai. En excluant les jours d'échantillonnage, le total est de 68 jours.



La moitié de 68 jours étant de 34, il suffit d'ajouter 34 jours au 22 février. Cette période se termine donc le 28 mars. Pour plus de détails sur les périodes, voir la première table des débits journaliers du document annexe.

Tableau 19 - Détermination des périodes de concentration homogène pour le fleuve Saint-Laurent à Cornwall

Date d'échant.	Début de la période	Fin de la période
22/02/89	01/01/89	28/03/89
02/05/89	29/03/89	22/05/89
13/06/89	23/05/89	07/07/89
02/08/89	08/07/89	23/08/89
14/09/89	24/08/89	30/09/89
17/10/89	01/10/89	31/12/89

2- Détermination du débit moyen total correspondant à chaque période dite de concentration homogène (voir tableau 20).

Tableau 20 - Débits moyens par période de concentration homogène

Période de concentration homogène		Débit à Cornwall (m ³ /s)
Début	Fin	
01/01/89	28/03/89	6 221
29/03/89	22/05/89	6 013
23/05/89	07/07/89	7 376
08/07/89	23/08/89	7 805
24/08/89	30/09/89	7 457
01/10/89	31/12/89	7 107

3- Détermination des débits moyens de chaque station considérant la proportion de la masse d'eau totale correspondante (voir le tableau 21).



Tableau 21 - Débits fluviaux associés aux stations de qualité pour les périodes de concentration homogène

Période de concentration homogène		Débit à Cornwall (m ³ /s)			
Début	Fin	Station 9201 (8,5%)	Station 9202 (26%)	Station 9205 (46%)	Station 9206 (19,5%)
01/01/89	28/03/89	529	1 617	2 862	1 213
29/03/89	22/05/89	511	1 563	2 766	1 173
23/05/89	07/07/89	627	1 918	3 393	1 438
08/07/89	23/08/89	663	2 029	3 590	1 522
24/08/89	30/09/89	634	1 939	3 430	1 454
01/10/89	31/12/89	604	1 848	3 269	1 386

0) Proportion de la masse d'eau totale

- 4- Les charges minimales et maximales sont calculées au tableau 22 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 22 - Charges minimales et maximales en plomb par période d'échantillonnage pour la station 9201

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)
01/01/89	28/03/89	529	< 0,0002	795	< 0,0002	0
29/03/89	22/05/89	511	0,0003	729	0,0003	729
23/05/89	07/07/89	627	< 0,0002	498	< 0,0002	0
08/07/89	23/08/89	663	< 0,0002	539	< 0,0002	0
24/08/89	30/09/89	634	< 0,0002	416	< 0,0002	0
01/10/89	31/12/89	604	< 0,0002	960	< 0,0002	0
Charge annuelle(kg/an)			maximale:	3 937	minimale:	729
Moyenne (kg/an)			2 333			

< Sous le seuil de détection

() Numéro de la colonne

- 5- La charge annuelle maximale totale pour une année et une station en particulier est obtenue en additionnant les résultats de la colonne 4 du tableau 22, alors que la sommation de la



colonne 6 donne la charge annuelle minimale totale pour l'année. Pour l'année 1989, la charge annuelle en plomb, à la station 9201, se situe entre 729 et 3 937 kilogrammes. La moyenne entre ces deux limites est de 2 333 kg/an.

- 6- La charge moyenne annuelle pour les deux transects est obtenue en effectuant la sommation des charge moyennes des quatre stations de qualité.

La formule suivante sert à calculer la charge annuelle pour une station en particulier:

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

où,

M_x : la charge annuelle pour le paramètre x (kg/an);

Q_i : la somme des débits pour la période i (m^3/s);

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

p : le nombre de périodes échantillonnées;

b : la proportion de la masse d'eau totale affectée à la station de qualité;

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

$$k = \frac{(a) \quad 86\,400}{1000}$$

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

$$(Q_i) \frac{m^3}{s} \times (X_i) \frac{mg}{L} \times \frac{86\,400 \text{ s}}{1 \text{ jour}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}$$

Ainsi, en 1989, nous obtenons, pour la station 9201, une charge en plomb qui est la suivante:

Charge max. (attribue aux valeurs sous le seuil de détection, la valeur du seuil);

$$M_{Pb} = 86,4 \times 0,085 \times 541\,227 \text{ m}^3 \times 0,0002 \text{ mg/L}$$

$$M_{Pb} = 795 \text{ kg/période}$$

$$M_{Pb} = 795 + 729 + 498 + 539 + 416 + 960 = 3\,937 \text{ kg/an}$$



Charge min. (attribue aux valeurs sous le seuil de détection, la valeur de zéro);

$$M_{pb} = 86,4 \times 0,085 \times 541\,227 \text{ m}^3 \times 0 \text{ mg/L}$$

$$M_{pb} = 0 \text{ kg/période}$$

$$M_{pb} = 0 + 729 + 0 + 0 + 0 + 0 = 729 \text{ kg/an}$$

Charge annuelle :

$$M_{pb} = (3\,937 \text{ kg/an} + 729 \text{ kg/an}) / 2$$

$$M_{pb} = 2\,333 \text{ kg/an}$$

et la charge moyenne annuelle pour Cornwall est:

$$M_{pb} = M_{pb1} + M_{pb2} + M_{pb3} + M_{pb4}$$

$$M_{pb} = 2\,333 + 27\,311 + 16\,450 + 11\,021$$

$$M_{pb} = 57\,115 \text{ kg/an}$$

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

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

Les valeurs de débits journaliers du fleuve utilisées pour effectuer les calculs de charges proviennent du "St. Lawrence Committee on River Gauging" d'Environnement Canada, Ontario. Les responsables d'Environnement Canada affectent à ces valeurs de débit une imprécision de 10% (Young, 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.

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 (3 à 9 jours d'échantillonnés sur l'année), un pourcentage d'imprécision est fixé de façon sécuritaire et arbitraire à 15%.



Pour la deuxième source d'imprécision, nous ne possédons aucune information précise sur la variabilité verticale de la qualité de l'eau. Par contre, les conclusions d'un document préliminaire d'une étude réalisée en 1985 à la section de jaugeage de Lanoraie stipulent que la plupart des paramètres, notamment le cuivre, le zinc et le plomb, montrent une bonne corrélation entre les valeurs mesurées en surfaces et celles mesurées au fond du fleuve (Germain et Pham, 1989). Malheureusement, ces résultats sont difficilement applicables au secteur de Cornwall car les propriétés des masses d'eau ne sont pas nécessairement les mêmes. Donc, en l'absence d'information pertinente sur la variabilité de la qualité dans la colonne d'eau, aucune incertitude ne sera associée à cette source d'imprécision. Ainsi, le pourcentage d'imprécision associé aux charges fluviales calculées à Cornwall est de 25%. Cette imprécision constitue un minimum.

D'autres sources d'imprécision existent mais sont difficilement quantifiables, par exemple, la variabilité transversale de la qualité de l'eau. Aussi, le fait que l'on associe des proportions de la masse d'eau aux débits sans connaître la variation des vitesses d'écoulement sur la section transversale du fleuve constitue une autre source d'imprécision difficilement quantifiable.

7.3 Évaluation des charges fluviales

Les métaux qui ont été véhiculés en plus grande quantité par les eaux du fleuve Saint-Laurent en 1989 sont l'aluminium et le fer. Près de 13 635 tonnes métriques d'aluminium et 12 597 tonnes métriques de fer ont été véhiculées par le fleuve entre Cornwall et Beauharnois. En considérant l'imprécision de 25% associée aux charges fluviales, on peut affirmer que l'aluminium et le fer sont d'importance égale dans ce secteur du fleuve (voir le tableau 23).

Le zinc et le manganèse arrivent en deuxième position avec une charge respective d'environ 920 et 861 tonnes métriques pour l'année plus ou moins l'imprécision de 25%. Au niveau du zinc, il est important de mentionner que la station de qualité QU02MC9201, située à 250 mètres de la rive nord, possédait des valeurs de concentration en zinc jusqu'à 20 fois supérieures aux autres stations. Ce sont probablement des sources de contamination locales qui sont responsables de ces fortes concentrations de zinc. Ensuite viennent par ordre décroissant d'importance, le cuivre, le chrome, le nickel, le plomb et le cadmium (voir tableau 23).



Ces métaux sont véhiculés principalement au niveau de la station 9205 du chenal sud, qui est située dans la voie maritime du Saint-Laurent. L'apport des métaux à cette station varient de 37% à 45% par rapport à l'ensemble des stations. Deux exceptions sont cependant dénotées, il s'agit du zinc et du plomb qui eux, sont véhiculés principalement au niveau de la station 9202 du chenal nord. A cette station, l'apport de ces deux métaux par rapport à l'ensemble des stations est d'environ 50% (voir le tableau 23).

Tableau 23 - Synthèse des charges en métaux aux stations de qualité

no. de Station	Charge annuelle (kg/an)								
	Cu	Zn	Pb	Al	Cd	Cr	Fe	Mn	Ni
9201	23 814	211 183	2 332	1 805 222	1 432	22 785	998 820	73 982	20 591
9202	73 065	443 197	27 311	3 225 320	3 608	54 221	2 975 582	195 969	86 839
9205	117 277	145 803	16 450	5 501 244	6 074	70 671	5 514 063	359 426	87 978
9206	47 752	56 305	11 021	3 103 157	2 428	32 420	3 108 115	217 726	39 993
Total	261 908	856 487	57 115	13 634 944	13 542	180 096	12 596 581	847 103	235 402

N.B.: Les charges présentées dans ce tableau comprennent une imprécision minimum de 25%

Il est à noter que le régime hydraulique du fleuve Saint-Laurent en 1989 est faible comparativement aux années 1986-88 et 1990. Ces différents régimes hydrologiques sont illustrés à la figure 1 de la section 7.1. Le tableau 24 permet, quant à lui, de constater qu'effectivement, le débit moyen annuel de 1989 est de près de 1 000 mètres cubes inférieur à la moyenne des débits de 1980 à 1988.

Tableau 24 - Débits moyens annuels fluviaux (à Cornwall) pour les années 1980 à 1989

Année	Débit moyen annuel (m ³ /s)
1980	7 850
1981	7 630
1982	7 650
1983	7 650
1984	7 990
1985	8 030
1986	8 900
1987	8 300
1988	7 000
1989	6 900
Moyenne (1980-88)	7 890



8. COMPARAISON DES SOURCES MAJEURES DE CONTAMINATION

Le tronçon Cornwall-Beauharnois, représenté par les ZIP 1 à 4, est influencé principalement par quatre sources majeures de contamination soit les eaux fluviales provenant de l'amont, les tributaires, les industries (priorisées par le PASL) et les municipalités qui déversent leurs eaux usées directement au fleuve.

Au niveau de l'apport total en contaminants, les eaux provenant de l'amont du fleuve constituent la principale source de contamination des ZIP 1 à 4. Cette source majeure contribue pour 95 à près de 100% des apports totaux pour les métaux lourds évalués. De façon détaillée, elle contribue pour 95% de la charge totale en zinc, 96% de la charge totale en plomb et près de 100% de la charge totale en cuivre (voir tableau 25). Les autres sources de contamination sont de beaucoup moindre importance.

Au niveau du cuivre, les apports des tributaires et des municipalités mis ensemble, représentent moins de 1% de la charge total alors qu'au niveau du plomb, ces deux sources occupent le deuxième rang (2,5%) et le troisième rang (1,9%) respectivement. Parmi les trois métaux de référence, seul le zinc est rejeté au niveau industriel. Pour ce paramètre, les apports industriels occupent le deuxième rang avec 4% de la charge totale suivi des apports en provenance des tributaires et des municipalités. Comme dans le cas du cuivre, les apports réunis des tributaires et des municipalités représentent moins de 1% de la charge totale en zinc.

Tableau 25 - Pourcentage des apports totaux et locaux de contaminants aux ZIP 1 à 4

Sources	Contamination					
	Apports totaux (%)			Apports locaux (%)		
	Cuivre	Zinc	Plomb	Cuivre	Zinc	Plomb
Tributaire	0,2	0,3	2,5	55,2	7,0	56,4
Industrie	--	4,0	--	--	87,2	--
Municipal	0,2	0,3	1,9	44,8	5,8	43,6
Fluvial	99,6	95,4	95,6	--	--	--
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, un minimum de 25% pour le fleuve tandis que l'imprécision associée aux municipalités est de 40 à 50%.



En considérant uniquement la pollution locale (excluant la contribution du fleuve à l'amont du tronçon), les deux tributaires du secteur contribuent pour 7%, 55% et 56% des charges locales en zinc, cuivre et plomb respectivement alors que pour les municipalités, ces pourcentages sont légèrement inférieurs, soit 6% et 45% et 44% respectivement. Les industries contribuent quant à elles à 87% de l'apport en zinc (voir tableau 25).

Le tableau 26 et la figure 9 présentent le bilan synthèse des charges provenant des quatre principales sources de contamination du tronçon Cornwall-Beauharnois (ZIP 1 à 4). 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, au sommet de chaque histogramme des sources majeures, un trait vertical qui représente l'imprécision totale associée aux calculs de charge des métaux de référence. Rappelons que les imprécisions associées aux charges des sources majeures de contamination sont considérables: 30% pour les industries, 45% pour les tributaires, un minimum de 25% pour le fleuve et 40 à 50% pour les municipalités.

Selon nos estimations, le tronçon Cornwall-Beauharnois voit passer annuellement des charges de plus de 500 000 kg en cuivre, 900 000 kg en zinc et 60 000 kg de plomb (voir le tableau 26). Pour le cuivre, l'apport fluvial est de loin le plus important avec une charge de 263 032 kg. Toujours pour le cuivre, les apports municipaux et des tributaires suivent avec des charges quasi-équivalentes de 503 et 621 kg respectivement, ce qui représente, au total, moins de 1% de la charge totale. Parmi les tributaires, la rivière Delisle (ZIP 3) présente la plus forte contribution avec environ 438 kg de cuivre. Nos estimations des charges municipales permettent de constater que les apports municipaux en cuivre proviennent principalement de la municipalité de Salaberry-de-Valleyfield (ZIP 4). Quant aux trois industries, elles ne contribuent pas à l'apport en cuivre.

Pour le zinc, l'apport fluvial est encore de loin le plus important, avec une charge de 856 487 kg. Ensuite vient l'apport industriel, avec une charge de plus de 36 000 kg, suivi de l'apport des tributaires et des municipalités qui déversent 2 900 et 2 400 kg respectivement. Les apports industriels et municipaux sont déversés en majorité dans le canal de Beauharnois (ZIP 4), en provenance de la Zinc Électrolytique du Canada et de la municipalité de Valleyfield. L'apport des tributaires provient surtout de la rivière Delisle (ZIP 3).



Au niveau du plomb, l'apport fluvial estimé est encore une fois le plus important, avec une charge annuelle de 57 115 kg. Ensuite viennent les apports des tributaires et des municipalités qui ont des charges annuelles respectives de 1 500 et de 1 200 kg. La charge des deux tributaires du secteur provient principalement de la rivière Delisle plutôt que de la rivière Aux Saumons, alors que la charge municipale provient principalement de la municipalité de Salaberry-de-Valleyfield.

Tableau 26 - Bilan synthèse des quatre principales sources de contamination des ZIP 1 à 4 pour les trois métaux de référence.

Sources de contaminant	Charge annuelle (kg/an)		
	Cuivre	Zinc	Plomb
Apport industriel			
Lac Saint-François (ZIP 1 et 2)	--	--	--
Secteur Ile de Salaberry (ZIP 3)	--	--	--
Canal Beauharnois (ZIP 4)	--	36 135	--
Total	--	36 135	--
Apport des tributaires *			
Lac Saint-François (ZIP 1 et 2)	183	548	146
Secteur Ile de Salaberry (ZIP 3)	438	2 373	1 351
Canal Beauharnois (ZIP 4)	--	--	--
Total	621	2 920	1 497
Apport municipal			
Lac Saint-François (ZIP 1 et 2)	58	145	72
Secteur Ile de Salaberry (ZIP 3)	7	197	99
Canal Beauharnois (ZIP 4)	438	2 044	985
Total	503	2 386	1 156
Apport fluvial			
Cornwall	261 908	856 487	57 115
TOTAL DES APPORTS	263 032	897 928	59 768

N.B. Les charges présentées dans ce tableau comprennent une imprécision de 30% pour les industries, 25 à 45% pour les tributaires, un minimum de 25% pour le fleuve et 40 à 50% pour les municipalités.

*Le secteur du Lac Saint-François comprend un seul tributaire (Rivière Aux Saumons). Le secteur Ile de Salaberry comprend également un seul tributaire (Rivière Delisle).

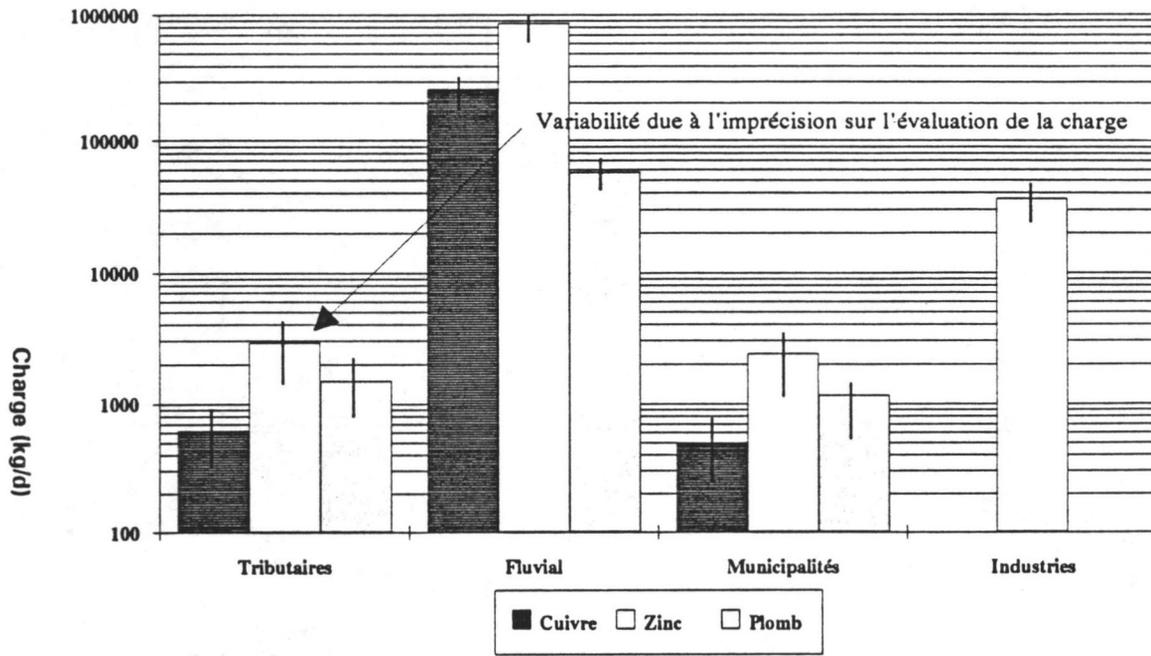


Figure 9 - Bilan de charge pour les trois métaux de référence des quatre principales sources de contamination du tronçon Cornwall-Beauharnois.



- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| - pêche commerciale (C) | - activités aquatiques (Q) |
| - pêche récréative (R) | - activités nautiques (A) |
| - pêche d'hiver (H) | - activités touristiques (T) |
| - frayère (F) | - villégiature (V) |
| - avifaune - migration (M) | - chasse et trappage (S) |
| - avifaune - nidification (N) | - 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. En d'autres termes, il n'y aura jamais deux codes identiques, et ce, quelque soit la classe et la ZIP d'appartenance.

Dans les fiches descriptives, chaque usage est décrit à partir d'une série de paramètres pré-définis. 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 *Inventaire des usages* du présent rapport.



-
- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| - pêche commerciale (C) | - activités aquatiques (Q) |
| - pêche récréative (R) | - activités nautiques (A) |
| - pêche d'hiver (H) | - activités touristiques (T) |
| - frayère (F) | - villégiature (V) |
| - avifaune - migration (M) | - chasse et trappage (S) |
| - avifaune - nidification (N) | - 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. En d'autres termes, il n'y aura jamais deux codes identiques, et ce, quelque soit la classe et la ZIP d'appartenance.

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 *Inventaire des usages* du présent rapport.



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 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. A noter 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. A noter que les usages répertoriés sont des usages réels et non des zones potentielles.



Activités aquatiques (O)

Zone de pratique d'activités 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'activités 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'activités 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...

Villégiature (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).

Milieus 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

L'inventaire des usages de la région du lac Saint-François a permis de répertorier des usages dans sept des 13 classes existantes, soit la pêche commerciale, les frayères, les activités aquatiques, les activités nautiques, les activités touristiques, les milieux protégés et les prises d'eau potable. Le peu d'usages inventoriés s'explique principalement par le manque d'études détaillées sur ce tronçon du fleuve.

Les principales sources de documentation ayant servi à l'inventaire des usages pour les ZIP 1 à 4 sont les suivantes:

- *Charles Cloutier et ass. (1990)*: zones de frai
- *MENVIQ (1990a)*: prises municipales d'eau potable
- *MENVIQ (1990c)*: activités aquatiques
- *MLCP (1987)*: activités nautiques
- *MLCP (1989)*: pêche commerciale
- *Service canadien de la Faune*: milieux protégés

Au total, 66 usages répartis dans sept classes sur 13 ont été inventoriés pour le tronçon du fleuve Saint-Laurent compris entre Cornwall et Beauharnois. Le tableau 27 donne la répartition des usages par ZIP selon les classes d'usage décrites à la section 9.1.



Tableau 27 - Répartition des usages par classe pour les ZIP 1, 2, 3 et 4

	C	R	H	F	M	N	Q	A	T	V	S	P	E	TOTAL
ZIP 1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
ZIP 2	1	-	-	10	-	-	2	5	-	-	-	-	2	20
ZIP 3	-	-	-	30	-	-	1	2	2	-	-	1	6	42
ZIP 4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
TOTAL	2	-	-	41	-	-	3	7	2	-	-	2	9	66

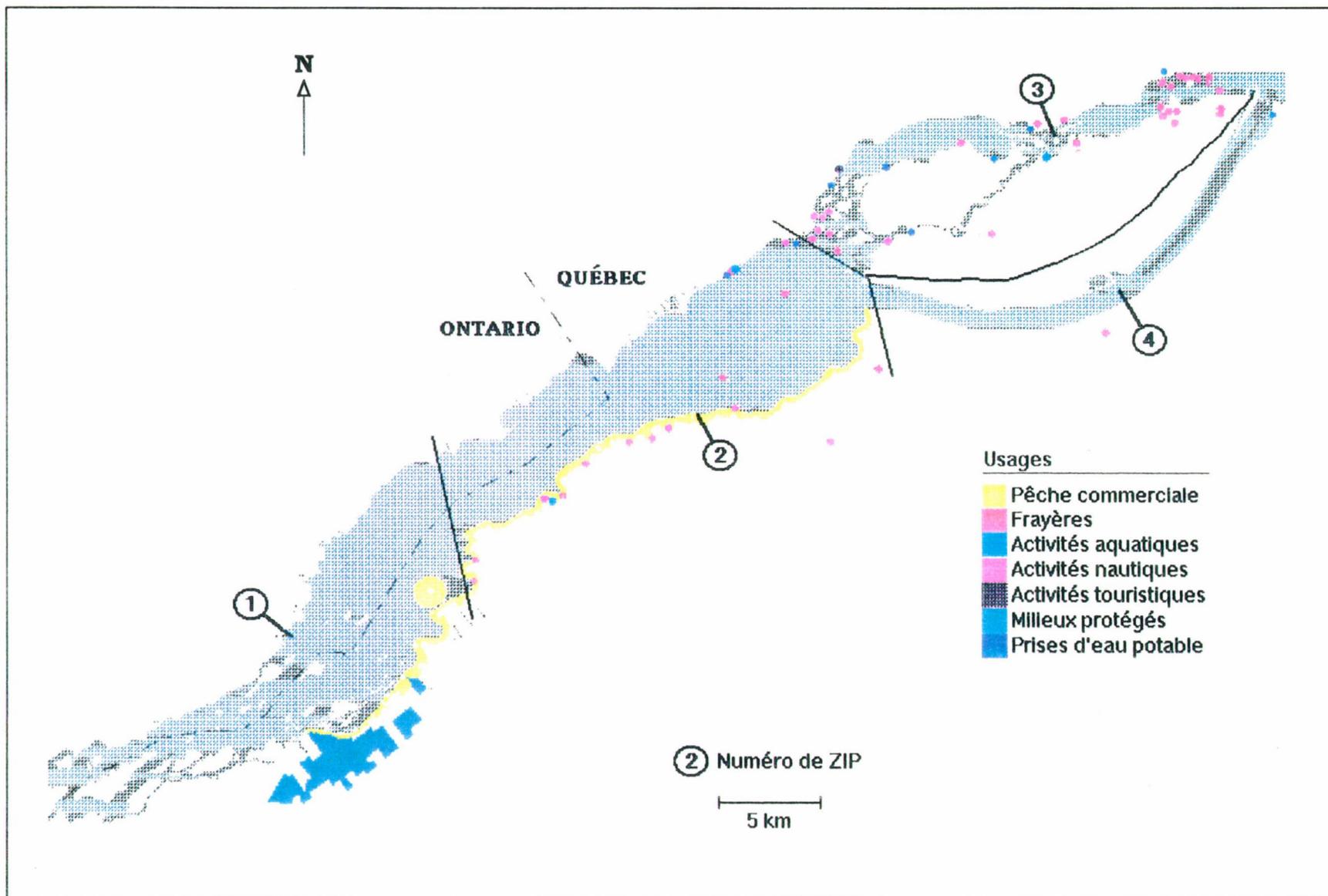
C: pêche commerciale
 R: pêche récréative
 H: pêche d'hiver
 F: frayère

M: avifaune-migration
 N: avifaune-nidification
 Q: activités aquatiques
 A: activités nautiques

T: activités touristiques
 V: villégiature
 S: chasse et piégeage
 P: milieux protégés
 E: prise d'eau potable

Bien que l'inventaire des usages des ZIP 1 à 4 ne soit pas complet, le tableau 27 nous renseigne sur plusieurs points. Ainsi, la ZIP 3 (Ile de Salaberry) est la plus riche en termes d'usages avec 61% des usages inventoriés. Les frayères y sont particulièrement nombreuses (30) et cette ZIP compte six prises d'eau municipales. La ZIP 2, qui correspond à la partie est du lac Saint-François, contient 31% des usages. Cette ZIP se distingue surtout pour ses différentes activités aquatiques et nautiques. Les ZIP 1 (ouest du lac Saint-François) et 4 (canal de Beauharnois) contiennent très peu d'usages (à peine 6%).

La figure 10 permet de visualiser la distribution spatiale des usages inventoriés pour les ZIP 1 à 4. Deux zones présentent une forte concentration d'usages: le tronçon du fleuve Saint-Laurent compris entre Coteau-Landing et Pointe-des-Cascades et la rive sud du lac Saint-François. Les prochaines sections analysent la répartition spatiale des usages pour chacune des 7 classes d'usage.



AVPAU

FIGURE 10

Usages du tronçon Cornwall-Beauharnois

INRS
La force de la science





9.2.1 *La pêche commerciale*

Le seul document disponible faisant référence aux zones de pêche commerciale des ZIP 1 à 4 est le *Plan de gestion de la pêche pour le sud du Québec* produit par le MLCP (1989). Ce document contient seulement une description textuelle des zones de pêche. Selon les descriptions fournies, deux secteurs de pêche ont été identifiés. Le premier secteur longe la rive sud du lac Saint-François entre la rivière aux Saumons et le canal de Beauharnois. Le second secteur est situé au pourtour de l'île au Mouton dans la ZIP 1. Pour ces deux secteurs, la capture des espèces suivantes est permise: l'anguille d'Amérique, la barbotte, le barbu de rivière, la carpe, les catostomes, le crapet de roche, le crapet-soleil, la lotte, la marigane noire, le suceur blanc, le suceur jaune et le suceur rouge.

9.2.2 *Les frayères*

La classe des frayères est celle qui compte le plus grand nombre d'usages. Au total, 41 zones de frai ont été identifiées pour les ZIP 1 à 4. Les frayères recensées se divisent en 20 types différents. Chaque type correspond à une espèce ou à un regroupement d'espèces. Le tableau 28 dresse la liste des frayères répertoriées en précisant le nombre et les espèces concernées pour chaque type. Cette classification est tirée de Charles Cloutier et Ass. (1990).

Les espèces les plus souvent rencontrées dans les 41 frayères sont le meunier (toutes sous-espèces confondues), le crapet de roche, le crapet-soleil et la perchaude. La ZIP 3 renferme 73% des frayères (30 sur 41) du tronçon Cornwall-Beauharnois. On remarque des concentrations plus importantes dans les secteurs des îles de Coteau-Landing et de Pointe-des-Cascades.



Tableau 28 - Type et nombre de frayères recensées pour les ZIP 1 à 4

Type	Espèce(s)	Nbre
1	Esturgeon jaune	1
2	Crapet de roche	1
4	Meunier noir	4
5	Meunier sp	5
6	Grand brochet	1
7	Barbotte brune	2
8	Crapet-soleil	2
9	Perchaude	3
10	Marigane noire	1
12	Doré jaune	2
15	Crapet de roche, crapet-soleil	5
16	Barbue de rivière, meunier rouge	1
23	Grand brochet, perchaude	2
24	Barbotte brune, crapet-soleil	3
28	Crapet de roche, crapet-soleil, meunier noir	1
31	Barbotte brune, crapet de roche, crapet-soleil	2
34	Doré jaune, meunier noir, meunier rouge	1
40	Barbotte brune, grand brochet, perchaude	1
42	Crapet-soleil, marigane noire, perchaude	2
49	Barbotte brune, crapet-soleil, grand brochet, perchaude	1

source: Charles Cloutier et Ass. (1990)

9.2.3 Les activités aquatiques

Trois plages publiques faisant partie du programme Environnement-Plage du MENVIQ ont été répertoriées dans les ZIP 1 à 4. Ce sont la plage du village de Saint-Anicet, la plage municipale de Saint-Zotique et la plage du parc régional de Saint-Timothée.

9.2.4 Les activités nautiques

Sept sites de pratique d'activités nautiques ont été recensés pour les ZIP 1 à 4. Six de ces sites sont des marinas (Saint-Anicet, Port-Lewis, Ile Raymond, Saint-Zotique, Coteau-Landing et Valleyfield). Le dernier site correspond à la baie Saint-François à Valleyfield. Ce plan d'eau est très fréquenté par les plaisanciers et il accueille à chaque année les célèbres Régates internationales de Valleyfield.



9.2.5 Les activités touristiques

Deux sites à vocation touristique situés à proximité du fleuve ont été inventoriés dans la ZIP 3. Il s'agit d'abord du lieu historique national de Coteau-du-Lac. Ce site protège les vestiges du premier canal à écluses du fleuve (1779); c'est l'ancêtre de la voie maritime du Saint-Laurent. On retrouve également un départ de croisière à Valleyfield (Croisière Bateau Ponton).

9.2.6 Les milieux protégés

Deux milieux officiellement protégés ont été recensés pour le tronçon Cornwall-Beauharnois. La réserve nationale de faune du lac Saint-François est située dans le ZIP 1, sur la rive droite du fleuve à proximité de la frontière américaine. Cette réserve est sous juridiction fédérale (Service canadien de la Faune) et couvre une superficie de près de 12 km². C'est dans cette région où la sauvagine atteint sa plus grande diversité au Québec (plus de vingt espèces). Plusieurs espèces sont à la limite septentrionale de leur aire de distribution. La réserve est l'un des seuls endroits connus des basses terres du Saint-Laurent où niche le Morillon à tête rouge.

La réserve écologique du Micocoulier est formée des îles Arthur et Bienville. Elle est située dans le fleuve Saint-Laurent entre l'île de Salaberry et la municipalité de Coteau-du-Lac. Cette réserve est sous juridiction provinciale (ministère de l'Environnement du Québec).

9.2.7 Les prises d'eau potable

Les ZIP 2 à 4 comptent 9 municipalités qui s'approvisionnent directement dans le fleuve Saint-Laurent. La partie québécoise de la ZIP 1 ne contient aucune prise d'eau potable (MENVIQ, 1990a). Le tableau 29 donne la répartition par ZIP des prises d'eau municipales.



Tableau 29 - Prises d'eau potable municipales pour les ZIP 1 à 4

ZIP 1	ZIP 2	ZIP 3	ZIP 4
-	Saint-Zotique Coteau-Landing	Coteau-du-Lac Grande-Ile Valleyfield Saint-Timothée Les Cèdres Pointe-des-Cascades	Beauharnois

9.3 Vue synoptique des principaux usages

En fonction des données disponibles sur les usages du secteur d'étude, on peut mettre en évidence les éléments suivants:

- Très peu d'usages de nature humaine sont situés dans la ZIP 1. Ce phénomène résulte en partie de la très faible urbanisation constatée sur les rives du lac Saint-François.
- Le fleuve constitue une source importante d'approvisionnement en eau potable. Neuf municipalités possèdent un point de captage directement dans le fleuve Saint-Laurent.
- Le lac Saint-François est un milieu propice à la pratique de plusieurs activités nautiques et aquatiques.
- La ZIP 3 est particulièrement riche en frayères. En effet, 30 frayères réelles ont été inventoriées pour cette ZIP avec de fortes concentrations dans le secteur des îles entre Coteau-Landing et Coteau-du-Lac et dans le secteur de Pointe-des-Cascades.



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 masses d'eau d'origine diverse. Celles-ci sont caractérisées par la présence ou non d'usages et de sources de contamination. Il est alors possible d'étudier la répartition géographique des usages en fonction de la distribution des ces masses d'eau. Cet exercice devient inutile en ce qui concerne la vie aquatique puisque cette dernière est affectée par la superficie total de la masse d'eau.

Pour le tronçon Cornwall-Beauharnois, une seule masse d'eau significative a été identifiée. Il s'agit de la masse des eaux vertes des Grands Lacs. Cette masse d'eau demeure relativement stable jusqu'à son arrivée dans le lac Saint-Louis.

Le calcul de la superficie des usages présents dans une masse d'eau constitue un élément d'interprétation intéressant pour caractériser la sensibilité du milieu. La description de la masse d'eau des Grands Lacs apparaît à la section 10.1.

La section 10.2 présente les recoupements spatiaux entre les usages inventoriés et la masse d'eau identifiée pour les ZIP 1 à 4. Dans ce cas-ci, étant donné qu'une seule masse d'eau a été identifiée, l'analyse des recoupements spatiaux sera surtout utile pour définir le pourcentage d'usage touché par cette masse d'eau.

10.1 Description des masses d'eau

Le tronçon Cornwall-Beauharnois comporte une seule véritable masse d'eau. Il s'agit de la masse des eaux vertes des Grands Lacs. Cette dernière est une zone très stable qui se maintient à toutes les saisons jusqu'à la sortie du lac Saint-François. Quelques masses d'eaux locales provenant des tributaires (Riv. aux Saumons) ou des industries (Expro à Saint-Timothée) ont des emprises limitées sur la qualité globale de l'eau pour les ZIP 1 à 4.

La qualité de l'eau de la masse des Grands Lacs est considérée bonne pour la rive sud et la rive nord du lac Saint-François ainsi que pour la baie Saint-François à Valleyfield (Revue Maritime l'Escale, 1989). A cet effet, les plages de Saint-Anicet, de Saint-Zotique et de Saint-Timothée



ont reçu respectivement les cotes de qualité A, B et B lors de l'année 1990 (MENVIQ, 1990c). La qualité de l'eau associée à la voie maritime est considérée comme moyennement bonne selon la Revue Maritime l'Escale (1989). La voie maritime passe au milieu du lac Saint-François et emprunte le canal de Beauharnois jusqu'au lac Saint-Louis.

Selon les échantillonnages des quatre stations Naquadat situées en aval de Cornwall, les dépassements des critères de toxicité pour la vie aquatique du MENVIQ sont peu fréquents. Sur 9 paramètres échantillonnés (Cu, Zn, Pb, Al, Cd, Cr, Fe, Mn et Ni), des dépassements ont été observés pour le cuivre (1 dépassement sur 24 échantillonnages), pour le chrome (2 sur 24), pour l'aluminium (4 sur 24) et pour le fer (22 sur 24). Seul le fer, avec 22 dépassements sur 24 échantillonnages, peut être considéré problématique pour la vie aquatique dans la masse des eaux vertes des Grands Lacs.

10.2 Répartition des usages selon les principales masses d'eau

L'analyse de l'influence d'une masse d'eau sur les usages tient surtout compte de la superficie des usages baignant dans cette masse d'eau. Le tableau 30 donne la répartition des usages dans la masse d'eau des Grands Lacs. La superficie totale indique le nombre de kilomètre carré couvert par l'ensemble des usages d'une classe. Le nombre d'usages correspond aux usages qui baignent dans la masse des eaux vertes des Grands Lacs. La superficie affectée correspond au recoupement (en kilomètre carré) entre les usages et la masses d'eau des Grands Lacs. Le pourcentage de la superficie touchée est le ratio entre la superficie totale de la classe d'usage et sa superficie affectée par la masse d'eau des Grands Lacs.



Tableau 30 - Superficie des usages touchés par la masse d'eau des Grands Lacs

Classe d'usage	Sup. totale (km ²)	Usages touchés	Sup. affectée (km ²)	% de la sup. touchée
Pêche commerciale	18,77	2	18,77	100,0
Frayère	4,21	28	2,29	54,4
Activités aquatiques	0,39	3	0,16	41,0
Activités nautiques	1,76	7	1,52	86,4
Activités touristiques	0,26	2	0,10	38,5
Milieus protégés	11,69	2	0,09	0,8
Prises d'eau potable	0,63	8	0,40	63,5
TOTAL	37,71	52	23,33	61,9

Les résultats présentés au tableau 30 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. En effet, la principale limitation 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 termes 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 superficie des usages touchés par la masse d'eau des Grands Lacs permet de faire les observations suivantes:

- la superficie totale des usages pour les ZIP 1 à 4 est de 37,7 km²; de ce nombre, 23,3 km² sont directement exposés à la masse d'eau des Grands Lacs;



-
- environ de 60 % des usages baignent directement dans la masse d'eau des Grands Lacs, c'est donc près de 40 % des usages qui sont situés sur les rives ou sur les îles de ce tronçon;
 - les milieux protégés ne sont pas exposés directement à la masse d'eau des Grands Lacs puisque ce sont des zones en rive (réserve nationale de faune du lac Saint-François) ou sur les îles (réserve écologique du Micocoulier);
 - la pêche commerciale est fortement exposée à la masse d'eau des Grands Lacs; cet usage est particulièrement sensible à la présence de contaminants dans le fleuve.



11. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Plusieurs activités d'inventaire, de cueillette et de validation de données ont été menées afin de dresser un tableau représentatif du tronçon Cornwall-Beauharnois en termes de contamination du milieu aquatique et de répartition des usages.

L'analyse de ces activités permet à la fois de tirer certaines conclusions et d'effectuer quelques recommandations qui seront traitées sous les aspects suivants:

- 1- Détermination de l'importance relative des sources majeures de contamination du tronçon Cornwall-Beauharnois;
- 2- Caractérisation du milieu récepteur en fonction de la nature et de la quantité des usages;
- 3- Identification des secteurs sensibles en fonction de la répartition des usages dans les principales masses d'eau;
- 4- Identification des carences des données dans un but de planification de futures campagnes de mesure.

La détermination de l'importance relative des sources majeures de contamination est basée principalement sur les données relatives aux métaux. Les comparaisons entre les effluents industriels et municipaux et les tributaires se font sur la base des valeurs de charges pour les paramètres disponibles. A ce sujet, ce sont les caractérisations des sources industrielles qui offrent la plus grande diversité de paramètres échantillonnés.

La caractérisation du milieu naturel est basée sur la répartition et la nature des usages inventoriés. La détermination de zones sensibles est effectuée en analysant les recouvrements spatiaux entre les usages et les principales masses d'eau.

Les carences associées aux données de base sont présentées afin de mettre en évidence le niveau d'incertitude rattaché aux résultats de l'étude. A cet effet, les résultats en provenance des études sur la validation des données industrielles (ASSEAU-INRS, 1991a) et des tributaires (ASSEAU-INRS 1991b) sont cités en exemple.



1- Détermination de l'importance relative des sources majeures de contamination du tronçon Beauharnois-Lanoraie

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 de relativiser les 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 considérables sont associées aux charges évaluées. Une imprécision minimum de 25% est attachée aux apports fluviaux, 25 à 45% pour les tributaires et environ 30% pour les industries. Considérant les données de base, on pourrait affecter une imprécision de 40 à 50% aux charges municipales évaluées.

Malgré ce fait, pour les trois métaux de référence, une classification des sources est effectuée à titre indicatif en fonction de la charge déversée annuellement. Les principales sources de contamination sont donc dans l'ordre:

- 1-L'apport fluvial (Cu: 99,6%, Zn: 95,4%, Pb: 95,6%);
- 2-L'apport industriel (Cu: 0%, Zn: 4%, Pb: 0%);
- 3-L'apport des tributaires (Cu: 0,2%, Zn: 0,3%, Pb: 2,5%);
- 4-L'apport municipal (Cu: 0,2%, Zn: 0,3%, Pb: 1,9%).

L'apport fluvial est de loin le plus important pour les trois métaux de référence. En effet, pour le tronçon Cornwall-Beauharnois, plus de 95% des charges en zinc et en plomb et près de 100% des charges en cuivre sont d'origine fluviale.

Les industries constituent la seconde source de contamination en zinc (4% du total). Toutefois, les paramètres cuivre et en plomb des industries du secteur Cornwall-Beauharnois n'ont pas été



mesurés. C'est donc uniquement avec les charges en zinc que l'apport industriel se classe au deuxième rang des principales sources de contamination pour les trois métaux de référence.

L'apport des tributaires et des municipalités est sensiblement le même au niveau des charges en cuivre et en zinc. Cependant, l'apport des tributaires est plus élevé que celui du municipal pour les charges en plomb. Il faut se rappeler que l'évaluation des charges municipales représente un apport purement résidentiel et qu'il ne tient pas compte de tout apport industriel qui serait effectué directement au réseau municipal. Seule une caractérisation détaillée de ces eaux permettrait de préciser cet aspect.

Apports fluviaux (imprécision de 25% sur les charges)

Pour les apports fluviaux, des calculs ont été effectués pour neuf paramètres différents. En termes de charges annuelles véhiculées par le fleuve à l'amont du secteur d'étude (transect de Cornwall), les charges les plus importantes sont observées pour l'aluminium et pour le fer avec des charges annuelles respectives d'environ 13 600 000 kg (37 356 kg/d) et 12 600 000 kg (34 511 kg/d). Aux environs de 850 000 kg par an (2328 kg/d), on retrouve le zinc et le manganèse. Viennent ensuite le cuivre, le nickel et le chrome avec des valeurs annuelles respectives de 260 000 kg (717 kg/d), 235 000 kg (645 kg/d) et 180 000 kg (493 kg/d). La charge en plomb se situe aux alentours de 60 000 kg par an (156 kg/d) et la charge en cadmium à près de 14 000 kg par année ((37 kg/d).

Apports industriels (imprécision de 30% sur les charges)

Le nombre plus élevé de paramètres échantillonnés pour les sources industrielles a permis d'établir des indices de standardisation au niveau des charges déversées. Ces indices permettent de comparer globalement les différents effluents industriels. En se basant sur le calcul des indices de standardisation, le classement des 3 industries du tronçon Cornwall-Beauharnois selon la toxicité potentielle de leur effluent s'établit comme suit:

- 1- Zinc Électrolytique du Canada Ltée, Salaberry-de-Valleyfield
- 2- Les produits chimiques Expro, Saint-Timothée
- 3- Dominion Textile Inc., Saint-Timothée



L'analyse par industrie montre la nette domination de la Zinc Électrolytique du Canada au niveau de la toxicité potentielle des effluents. Cette industrie obtient un indice de 3987, ce qui est près de 6 fois plus élevé que Les produits chimiques Expro (711) et 180 fois supérieur à Dominion Textile (22).

L'analyse par paramètre permet de classer les contaminants en trois groupes distincts de toxicité potentielle. Le premier groupe comprend le sélénium et le zinc avec des indices respectifs de 2400 et de 1125. Les indices du deuxième groupe vont de 462 pour le cadmium à 270 pour les nitrites en passant par l'ammoniaque (394). Le troisième groupe est constitué des nitrates qui obtiennent un indice de standardisation de 69.

Il est important de mentionner que les trois industries du secteur à l'étude se retrouvent uniquement dans les ZIP 3 et 4 et que les ZIP 1 et 2 ne sont pas touchées par la contamination industrielle.

Apports des tributaires (imprécision de 25 à 35% sur les charges)

Sur le territoire d'étude, les charges provenant de deux tributaires seulement ont pu être considérées. Il s'agit des rivières aux Saumons et Delisle. Plusieurs autres tributaires ne possédant pas de stations de qualité n'ont pas été pris en compte dans notre analyse (riv. Rouge, Beaudette, aux Raisins, à la Guerre et Saint-Régis).

Pour les rivières aux Saumons et Delisle, on dispose de données pour huit paramètres. Sur la base de l'importance des charges annuelles, ces huit paramètres se classent par ordre décroissant de la façon suivante: le fer (498 kg/d), l'aluminium (144 kg/d), le manganèse (38 kg/d), le zinc (8,0 kg/d), le plomb (4,1 kg/d), le cuivre (1,7 kg/d), le cadmium (0,55 kg/d) et enfin, le nickel (230 kg/d). Il est important de noter que ces données ne peuvent donner une image que très sectorielle de la situation dans la zone d'étude.

Toujours sur la base d'une contribution annuelle des tributaires, la rivière Delisle domine au chapitre des apports en cuivre, en zinc, en plomb, en cadmium et en aluminium. La rivière aux Saumons occupe la première place au niveau des apports en nickel, en fer et en manganèse.



Pour l'ensemble des paramètres échantillonnés, les apports totaux des tributaires sont nettement plus importants au printemps qu'en saison estivale. Les ratios charge printanière/charge estivale sont les suivants: 114 pour le cadmium, 85 pour le plomb, 28 pour le zinc, 21 pour le cuivre et le manganèse, 18 pour le fer et 9 pour le nickel.

Apports municipaux (imprécision de 40 à 50% sur les charges)

Pour les ZIP 1 à 4, les apports municipaux sont de l'ordre de 6,5 kg/d en zinc, de 3,2 kg/d en plomb et de 1,6 kg/d cuivre. De 75 à 86% de ces charges proviennent du canal de Beauharnois (ZIP 4), plus précisément de la municipalité de Salaberry-de-Valleyfield. Cette dernière regroupe 56% de la population des municipalités québécoises ayant des rejets au fleuve dans le tronçon Cornwall-Beauharnois. Les cinq municipalités de la ZIP 3 (île de Salaberry) produisent entre 8 et 13% des rejets municipaux du tronçon à l'étude alors que les sept municipalités des ZIP 1 et 2 comptent pour environ 8% des charges municipales de ce même tronçon.

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

L'inventaire des usages du tronçon Cornwall-Beauharnois à partir des documents disponibles revêt un caractère incomplet. Ceci rend difficile la caractérisation du milieu récepteur en fonction de la nature et de la quantité des usages. A titre d'exemple, l'inventaire rapporte seulement 2 usages pour la ZIP 1. Pourtant, les vastes herbiers aquatiques de ce secteur sont favorables à la nidification et à la migration de la sauvagine ainsi qu'au frai de plusieurs espèces de poisson. Cependant, aucun document cartographique n'a pu nous informer sur la localisation exacte de ces différents usages.

On rapporte quelques 66 usages qui sont répartis dans les ZIP 1 à 4. Plus de 63% de ces usages sont situés dans la ZIP 3 (île de Salaberry). Le nombre d'usages inventoriés est particulièrement faible pour les ZIP 1 et 4. En fait, les prises d'eau potable représentent la seule classe d'usage dont l'inventaire peut être considéré complet.

L'inventaire des usages permet tout de même de tirer quelques observations intéressantes sur le tronçon Cornwall-Beauharnois. Le lac saint-François constitue un plan d'eau de premier ordre



pour la pratique d'activités nautiques et aquatiques. La tête de ce lac représente un secteur d'intérêt biologique particulier qui est mis en valeur, entre autres, par une réserve nationale de faune. La pêche commerciale est également pratiquée au lac saint-François, en particulier sur la rive sud.

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

L'identification des secteurs sensibles peut se faire en identifiant les usages touchés par une masse d'eau. Les informations nécessaires à une telle analyse sont la localisation des usages et la délimitation et le degré de contamination de la masse d'eau.

Une seule masse d'eau significative a été identifiée pour le tronçon Cornwall-Beauharnois. Il s'agit de la masse des eaux vertes des Grands Lacs qui englobe tout le tronçon. Cette masse d'eau se caractérise par sa stabilité et par une qualité des eaux relativement bonne, surtout pour les rives nord et sud du lac Saint-François. Les échantillonnages provenant des stations NAQUADAT à l'aval de Cornwall révèlent, selon nos estimations, que seul le fer constitue un paramètre problématique pour la qualité des eaux des ZIP 1 à 4.

Selon l'inventaire des usages, les secteurs les plus sensibles à la contamination aquatique pour le tronçon Cornwall-Beauharnois sont la tête du lac saint-François, les îles situées en face de Coteau-du-Lac et la zone de Pointe-des Cascades.

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

Données sur les apports des tributaires

(selon le rapport 2 , "Évaluation des apports de contaminants au fleuve Saint-Laurent en provenance des tributaires", ASSEAU-INRS, 1991b)

- Pour l'évaluation des charges en contaminants, la conciliation des mesures de qualité à celle du 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 distantes les unes des autres. Dans certains cas, la mesure de débit est inexistante;

- La confrontation des dates d'échantillonnage de qualité de l'eau aux valeurs de débit correspondant à ces dates a montré des carences majeures au niveau de la prise en compte des saisons hydrologiques. Les estimations faites sur les charges printanière et estivale ont mis en évidence la nécessité de tenir compte de ces aspects. Pour y remédier, les campagnes de mesure devraient être moins étalées sur l'année; nous recommandons qu'elles soient 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;
- La diversité des paramètres analysés sur les tributaires n'est pas définie 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.

Données sur les apports industriels

(selon le rapport 1, "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. Il serait important de corriger cette lacune en uniformisant les méthodes d'analyse pour les diverses industries.



Données sur les apports municipaux

Considérant l'état avancé du programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ), plus précisément le volet municipal, 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 de contamination industrielle présentes dans les réseaux municipaux.

Données sur les apports fluviaux

Comme nous l'avons mis en évidence, l'apport fluvial représente plus de 95% des apports totaux du tronçon. On comprend alors l'importance de caractériser de façon précise cette masse d'eau. Un échantillon intégré transversalement et verticalement et pour lequel on effectuerait l'analyse d'une gamme plus diversifiée de paramètres de toxicité serait préférable à des analyses sur plusieurs stations réparties sur un transect. Ces dernières fournissent habituellement des caractérisations moins complètes étant donné les coûts rattachés à 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. BIBLIOGRAPHIE

- 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.
- 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, (1991)**, NAQUADAT/ENVIRODAT, Dictionnaire des codes. Section des systèmes informatiques, Direction de la 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.
- 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.



-
- L'Italien, S. (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 (1990d)**, Direction du réseau hydrique; banque de données sur les municipalités du Québec. Rapports EXTRACTO
- MENVIQ (1990e)**, Direction de l'assainissement des eaux; suivi de l'exploitation du programme d'assainissement des eaux.
- MENVIQ (1991a)**, Renseignements fournis par Michel Laurain (Direction de l'assainissement Urbain) dans une lettre du 24 janvier 1991.
- MENVIQ (1991b)**, Direction du Réseau Hydrique, Base de données sur les municipalités du Québec
- MLCP (1987)**, Nautisme Québec. Répertoire des marinas, quais pour petites embarcations et rampes de mise à l'eau, 56 p.
- MLCP (1989)**, Plan de gestion de la pêche pour le sud du Québec; Partie 1: Espèces autres que le saumon atlantique anadrome. 151 p.
- Nadeau, A. (1991)**, Direction des programmes sectoriels (pâtes et papiers), MENVIQ, communication personnelle.



-
- Revue maritime l'Escale (1989)**, Le Saint-Laurent: usages et environnement. Supplément réalisé en collaboration avec le Centre Saint-Laurent, Environnement Canada. n^o. 30, août 1989.
- Simoneau, M. (1991)**, Direction de la qualité du milieu aquatique, MENVIQ, communication personnelle.
- Tsanis, I.K., H. Biberhofer et C.R. Murthy, (1991)**, Determination of Flow Distribution in the St. Lawrence River - Cornwall-Massena Area, Report series no. WQB/IWD-OR-91-01/I.
- Young, R. (1991)**, Great Lakes - St. Lawrence Study Office, Environnement Canada, communication personnelle.

