

Record Number: 480
Author, Monographic: Cluis, D.//Couillard, D.//Lapointe, R.//Potvin, L.//Rousseau, A. N.//Sasseville, J. L.//Tessier, A.
Author Role:
Title, Monographic: Étude du fleuve Saint-Laurent (tronçon Varennes-Montmagny) : synthèse des études 1973-74
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1975
Original Publication Date:
Volume Identification:
Extent of Work: 141
Packaging Method: pages, 1 annexe
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, Rapport de recherche
Series Volume ID: 48
Location/URL:
ISBN: 2-89146-051-0
Notes: Rapport annuel 1974-1975
Abstract: Rapport rédigé pour le comité Canada-Québec sur le fleuve Saint-Laurent 25.00\$
Call Number: R000048
Keywords: rapport/ ok/ dl

Etude du fleuve Saint-Laurent
(tronçon Varennes-Montmagny):
synthèse des études 1973-74

par

D. Cluis, D. Couillard, R. Lapointe, L. Potvin, A. Rousseau,
J.L. Sasseville, A. Tessier

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 48

Rapport rédigé pour
le comité Canada-Québec sur le fleuve Saint-Laurent
1975

Etude du fleuve Saint-Laurent
(tronçon Varennes-Montmagny):
synthèse des études 1973-74

par

D. Cluis, D. Couillard, R. Lapointe, L. Potvin, A. Rousseau,
J.L. Sasseville, A. Tessier

INRS-Eau
Université du Québec
C.P. 7500, Sainte-Foy
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 48

Rapport rédigé pour
le comité Canada-Québec sur le fleuve Saint-Laurent
1975

ISBN 2-89146-051-0

DEPOT LEGAL 1975

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés

© 1975 - Institut national de la recherche scientifique

Remerciements:

Les participants désirent remercier tous leurs collègues appartenant à d'autres universités ou encore à des groupes privés, qui les ont assistés de leurs conseils judicieux quant à l'interprétation des résultats. Nous avons pu compter sur la collaboration de tous les groupes qui ont réalisé des études pour le Comité Canada-Québec et qui ont participé au Colloque de Québec (13 et 14 novembre 1974).

De plus, certains de nos confrères de l'Institut National de la Recherche Scientifique nous ont fourni des suggestions que nous avons retenues. Il s'agit de messieurs P.G. Campbell, R. Van Coillie et S.A. Visser.

Enfin nos remerciements vont à la direction du Centre INRS-Eau pour le souci qu'elle a manifesté dans l'acquittement des tâches administratives liées à ce projet. Nous sommes particulièrement reconnaissants d'avoir pu être appuyés par les services de cartographie (A. Parent, dessinateur), de dactylographie (L. Raymond) et d'édition (M. Cantin).

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
AVANT PROPOS	1
INTRODUCTION	4
CHAPITRE 1	6
1. ASPECTS PHYSIQUES ET HUMAINS DE LA REGION D'ETUDE, APPORTS ET CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES	7
1.1 Présentation de la région d'étude	7
1.2 Aspects physiques	7
1.2.1 Topographie et géologie	7
1.2.2 Climat	10
1.2.3 Végétation	11
1.2.4 Hydrographie	12
1.3 Milieu humain	13
1.3.1 Population	14
1.3.2 Urbanisation	14
1.3.3 Industries	15
1.3.4 Agriculture	19
1.4 Utilisation de l'eau	20
1.4.1 Alimentation en eau	21
1.4.2 Disposition des eaux usées	22
1.4.3 Récréation et faune aquatique	23
1.4.4 Navigation et transport maritime	28
1.5 Hydrologie	29
1.5.1 Débits	29
1.5.2 Mélange et diffusion	31
1.5.3 Apports et transports	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	55

TABLE DES MATIERES (SUITE)

	<u>PAGE</u>
CHAPITRE 2	58
2. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU	59
2.1 Paramètres liés à la minéralisation	60
2.2 Substances nutritives	63
2.3 Paramètres liés à l'oxygénation	66
2.4 Paramètres bactériologiques	66
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	79
CHAPITRE 3	81
3. ASPECTS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES SEDIMENTS	82
3.1 Introduction	82
3.2 Aspects physiques des sédiments du fleuve Saint-Laurent	83
3.2.1 Hydromorphologie de la région d'étude	83
3.2.2 Caractéristiques physiques de l'écoulement	84
3.2.3 Sédiments en suspension	86
3.2.4 Transport des solides	87
3.3 Aspects physico-chimiques des sédiments	88
3.3.1 Lithologie et minéralogie des fonds	88
3.3.2 Caractéristiques physico-chimiques des sédiments	89
3.4 Aspects biologiques des fonds	92
3.4.1 Importance des études biologiques	92
3.4.2 Hypothèse de travail	92
3.4.3 Région d'étude et matériel disponible	94
3.4.4 Etude des levures	94
3.4.5 Algues	95
3.4.6 Faune benthique	97
3.4.7 Bactériologie	101
3.4.8 Poissons	102
3.4.9 Résumé	103

TABLE DES MATIERES (SUITE)

	<u>PAGE</u>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	112
CHAPITRE 4	114
4. TABLEAU SYNOPTIQUE DES OBSERVATIONS ET ESQUISSE D'UTILISATION	115
4.1 Résumé des observations des consultants	115
4.2 Esquisse d'utilisation	115
4.2.1 Option d'aménagement	115
4.2.2 Logique de cette option	117
4.2.3 Les traitements et les rejets	117
4.2.4 En guise de conclusion	118

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>	
1.1	Caractéristiques climatiques des 4 sous-régions du territoire d'étude	39
1.2	Caractéristiques générales des bassins (1971)	40
1.3	Population du territoire étudié - 1971	41
1.4	Nombre d'employés des principales industries (1971)	42
1.5	Distribution des populations humaines et animales ainsi que de terres agricoles (1971)	43
1.6	Répartition des cultures, engrais, pesticides et herbicides (1971)	44
1.7	Approvisionnement en eau dans le fleuve	45
1.8	Disposition des eaux usées des municipalités riveraines dans le fleuve	46
1.9	Disposition des eaux usées des municipalités riveraines dans les tributaires	47
1.10	Localisation des sites récréatifs	48
1.11	Plages de la région de Québec	49
1.12	Trafic des marchandises dans les principaux ports en 1970	50
1.13	Principales marchandises embarquées et débarquées dans les trois principaux ports en 1969	51
1.14	Contributions relatives des apports locaux du fleuve Saint-Laurent entre Varennes et Montmagny	52
1.15	Apports théoriques en PHOSPHORE des principaux producteurs (1971)	53
1.16	Apports théoriques en AZOTE des principaux producteurs (1971)	54
2.1	Qualité générale de l'eau (région de Varennes)	68

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

	<u>PAGE</u>	
2.2	Qualité générale de l'eau (région du lac Saint-Pierre)	69
2.3	Qualité générale de l'eau (région de Québec)	70
2.4	Minéralisation du fleuve et de quelques tributaires	71
2.5	Estimation de bilans N et P pour les émissaires d'égouts, les tributaires et le Saint-Laurent à la sortie du lac Saint-François	72
3.1	Estimé du débit solide en plusieurs points sur le Saint-Laurent durant la période 1971-1973	105
3.2	Estimé du débit solide des principaux tributaires de la région d'étude au cours de la campagne 1973	106
3.3	Organismes benthiques des régions étudiées	107
3.4	Indice de diversité pour les stations de Beak comprises entre Beauharnois et le lac Saint-Pierre	108
3.5	Indice de diversité pour les stations d'ECO-Recherches entre le lac Saint-Pierre et Montmagny	109
3.6	Liste des poissons pêchés dans le fleuve Saint-Laurent entre les Ecureuils et l'extrémité est de l'Ile-d'Orléans	110
4.1	Vitesses et débits	119
4.2	Régime thermique	120
4.3	Oxygène dissous	121
4.4	Minéralisation	122
4.5	Substances nutritives	123
4.6	Tannins et lignine	124
4.7	Bactériologie	125
4.8	Sédiments en suspension	126
4.9	Minéralogie des sédiments de fond	127

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

	<u>PAGE</u>
4.10 Charriage de fond	128
4.11 Dragages	129
4.12 Physique des sédiments de fond	130
4.13 Physico-chimie des sédiments	131
4.14 Substances inorganiques des sédiments de fond	132
4.15 Substances organiques des sédiments de fond	133
4.16 Métaux lourds des sédiments	134
4.17 Radioactivité des sédiments	135
4.18 Bactéries	136
4.19 Levures roses	137
4.20 Algues	138
4.21 Benthos	139
4.22 Poissons	141

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
2.1 Localisation des émissaires d'égouts, des prises d'eau et de zones propices à la récréation et à la faune sauvage. (Québec)	74
2.2 Localisation des émissaires d'égouts, des prises d'eau et de zones propices à la récréation et à la faune sauvage. (Lac Saint-Pierre)	75
2.3 Localisation des émissaires d'égouts, des prises d'eau et de zones propices à la récréation et à la faune sauvage. (Montréal)	76
2.4 Evolution longitudinale de la conductivité dans le chenal de navigation	77
2.5 Evolution longitudinale du nombre de coliformes / 100 ml	78
3.1 Résumé des études benthiques sur le fleuve - Section lac Saint-Pierre-Montmagny	111

Participants à l'étude:

Cinq professeurs et deux assistants de recherche de l'INRS-Eau ont directement participé à la rédaction de ce rapport. Ce sont: Daniel Cluis, Denis Couillard, Richard Lapointe, Lise Potvin, Armand Rousseau, Jean-Louis Sasseville et André Tessier. De plus, M. André Caillé, Directeur des Etudes sur le Saint-Laurent a agi comme responsable de la liaison entre le groupe de l'Institut National de la Recherche Scientifique et le groupe de travail Canada-Québec sur le fleuve Saint-Laurent.

Nous avons pu compter sur la collaboration de tous les groupes qui ont réalisé des études pour le Comité Canada-Québec et qui ont participé au Colloque de Québec (13 et 14 novembre 1974).

AVANT PROPOS

AVANT PROPOS

Le 15 mai 1972, les gouvernements du Québec et du Canada décidaient de réaliser un programme quinquennal sur le Saint-Laurent. Une première synthèse a été présentée sur les résultats acquis entre Cornwall et Varennes en 1972-1973; nous présentons ici une deuxième synthèse des résultats obtenus en 1973-1974 sur le tronçon du fleuve compris entre Varennes et Montmagny. La synthèse s'est faite à partir des rapports d'études suivants:

- Hydrologie du bassin (CENTREAU);
- Modèle mathématique de simulation (SURVEYER, NENNIGER et CHENEVERT Inc., CARRIER, TROTTIER, AUBIN);
- Qualité des eaux (résultats d'analyses) (Services de Protection de l'Environnement, Québec);
- Aspects physiques et sédimentologiques (CENTREAU);
- Etude de la qualité de l'eau par analyse continue (KORAB MARINE Ltd);
- Effluents urbains (Laboratoires de génie sanitaire du Québec Inc.);
- Diffusion des eaux usées de Trois-Rivières et de Sorel (PIETE, AUDY, BERTRAND, LEMIEUX, FUGERE et LEBLOND);
- Analyse du benthos (communication personnelle) (ECO-RECHERCHES);
- Inventaire des équipements en eau et relevés industriels (LALONDE, VALOIS, LAMARRE, VALOIS et associés Inc.).

Pour aider à l'interprétation, les exposés des consultants et les discussions qui en ont découlées lors du colloque sur le Saint-Laurent tenu les 13 et 14 novembre 1974 à Québec ont été largement utilisés.

Du point de vue de la présentation de cette synthèse, on s'est attaché à rester aussi concis que possible. Nous avons regroupé à la fin de chaque chapitre les tableaux, figures et références bibliographiques s'y rapportant; une annexe cartographique présente l'ensemble des résultats obtenus sur le tronçon fluvial du Saint-Laurent.

Cette deuxième série d'études constitue une des étapes des relevés et de la mise en évidence des principaux problèmes de la partie fluviale du fleuve Saint-Laurent.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le voyageur qui se rend de Québec à Montréal, que ce soit par l'ancien "Chemin du Roy" ou par voie aérienne, s'émerveille toujours devant le spectacle majestueux de ce large fleuve autour duquel sont regroupées les activités économiques essentielles de la Province: population, industrie et agriculture. Toutefois, aussi paradoxal que cela puisse paraître, cette concentration des activités a eu pour conséquence un éloignement de la population de cette ressource. Les rejets de toutes sortes ont en effet interdit les activités de contact, poussant la population à s'éloigner vers l'intérieur du territoire pour ce type de loisirs. Certes, certaines activités récréatives intéressantes demeurent, depuis la populaire pêche aux "petits poissons des chenaux" jusqu'à la moins démocratique navigation de plaisance, en passant par la pêche au maskinongé et la chasse dans les îles de Sorel et celles situées en face de Montmagny.

La population est moins consciente des bénéfices quotidiens apportés par l'existence de cette voie d'eau comme voie de navigation maritime internationale, comme source quasi-inépuisable d'alimentation en eau et comme récepteur d'eaux usées de toutes sortes.

Il est sans doute préférable de ne pas imaginer les conséquences d'une infestation des usines riveraines de filtration d'eau d'alimentation par les algues bleues-vertes.

Cette synthèse des études effectuées en 1973-74 fait le point sur l'essentiel des connaissances acquises et évalue certaines possibilités d'aménagements du fleuve.

CHAPITRE 1

ASPECTS PHYSIQUES ET HUMAINS DE LA REGION D'ETUDE,
APPORTS ET CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES

1. ASPECTS PHYSIQUES ET HUMAINS DE LA REGION D'ETUDE, APPORTS ET CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES

1.1 Présentation de la région d'étude

La région d'étude peut être définie comme étant le bassin du fleuve Saint-Laurent, s'étendant de Varennes à Montmagny. Cette région englobe les sous-bassins d'environ 54 tributaires s'écoulant sur les versants nord et sud du fleuve. Tout ce territoire recouvre de façon totale ou partielle 41 comtés lesquels peuvent être regroupés en 4 régions administratives, soit les régions de: Québec, Trois-Rivières, Cantons de l'Est et Montréal (partie est). Le territoire d'étude possède une superficie de 48,000 milles carrés, tandis que le fleuve lui-même y occupe 400 milles carrés et s'étend sur une longueur de 180 milles.

1.2 Aspects physiques

1.2.1 Topographie et géologie

Le territoire étudié se situe à l'intérieur des trois grandes régions physiographiques du Québec: le plateau laurentien, les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches.

Le plateau laurentien qui se rattache à l'immense ensemble du bouclier canadien occupe la majeure partie du versant nord du bassin. Ce plateau dont l'altitude varie de 500 à 2,000 pieds présente un aspect parfois accidenté et découpé par d'étroites vallées. Les pentes du terrain de même que celles des cours d'eau qui prennent naissance dans le

bouclier ou qui s'y écoulent presque entièrement sont donc généralement très fortes.

D'origine précambrienne, le plateau laurentien (bouclier canadien) est formé d'un vieux socle cristallin très résistant à l'érosion. On y rencontre des roches métamorphiques et ignées: gneiss, calcaire cristallin, quartzite, granite, anorthosite, etc. La majeure partie du plateau est recouverte de dépôts d'origine glaciaire. Ses sols peu propices à l'agriculture lui confèrent une vocation nettement forestière.

Au sud du plateau laurentien, les basses-terres s'étendent sur chaque rive du fleuve dans une orientation sud-ouest/nord-est. Sur le versant nord, elles n'occupent qu'une mince bande en bordure du fleuve mais elles s'étalent plus largement dans la partie ouest du versant sud pour former la plaine de Montréal. Les basses-terres consistent en une étendue plane à faible pente vers le fleuve; l'altitude varie de 50 à 300 pieds dans la région de Montréal. Dans la région de Québec, elles se présentent comme une plate-forme assez escarpée, au relief légèrement ondulé et dont l'altitude varie de 100 à 500 pieds. Notons que la monotonie d'ensemble de la plaine de Montréal est interrompue par d'imposants cours d'eau (Richelieu, Saint-François, etc) ainsi que par cinq saillies intrusives: les collines montérégiennes dont la hauteur atteint jusqu'à 1,800 pieds (Monts St-Hilaire, St-Bruno, Yamaska, etc.). Les basses-terres sont formées par des assises rocheuses plutôt horizontales, d'origine sédimentaire et datant de l'époque cambro-ordovicienne. Les formations rocheuses dominantes sont les calcaires et les schistes argileux, ainsi que les grès et les dolomies.

La glaciation a d'abord recouvert les basses-terres de dépôts morainiques. Une grande partie de ceux-ci furent par la suite recouverts de sédiments argileux provenant de la mer Champlain. La présence d'argile a donné naissance aux sols fertiles qui caractérisent les basses-terres et particulièrement la plaine de Montréal sur le versant sud.

Situé au sud des basses-terres, c'est-à-dire dans la partie sud-est du territoire étudié, le plateau appalachien contient des formations se rattachant à la période cambro-dévonienne.

Elles se composent principalement de roches sédimentaires: quartzites, grès, calcaires, schistes ardoisés et micacés mais elles renferment également des roches volcaniques et intrusives basiques. Ces formations ont été fortement plissées et érodées. L'érosion n'a pas laissé une surface parfaitement plane, mais bosselée; les plis les plus résistants à l'érosion différentielle, gneiss, serpentins et intrusions, ont été mis en relief par rapport aux schistes, calcaires et grès. Le relief moyen y varie de 800 à 1,300 pieds.

Des accumulations de dépôts morainiques recouvrent les hautes terres du plateau appalachien mais dans le fond des vallées on retrouve des placages d'argile. La conformation des Appalaches, associée à un climat plus favorable, peut permettre une utilisation agricole, bien que marginale, que le plateau laurentien interdit.

Pentes

Sur le versant nord, les pentes sont généralement plus fortes que sur le versant sud. Ainsi, les pentes de terrain des rivières s'écoulant totalement ou prenant naissance dans le bouclier canadien sont très élevées (12 à 19%) alors que les pentes de ces cours d'eau varient de moyennes à fortes (2 à 8%). Seul le St-Maurice se distingue par la très faible pente de son cours d'eau (0.7%) et du terrain (9.9%).

Sur le versant sud, les pentes des terrains et des cours d'eau sont moyennes (4 à 6%) pour les bassins Etchemin et du Sud qui coulent presque entièrement dans les Appalaches alors que les pentes sont très faibles (0.2 à 2%) pour les cours d'eau dont la majeure partie s'écoule dans les basses-terres (1).

1.2.2 Climat

Le territoire possède un climat de type sub-humide continental tempéré à hivers froids et étés chauds. Les caractéristiques géographiques du bassin du Saint-Laurent sont suffisamment variables pour produire une grande diversité des climats régionaux. La région pourrait donc être divisée en 4 sous-régions climatiques: la plaine de Montréal, les Appalaches, le plateau laurentien et la vallée du Saint-Laurent (région de Québec). Le tableau 1.1 indique les principaux caractères climatiques de ces sous-régions (2, 3).

L'analyse de ce tableau fait constater des différences assez marquées entre le climat du versant nord (plateau laurentien et région de Québec) et celui du versant sud (plaine de Montréal et Appalaches). La température moyenne annuelle du versant sud est supérieure à celle du versant nord; de même, les périodes de jours sans gel et de végétation y sont plus longues. Par contre, la précipitation totale est à peu près constante sur tout le territoire sauf pour la région de Québec où elle est plus abondante.

La différence de latitude ainsi que la différence d'altitude expliquent les variations climatiques que l'on retrouve aussi bien entre les deux versants qu'à l'intérieur de chacun d'eux. Les effets de ces variations climatiques se manifestent au printemps par un décalage dans le temps du dégel des rivières le long du Saint-Laurent. On estime que le décalage moyen entre la crue de la rive nord et celle de la rive sud est de 15 jours. De plus, on a constaté que pour les rivières du versant nord, la date de crue est assez uniforme tandis qu'une certaine hétérogénéité apparaît entre les rivières de la rive sud. La différence climatique se manifeste également dans les possibilités agricoles qu'offrent les différentes sous-régions. La plaine de Montréal (vallées du Richelieu et de la Yamaska) constitue la région la plus chaude du Québec méridional avec une température maximale moyenne annuelle de 12.2⁰C. Cette région possédant la plus longue durée annuelle d'insolation (2000 à 2100 heures) et le plus grand nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5.5⁰C

(3000 à 4000) a une vocation nettement agricole. Si on la compare au plateau laurentien, on constate que celui-ci est défavorisé sur le plan thermique: température maximale moyenne annuelle de 5°C et 2000 à 2500 degrés-jours de croissance (1, 3).

1.2.3 Végétation

La majeure partie du territoire du versant nord appartenant au plateau laurentien est montagneuse et boisée. La superficie boisée y est de 80%. Le territoire est voué à la récréation et à l'exploitation forestière. La végétation forestière qui caractérise la partie septentrionale des bassins du versant nord est la forêt boréale (sapins, épinettes, mélèzes, etc...). Au sud de cette forêt, on retrouve la forêt des bois-francs (érables à sucre, hêtres, bouleaux jaunes, sapins) qui peuple la partie centrale des bassins de ce versant. Enfin, une étroite bande de terre de 10 à 20 milles de largeur, en bordure immédiate du fleuve, a été défrichée à des fins urbaines ou agricoles.

Sur le versant sud, le territoire boisé est relativement moins important puisqu'il n'occupe que 50% de sa superficie. La principale raison est que la plaine fertile du Saint-Laurent s'étale plus profondément dans les terres que sur le versant nord. Cette plaine a été presque entièrement défrichée pour les besoins de l'agriculture. Les superficies boisées du versant sud se retrouvent sur les hautes terres du plateau appalachien ou encore sur les quelques étendues des basses-terres non propices à l'agriculture (dépôts morainiques ou étendues sableuses). Les aires boisées sont localisées principalement dans les comtés de Lotbinière, Arthabaska, Dorchester et Mégantic. La végétation naturelle de la partie sud-ouest du versant sud est l'érablière laurentienne qui se compose presque exclusivement d'arbres feuillus: érables à sucre, hêtres, tilleuls, frênes blancs, etc...). La partie occidentale du versant sud (c'est-à-dire à l'est du bassin de la Saint-François) appartient au domaine de la forêt des bois-francs alors que les hauts des comtés de Montmagny et Bellechasse sont peuplés par la sapinière.

1.2.4 Hydrographie

Le tronçon du fleuve étudié s'écoule selon un axe sud-ouest/nord-est. Sa largeur moyenne est de deux milles et un tiers excepté à la hauteur de Sorel où le fleuve s'élargit pour former le lac Saint-Pierre. Ce lac a une longueur de près de 10 milles.

Faisant partie intégrante du bassin d'étude, plus d'une cinquantaine de bassins hydrographiques alimentent le fleuve. Les plus importants d'entre eux sont les suivants:

RIVE NORD:

L'Assomption
Maskinongé
Grande Rivière du Loup
St-Maurice
Batiscan
Ste-Anne
Jacques-Cartier
Montmorency

RIVE SUD:

Richelieu
Yamaska
St-François
Nicolet
Bécancour
Chaudière
Etchemin
Du Sud

Les principales caractéristiques de ces 16 bassins (débit, superficie, utilisation du territoire) apparaissent au tableau 1.2.

Notons que les deux principaux sous-bassins, soit le St-Maurice et le Richelieu, totalisent respectivement 33% et 19% de la superficie totale du territoire étudié. Il convient de noter la forte productivité hydrologique des sous-bassins du tronçon du fleuve situé entre Varennes et Montmagny et dont on traitera à la section 1.5 du présent chapitre.

A Varennes, le débit moyen du fleuve est de l'ordre de 324,000 pieds-cubes par seconde, alors qu'il est évalué à environ 400,000 pieds-cubes par seconde à la hauteur de Québec.

La dénivellation est légèrement supérieure à 24 pieds entre Montréal et Québec. Cette dénivellation se fait graduellement jusqu'au niveau de la mer, si l'on exclut la zone des rapides de Portneuf où la dénivellation est plus forte. Au point de vue salinité, l'eau salée du fleuve se rend jusqu'à la hauteur de St-Jean de l'Ile d'Orléans. Par ailleurs, les marées se font sentir jusqu'au lac St-Pierre.

Précisons que l'amplitude de la marée est d'environ 16 pieds à Québec et près d'un pied à Trois-Rivières. De plus, un phénomène de réversibilité des eaux se fait sentir jusqu'à la hauteur de Portneuf: à la marée montante, l'eau remonte vers la source.

On remarque qu'à Varennes, la profondeur moyenne du fleuve est de 15 pieds alors qu'à Québec la profondeur moyenne peut atteindre 140 pieds. Par contre, en amont de Batiscan, la profondeur atteint 30 pieds comparativement à une profondeur de seulement 10 pieds au lac St-Pierre (4).

1.3 Milieu humain

1.3.1 Population

D'après les compilations faites à partir du recensement de Statistique Canada, la population du territoire d'étude s'élevait en 1971, à environ deux millions (2,000,000) d'habitants ce qui représente près de 40% de la population totale du Québec (5).

Cette valeur englobe la population riveraine des versants sud et nord du tronçon du fleuve étudié de même que la population des bassins hydrographiques se déversant dans cette section du fleuve.

Le tableau 1.3 indique la répartition de la population à l'intérieur du territoire d'étude (5, 6).

1.3.2 Urbanisation

Les principales zones urbaines se retrouvent en bordure immédiate du fleuve ou le long de ses principaux affluents. Les cours d'eau qui ont d'abord constitué les premières voies de pénétration ont toujours exercé un attrait pour l'occupation humaine et ont joué un rôle important comme facteur de localisation industrielle.

Les principales agglomérations urbaines en bordure du fleuve sont les suivantes:

<u>RIVE SUD</u>		<u>RIVE NORD</u>	
<u>Agglomération</u>	<u>Population</u>	<u>Agglomération</u>	<u>Population</u>
Tracy	11,842	Repentigny	19,520
Sorel	19,347	Berthierville	4,080
Nicolet	4,714	Trois-Rivières-Ouest	8,057
Bécancour	8,182	Trois-Rivières	55,869
St-Romualt d'Etchemin	8,394	Cap-de-la-Madeleine	31,463
Lévis	16,597	Donnacoona	5,940
Lauzon	12,809	Communauté Urbaine	415,915
Montmagny	12,432	de Québec (1)	

(1) La Communauté Urbaine de Québec comprend 24 municipalités.

Il apparaît que la rive nord du fleuve est plus urbanisée que la rive sud, les deux agglomérations de Québec et de Trois-Rivières totalisant à elles seules près de 512,000 habitants, c'est-à-dire 72% de la population riveraine totale.

Par ailleurs, si on considère les bassins des affluents du fleuve, les agglomérations de plus de 5,000 habitants se répartissent comme suit:

1.3.3 Industries

Selon la compilation faite à partir du Recensement annuel des manufactures (7), le territoire d'étude comptait en 1971, environ 3400 établissements manufacturiers employant quelques 125,700 personnes. Les principaux types d'industries rencontrés sont celui des textiles suivi de celui des pâtes et papier et des produits alimentaires.

Le tableau 1.4 indique le nombre d'employés par type d'industrie pour les bassins des tributaires du versant nord et du versant sud. En tenant compte de leurs rejets (toxiques ou organiques), huit (8) types d'industrie ont été retenus:

- Aliments (conserverie, abattoir, laiterie, boulangerie, etc...);
- Textiles (tissage, filature, teinture);
- Pâtes et papier;
- Cuir (tannerie, fabrication de chaussures, gants, etc...);
- Chimiques (explosifs, engrais, peinture, produits pharmaceutiques, plastiques, etc...);
- Pétrole (raffinerie, huiles, pétrochimie);
- Métal (métallurgie, fonderie, laminage, moulage, produits métalliques finis, quincaillerie, outils, machinerie, appareils électriques);
- Caoutchouc (pneus, chaussures, etc...).

En plus des industries des bassins des tributaires, nous traiterons des principales industries riveraines du fleuve (8, 9, 10).

Versant nord

Sur le versant nord, les transformations des ressources forestières, notamment la fabrication des pâtes et papier sont très importantes. Cette activité exerce une forte influence sur l'économie des bassins du St-Maurice et de la Jacques-Cartier. Le tableau 1-4 montre que le bassin du St-

Maurice compte 8,500 employés dans le secteur des pâtes et papiers. La production d'énergie électrique du St-Maurice a, de plus, favorisé à Shawinigan et Grand-Mère, l'implantation de grosses industries (pâtes et papier, produits chimiques, aluminium).

Si l'on considère les industries riveraines du fleuve, on constate encore la prédominance de l'industrie des pâtes et papiers; toutefois, d'autres types d'industrie y sont également représentés:

Berthierville: produits alimentaires (abattoir Berthier, abattoir Flamingo, distillerie Melchers, etc...);

Trois-Rivières: pâtes et papier (C.I.P., Domtar, Consolidated Bathurst);
textiles (Wabasso);
Fonte (Canron);

Cap-de-la-Madeleine: pâtes et papier (Consolidated Bathurst);
aluminium (Reynolds Aluminium Company);

Portneuf: pâtes et papier (J.G. Ford);

Donnacona: pâtes et papier (Domtar Newsprint);

Québec: pâtes et papier (Anglo Pulp and Paper);
produits alimentaires - transformation de la viande, laiteries, boulangeries, etc... (laiterie Laval, Borden, Arctic; Québec Poultry, etc...);
textiles (Dominion Textiles, etc...);
produits chimiques (produits Marquette, peinture Nationale, Liquid Carbonic, etc...);
produits du cuir et chaussures;

Beaupré: pâtes et papier (papeterie Abitibi-Ste-Anne).

La région de Trois-Rivières est certes la plus industrialisée par rapport à sa population. Quant à l'agglomération de Québec, outre le secteur pâtes et papier, elle se spécialise dans la transformation des produits agricoles de la région.

Versant sud

L'industrie la plus importante du versant sud est l'industrie du textile et ses industries connexes: confection de vêtements et bonneterie. Le bassin le plus industrialisé est le bassin de la St-François, où les villes de Drummondville, Sherbrooke, Magog et Coaticook emploient plus de 8,000 personnes dans l'industrie du textile (voir tableau 1-4). Ce dernier type d'industrie est également bien représenté dans le bassin de la Yamaska avec près de 5,000 employés. Le bassin de la Richelieu se caractérise par ses industries alimentaires (conserveries de fruits et légumes, etc...) de même que par ses produits chimiques (C.I.L. à McMasterville) et ses textiles; le bassin de la Chaudière par ses industries alimentaires (pâtisserie, confiserie). Signalons la présence de mines d'amiante dans le bassin de la Nicolet (Asbestos) et de la Bécancour (Thetford Mines et Black Lake); ces mines emploient environ 5,000 personnes qui travaillent à l'extraction de ce minerai plutôt qu'à sa transformation. De plus, le bassin de la St-François compte deux mines de cuivre dans la région de Stratford près du lac Aylmer.

En bordure du fleuve, sur la rive sud, les deux noyaux industriels principaux sont situés dans la région de Sorel-Tracy et dans celle de Lévis, Lauzon et St-Romuald d'Etchemin sur la rive sud du Québec métropolitain. On note la présence de chantiers maritimes de construction à Sorel (Marine Industries) et à Lauzon (Davis Shipbuilding) et d'une raffinerie de pétrole à St-Romuald d'Etchemin (Aigle d'Or). De plus, on trouve des usines métallurgiques à Tracy (Atlas Steel, Quebec Iron and Titanium) et à Contrecoeur (Steel Co., Sidbec, Dosco) et des usines de produits chimiques à Tracy et à Varennes. Mentionnons qu'il existe une centrale thermique à Tracy et une centrale nucléaire à Gentilly.

	Affluent	Agglomération	Population
VERSANT SUD	Richelieu	Beloeil	12,248
		Chambly	11,466
		Iberville	15,822
		St-Bruno-de-Montarville	32,484
		St-Jean	9,300
	Yamaska	Cowansville	6,496
		Farnham	11,920
Granby		34,385	
St-Hyacinthe		24,562	
St-François	Coaticook	6,569	
	Drummondville	31,813	
	Drummondville-Sud	8,989	
	Magog	13,281	
	Sherbrooke	80,711	
	Windsor	6,023	
Nicolet	Asbestos	9,749	
	Victoriaville	22,047	
Bécancour	Thedford Mines	22,003	
	Plessisville	7,204	
Chaudière	Charny	5,175	
	Lac Mégantic	6,770	
	St-Georges	7,554	
	St-Georges-Ouest	6,000	
VERSANT NORD	L'Assomption	Joliette	20,127
	Rivière-du-Loup	Louiseville	4,042
	St-Maurice	Grand-Mère	17,137
		La Tuque	13,099
		Shawinigan	27,792
Shawinigan-Sud	11,470		
Ste-Anne	St-Raymond	4,036	

Ce tableau indique un plus grand nombre d'agglomérations dans les bassins des affluents du versant sud. En effet, le versant dont la majeure partie est constituée par les basses-terres a connu un défrichement et un développement beaucoup plus intenses que le versant nord dont la majeure partie localisée sur le plateau laurentien est restée boisée.

1.3.4 Agriculture

L'agriculture est une activité importante du territoire. En effet, la population agricole est évaluée à 192,200 habitants ce qui représente plus de 60% de la population agricole du Québec. Le nombre de fermes commerciales y est évalué à environ 27,000 (4).

C'est sur le versant sud que l'on rencontre les zones agricoles les plus productives. La topographie, la fertilité des sols et le climat de ce versant lui confèrent une vocation nettement agricole, particulièrement dans sa partie ouest qui correspond à la plaine de Montréal. La population agricole du versant sud est évaluée à 141,270 habitants, soit les $\frac{3}{4}$ de la population agricole totale, et plus de 20,000 fermes commerciales y sont implantées.

Sur le versant nord, la partie ouest, c'est-à-dire le bassin de l'Assomption est également très propice à l'agriculture.

Types d'agriculture

Les principales activités agricoles sont axées sur l'industrie laitière, avec la majeure partie des superficies cultivées consacrées aux cultures de foin, d'avoine et à celles du maïs (voir tableau 1-6). Toutefois, certaines régions se spécialisent dans l'élevage de bovins de boucherie, de porcs ou de volailles ou encore dans la culture des fruits et légumes.

Les statistiques du recensement de 1971, section Agriculture (11), ont été compilées de façon à dégager les principaux types d'agriculture au niveau des bassins. Le tableau 1-5 montre que le bassin de l'Assomption est le plus agricole du versant nord avec ses élevages de volailles (poules et poulets) et de bovins. Le tableau 1-6 indique l'importance, dans ce bassin, de la superficie consacrée à la culture des pommes de terre et aussi une spécialisation dans la culture du tabac.

Sur le versant sud, le bassin de la Yamaska est celui qui possède la plus grande superficie en culture et le plus grand nombre d'animaux d'élevage. Les bassins du Richelieu et de la Yamaska ont d'importantes superficies consacrées à la culture du maïs, de même qu'à celles des fruits et des légumes (voir tableaux 1.5 et 1.6).

Le bassin de la Yamaska compte également une grande quantité de volaille. Au sud de Québec, le bassin de la Chaudière se spécialise dans l'élevage des bovins, des porcs et de la volaille et l'île d'Orléans dans la culture des fruits (pommes, fraises), des légumes et des pommes de terre.

Utilisation d'engrais

Dans le territoire à l'étude, plus de 225,000 tonnes d'engrais commercial ont été employés sur environ 792,412 acres de terres agricoles en 1971. La quantité d'engrais utilisée sur la rive sud est 4 fois supérieure à celle déversée sur la rive nord (4). Le tableau 1-6 démontre que le bassin dont la superficie fertilisée est la plus importante est celui de la Yamaska.

1.4 Utilisation de l'eau

Les eaux du fleuve sont utilisées à plusieurs fins dont les principales sont l'alimentation en eau potable, la disposition des eaux usées, la récréation et la navigation commerciale. Ces différents usages simultanés ne sont pas sans susciter certains conflits.

1.4.1 Alimentation en eau

Sur les 50 municipalités riveraines inventoriées par la firme Lalonge, Valois et associés (12), 11 tirent leur eau potable du fleuve. La population totale desservie par les réseaux municipaux est estimée à environ 152,000 personnes et la consommation à quelque 20 MGI par jour (voir tableau 1.7).

Sur la rive nord, quatre municipalités ont des prises d'eau dans le fleuve: Lavaltrie, Berthierville, Ste-Foy et Sillery. Ces deux dernières fournissent l'eau à trois autres municipalités. La population s'élève à environ 100,000 personnes et la consommation moyenne journalière est estimée à 12.2 MGI (voir tableau 1.7). Les 31 autres municipalités de la rive nord tirent leur eau de consommation domestique des principaux tributaires du fleuve (Assomption, St-Maurice, Montmorency, etc...) ou encore des puits, ruisseaux, lacs et sources.

Sur la rive sud, 7 municipalités prennent leur eau du fleuve: Varennes, Verchères, Contrecoeur, Bécancour, St-Romuald, Lévis et Lauzon; ces deux dernières en alimentent 4 autres. La population totale desservie est de 51,510 personnes et sa consommation journalière est de 8.1 MGI. Les neuf (9) autres municipalités de la rive sud tirent leur eau d'autres sources que le fleuve (tributaires, puits, sources, etc...).

Plusieurs industries s'alimentent à même le réseau municipal d'aqueduc. Par ailleurs, certaines grosses industries ont leur propre prise d'eau qu'elles utilisent pour leur procédé industriel ou comme eau de refroidissement. Nous ne connaissons pas la quantité d'eau consommée par l'ensemble de ces industries, mais nous possédons des données pour certaines industries. Ainsi, les usines de pâtes et papier C.I.P. à Trois-Rivières et Anglo Pulp and Paper à Québec possèdent leur propre système d'approvisionnement et consomment respectivement 22.6 MGI et 29.2 MGI d'eau par jour.

1.4.2 Disposition des eaux usées

Selon l'étude de Lalonde, Valois et associés (12), les égouts de 41 municipalités sises le long du Saint-Laurent sont déversés directement dans le fleuve alors que 15 autres municipalités déversent leurs eaux usées dans ses tributaires, à proximité du point de confluence. Environ 595,000 personnes sont desservies par les égouts qui se déversent directement dans le fleuve; les eaux usées y sont évacuées par l'intermédiaire de 114 émissaires (82 combinés et 32 sanitaires). Les émissaires des municipalités qui déversent les eaux usées dans les tributaires à proximité du fleuve sont au nombre de 77. Ces émissaires desservent une population de 114,400 habitants. Certaines municipalités ont des émissaires localisés en partie dans le fleuve et en partie dans un tributaire. Ainsi la ville de Sorel en compte 12 dans le Richelieu et 2 dans le fleuve, la ville de Trois-Rivières 4 dans le fleuve et 4 dans le St-Maurice (tableaux 1.8 et 1.9).

Sur la rive sud, 13 municipalités déversent leurs eaux usées dans le fleuve. La population desservie par les égouts est évaluée à 67,461 personnes et le nombre d'émissaires à 47 (31 combinés et 16 sanitaires) (voir tableau 1.8).

Sur la rive nord, 29 municipalités rejettent leurs eaux usées directement dans le fleuve. La population desservie s'élève à 527,446 habitants et le nombre d'émissaires à 67 (51 combinés et 16 sanitaires). Notons que la majeure partie des eaux usées de la Communauté Urbaine de Québec sont (ou sont en voie d'être) acheminées vers le fleuve au moyen des 2 collecteurs du BAEQM, l'un se déversant à l'est, près des battures du parc industriel de Beauport et le second (en voie de réalisation) à l'ouest, près des limites des villes de Ste-Foy et Cap-Rouge.

Les eaux usées des municipalités riveraines ne reçoivent pratiquement aucun traitement. Seule la petite municipalité de Lavaltrie possè-

de une usine d'épuration (stabilisation par contact) dont la capacité est de 216,000 gallons impériaux par jour. De plus, la municipalité de Bélair traite ses eaux usées au moyen d'un étang d'oxydation avant de les évacuer vers la rivière Lorette (tableaux 1.8 et 1.9).

La plupart des industries utilisent les réseaux d'égout municipaux, mais les plus grosses d'entre elles comme certaines usines de pâte et papier, possèdent leurs égoûts privés. Ainsi, la C.I.P. de Trois-Rivières et l'Anglo-Pulp de Québec déversent chaque jour respectivement 25.7 et 17.8 MGI d'eaux usées directement dans le fleuve. Les données concernant le genre de traitement subi par ces eaux usées ne sont pas toujours disponibles. Dans le cas des industries mentionnées plus haut, le traitement peut consister dans la récupération des fines écorces, la séparation des eaux de refroidissement des eaux usées industrielles, la filtration des boues, etc...

1.4.3 Récréation et faune aquatique

Récréation

Le Saint-Laurent possède plusieurs atouts au point de vue touristique. D'abord, sur le plan esthétique, le fleuve revêt un intérêt particulier à cause de son aspect majestueux, du mouvement des océaniques qui le sillonnent et des magnifiques perspectives offertes tout le long des rives. Si l'on ajoute à cet aspect esthétique la navigation de plaisance, le fleuve constitue un site idéal pour l'établissement de chalets. Par contre, certains secteurs riverains du fleuve dégradés par la pollution, les herbes aquatiques, la turbidité et l'envahissement urbain ont vu restreindre l'éventail de leurs capacités récréatives. Ainsi, la baignade a pratiquement disparu en raison de la mauvaise qualité des eaux du fleuve (13).

Principaux sites récréatifs

Le long des rives du fleuve de même que sur les îles qui parsèment son cours, on a pu repérer plusieurs centres de villégiature même si la plupart d'entre eux ont connu un certain déclin depuis une vingtaine d'années, déclin pouvant être attribué à la détérioration des eaux du fleuve de même qu'à l'envahissement progressif de l'urbanisation.

Les lieux de villégiature importants et leurs équipements récréatifs reliés plus ou moins directement à la présence du fleuve sont indiqués au tableau 1.0 (14, 15, 16, 20).

Parmi les zones récréatives du territoire, mentionnons les îles de Sorel qui présentent un attrait pour la pêche et la chasse à cause du nombre de poissons et d'oiseaux aquatiques qu'on y trouve. Sur ces îles, sont établies quelques résidences secondaires (357 en 1966), ces dernières occupant les "fronts d'eau" alors que l'intérieur du territoire des îles est utilisé par l'agriculture (17).

Dans la partie aval du secteur d'étude, les municipalités de St-Nicolas, St-Michel de Bellechasse et Berthier-sur-Mer, sur la rive sud, de même que l'île d'Orléans (versant sud surtout) constituent des centres de villégiature encore largement fréquentés.

Ces centres contiennent plusieurs résidences secondaires; on y trouve également des plages bien que la baignade y soit pratiquement interdite.

Sur la rive nord, l'île de St-Quentin située à l'embouchure du St-Maurice constitue un parc récréatif en milieu urbain offrant plusieurs attraits: port de plaisance, camping, etc... Enfin, mentionnons la pré-

sence d'une réserve écologique au Cap Tourmente, près de Saint-Joachim, lieu de repos des oies blanches lors de leurs migrations d'automne et du printemps.

Plages

Nous ne possédons pas l'inventaire complet de toutes les plages du secteur étudié de même que les données concernant leur qualité bactériologique. Le tableau 1.10 indique la localisation des principales plages.

Mentionnons notamment la présence de quelques plages sablonneuses aux environs de Sorel et dans la région comprise entre Repentigny et Laronnaie. Les îles de Sorel et de Verchères comptent également plusieurs plages. Un bon nombre d'entre elles sont envahies par la flore aquatique mais plusieurs offrent un site agréable mis à part le fait qu'on y dépose la glaise retirée du fleuve par le dragage du chenal maritime. Ajoutons que d'énormes quantités de déchets et de poissons morts encombrant la plupart de ces plages dont la qualité bactériologique est évidemment très mauvaise (18, 19).

Il en va de même des plages de la région de Québec dont la liste apparaît au tableau 1.11. Ce tableau indique également l'état de leur qualité bactériologique.

Ports de plaisance

On estime à 15 le nombre de ports de plaisance du secteur (8 sur la rive nord et 7 sur la rive sud). On les retrouve à: Repentigny, St-Joseph de Sorel, Sorel (3), Ste-Anne-de-Sorel, Berthierville, St-Barthélemi, Louiseville, Nicolet, Trois-Rivières, Batiscahan, Neuville, Québec et Montmagny (16). A cause du développement de ce sport, ces ports sont très achalandés et souvent saturés.

Faune aquatique et semi-aquatique

Le secteur du fleuve allant de Varennes à Montmagny contient de nombreuses espèces de poissons dont plusieurs sont intéressantes pour la pêche sportive. Dans le "secteur alluvial" (21), c'est-à-dire des rapides de Lachine jusqu'au lac St-Pierre, le poisson est abondant. Les espèces les plus fréquentes sont: la perchaude, la barbote brune, la carpe, le doré, le brochet, le maskinongé (un gros brochet), l'esturgeon jaune (presqu'en voie de disparition), l'achigan, la barbue et l'anguille. La pêche se pratique surtout dans la région de Sorel et dans ses îles. La "gibelotte" de poissons est d'ailleurs une spécialité culinaire de la région.

Dans le tronçon des "eaux douces ralenties" (21), c'est-à-dire de la sortie du lac St-Pierre jusqu'à Portneuf, on peut pêcher, entre Trois-Rivières et Ste-Anne-de-la-Pérade, la "petite morue des chenaux" qui termine en cette région ses migrations annuelles.

Enfin, le tronçon appelé "estuaire d'eau douce à courant réversible", et situé entre Portneuf et Montmagny, se prête particulièrement aux grandes pêcheries d'anguilles (pêche commerciale). L'esturgeon commun se prenait en grande abondance surtout au voisinage de Berthier-en-Bas. Sa survie a été compromise à cause d'un déversement d'insecticide lors de l'Expo de Montréal en 1967. Dans ce secteur, on pêche également l'éperlan, une espèce très populaire.

Faune semi-aquatique (ou faune sauvagine)

Les rives du lac St-Pierre, les abords de la baie Saint-François, près de Sorel, de même que les îles de Verchères et de Sorel présentent de grandes étendues marécageuses très propices à la faune sauvagine (22). Les canards et les outardes y viennent en abondance et attirent de nombreux chasseurs. Dans le secteur compris entre Québec et Montmagny, les

grandes battures de "Scirpus americana" reçoivent deux fois par année l'outarde et la bernache du Canada de même que la grande oie blanche lors de leurs migrations entre l'Arctique et le sud des Etats-Unis. L'oie blanche séjourne chaque printemps et chaque automne sur les grandes battures du Cap-Tourmente (St-Joachim) ou sur les îles du St-Laurent en face de Montmagny (Ile aux Grues, Ile aux Oies). Une réserve écologique de 28 milles carrés a été créée à Cap-Tourmente pour assurer la protection de ces milliers d'oies blanches lors de leurs étapes bi-annuelles. La chasse à l'oie blanche est pratiquée mais de façon contrôlée.

Possibilités d'aménagement récréatif

Parmi les projets d'aménagement récréatifs du fleuve, nous en signalerons deux qui ont plus particulièrement retenu l'attention du public. Le premier concerne l'aménagement des îles de Verchères et de Sorel préconisé par la Fédération Québécoise de la Faune dans le projet "Un Fleuve, un parc". Ces îles pourraient constituer une réserve écologique ou un parc pour la conservation de la faune et de la flore de même que pour la récréation de plein air. La présence de plusieurs plages, localisées sur les sites magnifiques de ces îles, laisse envisager des possibilités de baignade dans l'éventualité de la dépollution du fleuve et d'un grand nettoyage des berges. L'utilisation récréative des îles pourrait très bien être combinée à l'utilisation agricole qui y est faite actuellement.

Le second projet consiste en l'aménagement du bras nord de l'Ile d'Orléans. Les promoteurs de ce projet (CENTREAU) recommandent la fermeture du bras séparant l'Ile d'Orléans de la Côte de Beaupré pour y former un lac artificiel. Un tel lac serait alimenté par les eaux pures des rivières de la Côte de Beaupré (Montmorency et Ste-Anne-du-Nord). On pourrait implanter sur son pourtour divers équipements de récréation: parcs, plages, port de plaisance, etc... Le ski nautique et la voile pourraient s'y pratiquer.

1.4.4 Navigation et transport maritime

La navigation est une activité très importante sur le fleuve puisque celui-ci assure la liaison directe entre l'Atlantique et les Grands Lacs, au coeur du continent nord-américain. Plusieurs aménagements dont le principal est celui de la voie maritime ouverte en 1959 ont permis d'assurer cette liaison s'effectuant parfois sans aucune rupture de charge lorsque le tirant d'eau et le tonnage des navires le permettent. Toutefois, les océaniques les plus lourds (pétroliers, minéraliers, porte-conteneurs, etc...) ne peuvent avoir accès à la voie maritime. Leur chargement est alors transbordé dans un des ports du St-Laurent en aval de Montréal pour être repris dans des cargos ou des "lakers". Ceci confère à la section du fleuve située en aval de Montréal la fonction de porte d'entrée des Grands Lacs, fonction qui n'a pas été fortement entamée depuis 1959 (23). Les ports de cette section connaissent par conséquent une forte activité.

La remontée des océaniques jusqu'à Montréal a exigé dès le début du 19e siècle l'approfondissement par dragage du chenal. La Division du chenal maritime est chargée de l'exploitation et du dragage des chenaux navigables du Saint-Laurent en aval de Montréal. Sur la section Montréal-Québec la profondeur limite est de 35 pieds lorsque les eaux sont les plus basses et la largeur minimale de 800 pieds. En aval de Québec, cette profondeur a été portée à 41 pieds à marée basse permettant ainsi aux navires dont le tirant d'eau est de l'ordre de 100,000 tonnes d'avoir accès au port de Québec.

Les principales marchandises transportées sur le fleuve sont le minerai de fer, le blé, l'orge, le maïs, le mazout et les produits de fer et d'acier. Les expéditions de minerai de fer des ports du Saint-Laurent vers Hamilton et le lac Erié représentent le plus fort pourcen-

Pour juger de l'importance du trafic fluvial (service international et cabotage) dans la section comprise entre Montréal et Québec, nous présentons au tableau 1.12 un bilan du trafic des marchandises dans les principaux ports en 1970 et au tableau 1.13 les principales marchandises manipulées en 1969 (24).

1.5 Hydrologie

1.5.1 Débits

Contribution des tributaires à l'écoulement

Le Saint-Laurent à Varennes a un débit moyen annuel de l'ordre de 325,000 pieds-cubes par seconde, largement régularisé par l'effet des Grands Lacs, des ouvrages hydroélectriques de la rivière Outaouais et du barrage Saint-Laurent.

Le bassin étudié entre Varennes et Montmagny ne représente que 12% du bassin total drainé à Montmagny. Le débit moyen annuel y est de 400,000 pieds-cubes par seconde; entre ces deux sections la forme de l'hydrogramme annuel a changé dans le sens d'une plus grande variabilité; en effet, l'étude des débits des 16 tributaires importants du bassin (Tableau 1-2) montre que en étiage, leur contribution spécifique (par unité de surface) est similaire globalement à celle du reste du bassin; il n'en est pas de même durant la crue de fonte de neige (50% de leur ruissellement annuel), où ils contribuent pour 30% aux débits de crue du fleuve à Montmagny. Ils constituent donc une zone de forte productivité hydrologique.

Analyse spatio-temporelle des événements hydrologiques

Dans son étude sur l'hydrologie du bassin (1), CENTREAU, à partir de considérations physiographiques et climatologiques, a divisé la région en 3 zones principales de productivité hydrologique décroissante:

- le massif laurentien;
- la rive nord;
- la rive sud.

Cette même classification se retrouve dans l'étude des courbes hypsométriques qui mettent en évidence le potentiel érosif selon la jeunesse ou le vieillissement du bassin.

Après homogénéisation des données historiques mensuelles par un modèle de simulation "HEC-4", CENTREAU (25) a mis en évidence l'effet de latitude (ensoleillement) dans la date du débit maximum de la crue de fonte de neige; cela se traduit par un décalage de 15 jours de cet événement entre la rive sud (15 avril) et la rive nord (30 avril). La rivière Richelieu constitue une exception à cette règle (29 avril) à cause de son altitude élevée et de l'effet retardateur du lac Champlain.

En ce qui concerne les étiages, la séparation en zones est plus difficile:

- l'étiage d'hiver est assez uniforme et a lieu entre décembre et février;
- l'étiage d'été a lieu en juillet, août ou septembre pour les rivières de la rive nord, mais peut avoir lieu en juin sur la rive sud. Là encore, la productivité hydrologique suit la classification mise en évidence plus haut, avec des débits spécifiques de 7 jours consécutifs supérieurs à 1 pied-cube par seconde pour le massif laurentien et inférieurs à 0.1 pied-cube par seconde sur la rivière Yamaska.

Transport de l'eau

Du fait de la configuration de son lit, le Saint-Laurent n'est pas sujet à de graves inondations; en période de crue, la vitesse moyenne est de l'ordre de 3 pi/s entre Varennes et Montmagny, ce qui donne, pour une distance totale de 180 milles un temps de parcours de 3.5 jours.

Les inondations dues aux embacles sont localisées sur certains tributaires (Chaudière, Etchemin, Sainte-Anne-de-la-Pérade).

Modèle hydrodynamique de simulation

La firme SNC a fourni un modèle mathématique de simulation hydrodynamique et de qualité des eaux. Ce modèle unidimensionnel veut représenter les conditions dans le chenal où passe 70% du débit. La partie hydrodynamique de ce modèle permet de simuler avec une assez bonne précision les débits et niveaux aval connaissant les conditions à l'amont; par contre l'intérêt de la simulation de la qualité de l'eau est plus douteuse quand on sait que le fleuve se mélange mal et que les problèmes sont situés surtout sur les berges; un modèle bidimensionnel maillé serait plus intéressant, mais son temps de compilation risque d'être prohibitif.

1.5.2 Mélange et diffusion

Les résultats de l'étude de CENTREAU (25) mettent en évidence le fait que dès leur arrivée dans le St-Laurent les affluents sont immédiatement rabattus contre les rives et les eaux des affluents côtoient celles du St-Laurent sur des distances considérables avant de se mélanger complètement.

Ce phénomène limite fortement le pouvoir de dilution du fleuve. Il convient d'éviter le rejet sur la rive et d'utiliser plutôt un diffuseur en situant le rejet dans une région où le mélange est plus efficace.

Avant d'examiner en détail les résultats longitudinaux et transversaux, on peut noter que verticalement on observe dans certains cas (Lanoraie, Trois-Rivières, Pointe à la Citrouille en aval de Gentilly, Portneuf) des conditions de surface différentes des conditions en profondeur. Ce phénomène peut être imputé à deux causes: la première serait un facteur de forme, défini comme le rapport entre la profondeur du fleuve et

sa largeur. Ce rapport évolue selon les caprices de la topographie du fleuve et devient très faible pour certaines sections. Pour ces sections, les vitesses d'écoulement des eaux sont relativement faibles et défavorisent le mélange. La seconde raison serait la présence dans le Saint-Laurent, de courants de densité. Ces gradients de densité seraient provoqués par des courants de densité thermique. Ces courants sont accentués lors de certaines périodes de l'année (printemps et automne).

Les différences entre les conditions de surface et de profondeur coïncident aussi avec les endroits où le fleuve se rétrécit et où il y a accélération, ce qui pourrait expliquer en partie le glissement des masses d'eau l'une sous l'autre. On a donc intérêt à s'assurer de l'homogénéité des caractéristiques de l'eau le long d'une verticale avant d'interpréter, pour la masse totale de l'eau, les mesures effectuées à la surface.

CENTREAU (25) a dressé, à partir des résultats des mesures de dureté, de fluorescence et de conductivité des cartes pour mettre en évidence les phénomènes de mélange et de diffusion.

Les zones mises en évidence sont les suivantes:

tronçon	nombre de zones	caractéristiques de zones
Varennas -Lanoraie	3	Rive nord: eaux des rivières des Prairies et des Mille-Iles demeurent dans une zone se rétrécissant vers l'aval Rive sud: eaux du fleuve en provenance des rapides de Lachine Centre: zone de mélange s'élargissant
Lanoraie -Sorel	2	disparition de la zone de rive nord au profit de la zone centrale
Sorel -Trois-Rivières	3	Rive nord: zone de mélange des eaux du fleuve et affluents de rive nord (rivière des Prairies, rivière des Milles-Iles, Assomption) Centre: eaux du fleuve en provenance des rapides de Lachine Rive sud: zone de mélange du fleuve et des affluents de rive sud (Richelieu, Yamaska, Saint-François, Nicolet)
Trois-Rivières	4	Rive nord: le Saint-Maurice reste non mélangé sur une quinzaine de milles, en plus du schéma précédent, puis s'intègre à les zones de mélange des affluents de rive nord
Trois-Rivières -Portneuf	3	Centre: disparition progressive de la zone des eaux du fleuve au profit des deux zones de mélange
Portneuf -Québec	2	mélange progressif de toutes les eaux, favorisé par l'effet de marée
Pont de Québec	1	homogénéité

A côté de ces résultats mis en évidence par des mesures, on peut supposer que tous les affluents créent comme le Saint-Maurice une zone collée à la rive mais l'étude en détail n'a pas été effectuée sur les autres rivières.

Outre cette étude du mélange des affluents, CENTREAU (25) a mis en évidence les zones de sédimentation où il est contre-indiqué de rejeter des émissaires; ce sont:

- une série d'ilôts en face de Repentigny;
- à Contrecoeur;
- dans le lac Saint-Pierre (surtout la rive sud);
- dans la région de Gentilly (après l'embouchure de la rivière Bécancour);
- à Portneuf;
- en face de Cap-Rouge;
- de Québec au Cap-Tourmente (bras nord de l'Ile d'Orléans);
- à l'embouchure de la Rivière du Sud.

Cette visualisation du fleuve montre qu'une faible partie du pouvoir de dilution du fleuve est utilisé si les rejets ont lieu près des rives. Ainsi, en aval de Québec, on pourrait d'une part combattre l'effet de rabattage vers les rives en rejetant le plus loin possible de celles-ci, et d'autre part éviter la zone de sédimentation potentielle qu'est le bras nord de l'Ile d'Orléans.

1.5.3 Apports et transports

A partir des données recueillies par les consultants, nous avons tenté d'évaluer les apports en azote, phosphore, la demande chimique en oxygène et les solides totaux du fleuve, de ses tributaires et des émissaires d'égouts urbains.

L'insuffisance de données nous a causé de nombreuses difficultés et les solutions de rechange adoptées ont introduit à chaque fois un pourcentage d'erreur important.

La charge transportée peut s'évaluer par la connaissance du débit et de la qualité du cours d'eau au point désiré. Or, ces informations ne sont pas disponibles comme telles. En effet, les Services de Protection de l'Environnement (26) ont fourni des données de qualité mais, en aucun cas, ne les ont accompagnées des mesures du débit au lieu et moment de l'échantillonnage, ce qui est extrêmement regrettable.

Nous avons donc utilisé, pour les tributaires, les débits répertoriés par le service d'hydrographie du ministère des Richesses naturelles. Malheureusement, les rivières Bayonne, Yamachiche, Champlain, Grande Rivière du Chêne, Maskinongé et du Loup sont exclues de ces relevés. Les deux dernières l'ayant été autrefois, la moyenne inter-annuelle de leur débit a été utilisée. Cette même moyenne inter-annuelle a servi pour le Richelieu et l'Assomption dont les valeurs de débits en 1973 n'étaient pas encore disponibles. Pour les quatre autres rivières mentionnées, nous avons dû utiliser un débit inter-annuel spécifique moyen tel que présenté par le ministère des Richesses naturelles du Québec (27).

De plus, les débits, qu'ils soient moyens ou quotidiens, ont dû être réajustés selon le rapport des surfaces drainées aux deux points considérés, c'est-à-dire au point d'échantillonnage et au point de mesure du débit.

En ce qui concerne le fleuve et la somme des rivières des Prairies, des Mille-Iles et de l'Assomption, nous disposions de bonnes données de qualité, malheureusement dépréciées par l'absence de mesures de débit. Nous avons donc utilisé là encore la moyenne inter-annuelle.

Enfin, la charge des émissaires a été déterminée par le Laboratoire de génie sanitaire du Québec inc. (10) qui a extrapolé assez largement les données recueillies sur 15 émissaires desservant en partie la population des quatre grands centres suivants: Québec, Trois-Rivières, Lévis et Sorel. Ce consultant fait remarquer qu'il ne tient pas compte de la pollution industrielle. Ce laboratoire fait aussi ressortir une autre faiblesse des mesures effectuées en recommandant une étude intensive d'autres paramètres de qualité des rejets avant de considérer toute proposition de traitement des eaux usées.

Ces bilans figurent au tableau 1.14. On constate que les émissaires comptent pour peu dans la pollution du fleuve et que celui-ci contient déjà une forte quantité de polluants au début du tronçon. Les valeurs non proportionnelles aux débits sont celles de la DCO apportée par les tributaires, soit 50% pour un débit représentant seulement 30% du débit total du fleuve et des éléments nutritifs apportés par les émissaires qui contribuent pour 3% d'azote et 1% du phosphore totaux dans le fleuve en regard d'un débit de moins de 1/10 de 1%.

En aval de Montréal, les émissaires et tributaires génèrent une petite augmentation de la concentration de DCO et peu de variation dans les éléments nutritifs. La précision des mesures quantitatives et qualitatives étant au mieux de 10%, un bilan global du fleuve entre Varennes et Montmagny ne peut être présenté.

Il faut noter que le bilan des différentes sources ponctuelles, présentées précédemment, ne constitue pas la totalité des apports au fleuve. En effet, parallèlement aux sources ponctuelles, les activités humaines et agricoles constituent sur les rives du fleuve des sources diffuses de pollution. Ainsi, plusieurs résidences de petites municipalités riveraines utilisent des fosses septiques pour éliminer leurs eaux usées. Une grande partie de la population utilise ce mode d'assainissement individuel pour les maisons de villégiature situées le long des rives du Saint-Laurent. De plus, la région possède un certain nombre d'industries

pour lesquelles aucune donnée quant à la composition des rejets n'existe.

Pour les 16 plus importants tributaires, nous avons tenté d'évaluer théoriquement les apports des différentes utilisations du sol au fleuve Saint-Laurent entre Varennes et Montmagny. Le tableau 1.2 reproduit les caractéristiques des bassins en 1971. L'examen de ce tableau montre que la région est très peu urbanisée (0 - 3% de la superficie du territoire) et se partage entre deux utilisations principales: la forêt et l'agriculture. Cette dernière utilisation est particulièrement importante pour les bassins des rivières Richelieu (45%), Yamaska (62%), Nicolet (54%) et Bécancour (51%).

Dans le but de mieux décrire l'activité agricole sur tout le territoire, on a reproduit aux tableaux 1.5 et 1.6, la répartition des populations humaines et animales, des terres agricoles avec les principales cultures, ainsi que les quantités d'engrais, de pesticides et d'herbicides répandus durant l'année 1971. Du point de vue des activités industrielles, les données de quantité d'eau utilisée et rejetée par l'industrie, ainsi que leurs compositions moyennes ne sont pas disponibles. Une revue de littérature (28) portant sur les rejets industriels, a montré que les charges pour une industrie donnée dépendent à la fois du type d'industrie et des procédés particuliers et qu'on ne pouvait pas utiliser des données de "charges par unité de production" pour caractériser les usines. Le tableau 1.4 donne, pour les principaux bassins déversant leurs eaux dans le fleuve entre Varennes et Montmagny, le nombre d'employés travaillant dans les principales classes d'industries. L'examen de ce tableau montre que les industries du textile et des pâtes et papier sont particulièrement actives dans cette région; ces deux types d'industries rejettent des substances toxiques pour la flore et la faune aquatique.

Les tableaux 1.15 et 1.16 donnent les quantités totales d'azote et de phosphore produites par les personnes habitant la région et par les principales activités agricoles pratiquées dans les bassins du territoire étudié.

Les valeurs des apports unitaires (en livres par jour par tête ou par acre) sont des valeurs moyennes de la littérature, compilées dans le Tome 4 (29) et dont la validité au Québec reste à vérifier.

L'étude de ces tableaux montre que les rejets en phosphore et en azote par les populations humaines des bassins sont toujours faibles par rapport aux rejets en azote et en phosphore de l'élevage et des principales cultures. Ces deux paramètres devront faire l'objet de mesures de contrôle, car étant, avec le carbone, les éléments nutritifs, ces substances jouent un rôle très important dans la qualité des eaux naturelles. En effet, si on fait exception des facteurs physiques tels que la température et la turbidité, ce sont les substances nutritives qui contrôlent la productivité biologique.

TABLEAU 1.1 Caractéristiques climatiques des 4 sous-régions du territoire d'étude (2, 3)

	Plaine de Montréal	Appalaches	Plateau laurentien	Vallée du Saint-Laurent (Région de Québec)
Température moyenne annuelle (°F)	40 - 43	39 - 40	37 - 38	39 - 40
Température moyenne de juillet (°F)	70	65	63 - 65	64 - 68
Température moyenne de janvier (°F)	12.5	10	7 - 9	8 - 12
Précipitation totale annuelle (pouces)	36 - 40	40 - 42	37	38 - 46
Période sans gel (jours)	125 - 150	115 - 125	80 - 120	100 - 120
Période de végétation (degrés-jours de croissance)	3000 - 3400	2700 - 3000	2250 - 2500	3000

TABLEAU 1.2 Caractéristiques générales des bassins (1971)

BASSIN	code M.R.N.	superficie mi ²	module p ³ /s	UTILISATION DU TERRITOIRE				
				lacs %	marais %	forêts %	agricul- ture %	urbanisa- tion %
RIVE NORD								
L'ASSOMPTION	0522	1630	1030	3.1	0.5	67.1	29	0.3
MASKINONGE	0526	440	677	5.3	0.2	74.8	19.5	0.2
DU LOUP	0528	590	920	7.5	0	80.2	12.3	0
ST-MAURICE	0501	16700	24900	9	0	88.9	1.1	1
BATISCAN	0503	1810	3400	4.9	0	83.9	11	0.2
STE-ANNE	0504	1040	2690	6.3	0.5	72	19.6	1.6
JACQUES-CARTIER	0508	971	2610	4.2	0.2	89.1	6.4	1.1
MONTMORENCY	0510	426	1180	2	0.4	96.3	1.1	0.2
RIVE SUD								
RICHELIEU	0304	9150	11900	7.5	0	45.3	45.3	1.9
YAMASKA	0303	1870	2670	2	0.7	32.5	62.3	2.5
ST-FRANCOIS	0302	3950	6640	2.8	0	67.9	27.3	2
NICOLET	0301	1320	2530	0.5	0.3	44.2	53.6	1.4
BECANOUR	0240	1010	1920	1	0.3	45.3	50.5	2.9
CHAUDIÈRE	0234	2580	4540	0.9	0.2	65.9	31.5	1.5
ETCHEMIN	0233	563	1160	1.3	0.4	63.7	34.1	0.5
DU SUD	0231	744	1540	0.4	1.5	73.2	24.9	0

TABLEAU 1.3 Population du territoire étudié - 1971 (5, 6)			
	Population riveraine	Population des bassins	Population totale
Versant nord	581,869	307,433	889,302
Versant sud	130,036	957,133	1,087,169
Ile d'Orléans	---	---	5,435
TOTAL	711,905	1,264,566	1,981,906

TABLEAU 1.4 Nombre d'employés des principales industries (1971)

BASSIN	INDUSTRIE							
	alimen- tation	texti- les	pâtes et papier	cuir	chimie	pétro- le	métal	caout- chouc
Type de rejets								
Organiques ou toxiques	0	0-T	0-T	T	T	0	T	0
RIVE NORD								
L'ASSOMPTION	400	400	625				1300	
MASKINONGE	300			60				
DU LOUP	40	900			60			
ST-MAURICE		2600	8500				2000	
BATISCAN								
STE-ANNE			100					
JACQUES-CARTIER			900					
MONTMORENCY								
RIVE SUD								
RICHELIEU	1700	1200		200	1200		800	
YAMASKA	1600	4800		375	120		800	1120
ST-FRANCOIS	1300	8000	2080	550			2050	550
NICOLET		600						
BECANOUR		400					1700	
CHAUDIÈRE	1050	1250						
ETCHEMIN	410					210		
DU SUD	200	300					300	

TABLEAU 1.5 Distribution des populations humaines et animales ainsi que des terres agricoles (1971)

BASSIN	POPULATION		ELEVAGE				AGRICULTURE	
	totale	agricole	bovins	porcs	poules et poulets	chevaux	pâturages	cultures
	hab.	hab.	têtes	têtes	têtes	têtes	acres	acres
RIVE NORD								
L'ASSOMPTION	98717	11794	44051	104849	2392647	1826	42440	135416
MASKINONGE	11987	2517	12939	19751	468079	226	12471	32045
DU LOUP	13688	1926	10440	19206	373465	178	9875	23918
ST-MAURICE	179769	1860	8784	7182	290512	224	9259	20551
BATISCAN	19655	5354	26343	14765	60377	724	27901	59836
STE-ANNE	18179	3646	18531	6969	39895	447	18897	41178
JACQUES-CARTIER	20111	2002	9556	2465	47924	226	9585	21188
MONTMORENCY	4065	118	312	101	12678	14	336	720
RIVE SUD								
RICHELIEU	194275	20129	123039	79457	1927769	2475	87737	366293
YAMASKA	185096	27964	171077	215507	3289079	3514	134389	445609
ST-FRANCOIS	262993	25401	142797	93122	1736780	5092	142041	330220
NICOLET	81730	12777	84947	45806	911461	1842	84563	192509
BECANCOUR	77705	12905	82934	52231	607525	2208	74121	179932
CHAUDIÈRE	124542	22221	113048	136912	1064348	3772	71990	224541
ETCHEMIN	32246	5876	30022	75409	498640	709	25120	56094
DU SUD	27754	8531	41073	69648	430620	1127	32223	77610

TABLEAU 1.6 Répartition des cultures, engrais, pesticides et herbicides (1971)

BASSIN	PRINCIPALES CULTURES						ENGRAIS		pesticides superficie traitée	herbicides superficie traitée
	avoine	foin	maïs	pommes de terre	légumes	fruits	superficie traitée	quantité		
RIVE NORD	acres						acres	tonnes	acres	acres
L'ASSOMPTION	30997	65780	8129	3648	8370	211	43000	18034	12535	22712
MASKINONGE	8548	19611	752	218	85	34	4919	1163	702	2341
DU LOUP	6476	15620	398	32	27	23	3608	444	140	1230
ST-MAURICE	4854	13781	457	247	113	84	4053	848	359	1001
BATISCAN	12802	41573	1281	972	161	92	13796	2715	973	2635
STE-ANNE	9108	28191	865	962	112	85	10290	2409	1049	2135
JACQUES-CARTIER	4692	14299	419	586	249	58	5551	2050	796	1269
MONTMORENCY	159	435	3	6	48	14	105	178	41	34
RIVE SUD										
RICHELIEU	64556	184802	59210	3125	21226	6958	117469	43015	24044	85069
YAMASKA	79786	261145	61095	1349	10416	5517	136884	48200	19260	96164
ST-FRANCOIS	58811	235102	15052	1927	474	1392	100148	21933	4876	27229
NICOLET	34980	138295	7449	1181	250	360	74018	23121	2780	15197
BECANOUR	30892	134633	4353	1342	212	220	65650	15296	2160	10265
CHAUDIÈRE	46508	165444	1244	543	77	170	58031	9505	700	2320
ETCHEMIN	11964	39951	631	526	51	111	14111	3344	592	1132
DU SUD	18091	53600	653	536	64	419	17466	4273	732	1094

TABLEAU 1.7 Approvisionnement en eau dans le fleuve (12)

RIVE NORD			RIVE SUD		
Municipalité	Population desservie	Consommation moyenne journalière (MGI)*	Municipalité	Population desservie	Consommation moyenne journalière (MGI)*
1- Lavaltrie	1,261	0.095	1-Varennes (2)	1,300	1.2
2- Berthier-ville	4,300	2.3	2-Verchères	2,600	0.34
3- Ste-Foy (1)	80,000	6.54	3-Contrecoeur (village)	850	0.35
4- Sillery	14,068	2.97	4-Bécancour (3)	5,000	0.31
TOTAL	99,629	12.205	5-Saint-Romuald (4)	8,910	0.633
			6-Lévis	20,350	2.85
			7-Lauzon	12,500	2.4
			TOTAL	51,510	8.03
- NOMBRE TOTAL DE MUNICIPALITES TIRANT LEUR EAU DU FLEUVE:			11		
- AUTRES MUNICIPALITES DESSERVIES:			8		
- POPULATION TOTALE DESSERVIE:			151,139		
- CONSOMMATION MOYENNE JOURNALIERE TOTALE:			20.235 MGI*		

* millions de gallons impériaux

- (1) alimente Saint-Félix-de-Cap-Rouge, une partie de l'Ancienne-Lorette et une petite partie de la ville de Québec. La population et la consommation de ces municipalités sont incluses dans celles de Sainte-Foy
- (2) alimente Sainte-Julie
- (3) comprend les anciennes municipalités de Bécancour, Ste-Angèle et St-Grégoire qui ont été fusionnées pour former celle de Bécancour
- (4) alimente St-Jean-Chrysostôme et une petite partie de Lévis
- (5) alimente St-David et St-Louis-de-Pintendre

TABLEAU 1.8 Disposition des eaux usées des municipalités riveraines dans le fleuve (12)

TABLEAU 1.8 Disposition des eaux usées des municipalités riveraines dans le fleuve (12)								
RIVE NORD						RIVE SUD		
Municipalités	Population desservie	Emissaires*	Municipalités	Population desservie	Emissaires	Municipalités	Population desservie	Emissaires
Repentigny	20,000	11C 5S	Loretteville	12,500	BAEQM- OUEST	Varenes	4,650	5C 1S
St-Sulpice	60	1S	Montmorency	4,996	6C 2S	Verchères	3,200	1C
Lavaltrie (1)	1,261	1S	N.-D.-des- Laurentides	6,500	BAQM- OUEST	Contrecoeur P	3,800	1S
Berthierville	3,800	5C 1S	Orsainville	14,000	BAEQM- EST	Contrecoeur V	2,688	2S
Trois-Rivières	35,500	4C	Québec	210,000	7C	Tracy	6,000	4C
Trois-Rivières- Ouest	7,615	3S	St-Augustin- de-Desmaures	1,000	BAEQM- OUEST	Sorel	--	2C
Cap-de-la-Ma- deleine	8,000	2C				St-Joseph de- Sorel	3,300	3C
Donnacona	5,000	2S	St-Emile	2,792	BAEQM- OUEST	Ste-Croix	1,500	1S
Ancienne-Loret- te	9,300	BAEQM- OUEST (2)	Ste-Foy	70,000	4C	St-Nicolas	2,948	7S
Beauport	16,000	BAEQM- EST (3)	Ste-Thérèse- de-Lisieux	2,700	BAEQM- EST (5)	St-Romuald	6,525	4S
Charlesbourg	35,000	BAEQM- EST (2)	Sillery	19,968	8C	St-David	3,750	3C
Charlesbourg- Est	1,000	BAEQM- EST (4)	Ville de Vanier	10,500	vers Qué- bec	Lévis	16,600	4C
Courville	6,363	BAEQM- EST	Villeneuve	4,480	BAEQM EST	Lauzon	12,500	9C
Giffard	15,000	BAEQM- EST T.P.C.	St-Joachim	165	1C	SOUS-TOTAL	67,461	47 (31C 16S)
Lac St-Charles	2,146	BAEQM- OUEST	SOUS-TOTAL	525,646	67 (51C 16S)			
TOTAL RIVE NORD ET RIVE SUD DANS LE FLEUVE								
-NOMBRE DE MUNICIPALITES : 32								
-POPULATION TOTALE DESSERVIE : 594,907								
-NOMBRE TOTAL D'EMISSAIRES : 114								

* C Emissaire d'égoût combiné

S Emissaire d'égoût sanitaire

T.P. Trop plein

F.S. Fosse septique

(1) possède une usine d'épuration (stabilisation par contact - 0.216 MGIIJ)

(2) l'émissaire du collecteur BAEQM-OUEST se trouve dans la ville de Cap-Rouge C'est un émissaire sanitaire dont le diamètre est de 144 pouces.

(3) l'émissaire du collecteur BAEQM-EST est un sanitaire de 84 pouces se déversant dans les limites de la ville de Québec, à proximité du Parc Industriel

(4) via Giffard

(5) via Beauport.

TABLEAU 1.9 Disposition des eaux usées des municipalités riveraines dans les tributaires (12)							
RIVE NORD				RIVE SUD			
Municipalités	Population desservie	Emissaires*	Tributaires	Municipalités	Population desservie	Emissaires	Tributaires
Charlemagne	4,111	1C	L'Assomption	Tracy	4,000	4C	Richelieu
Repentigny	1,600	2C 1S	L'Assomption	Sorel	19,360	12C	Richelieu
Berthierville	—	1S	Bayonne	St-Nicolas	—	3S	Noailles
Louiseville	4,091	10C	Grande et Petite Rivière-du-Loup	St-Romuald	300	2S	Vire-Crêpes
Trois-Rivières	31,500	4C	St-Maurice	St-Romuald	1,000	1C	Etchemin
Cap-de-la-Madeleine	23,000	6C	St-Maurice	St-Romuald	300	2F.S.	A la Scie
Bélair (1)	5,500	1S	Lorette	Montmagny	9,100	4C 19S	du Sud du Sud
Québec	—	1S	St-Charles				
St-Félix-de-Cap-Rouge	5,000	1C 4S	Cap-Rouge				
Val-St-Michel	2,700	via Bélair	Lorette				
Beaupré	2,853	3S	Ste-Anne-du Nord				
SOUS-TOTAL	80,355	35 émissaires (24C 11S)		SOUS-TOTAL	34,060	42 (17C 23S) et 2 F.S.	
				TOTAL RIVE NORD ET RIVE SUD DANS LES TRIBUTAIRES			
				NOMBRE DE MUNICIPALITES : 16 POPULATION TOTALE DESSERVIE : 114,415 NOMBRE TOTAL D'EMISSAIRES : 77			

* C. émissaire d'égoût combiné
S émissaire d'égoût sanitaire
T.P. trop plein
F.S. fosse septique

(1) Traite ses eaux usées dans un étang d'oxydation

TABLEAU 1.10 Localisation des sites récréatifs (14, 15, 16, 19, 20)

LIEUX DE VILLEGIAIURE OU ZONES RECREATIVES	EQUIPEMENT RECREATIF						PARTICULARITES
	PLAGES		CAMPING NOMBRE D'UNITES	RESIDENCES SECONDAIRES (CHALETTS)	PONTS DE PLAISANCE	QUAIS	
	nombre	longueur totale (en pi.)					
RIVE NORD							
Repentigny	3	4,900	78	---	1	1	Pêche: perchaude, doré, brochet, achigan, anguille, barbotte, esturgeon. Régates annuelles et sports nautiques.
St-Sulpice	1	3,900	139	---	-	1	Lieux historiques classés.
Lanoraie	6	19,000	15	oui	-	1	Chasse aux canards. Maisons historiques.
Berthierville et St-Barthélémy	-	---	152	---	2	2	Golf. Bac pour île St-Ignace et Sorel.
Pointe-du-Lac	5	16,600	80	oui	-	-	Centre de villégiature. Panorama sur lac St-Pierre.
Île St-Quentin (Trois-Rivières)	1	---	86	---	1	-	Parc récréatif en milieu urbain. Site intéressant.
Champlain	1	---	25	oui	-	1	Chasse au canard et à l'outarde.
La Férade	-	---	23	---	-	-	Pêche au poulamon (petit poisson des chenaux) sous la glace; village de cabanes sur glace.
Grondines	-	---	--	oui	-	1	Chasse au canard et à l'outarde. Pêche. Vue superbe sur le fleuve. Lieux historiques classés.
Deschambault	-	---	172	---	-	1	Beau panorama sur le fleuve. Chasse au canard.
Cap Santé	1	---	12	---	-	1	Beau panorama. Site pittoresque sur une falaise.
Neuville	-	---	118	---	-	1	-----
St-Augustin	-	---	50	oui	-	-	-----
Cap-Rouge	1	---	--	oui	-	-	-----
St-Joachim	-	---	--	---	-	-	Centre écologique, réserve d'oties blanches; chasse contrôlée.
ILE D'ORLÉANS							
St-Jean	-	---	212	oui	-	1	Lieu de villégiature.
Ste-Pétronille (Beaulieu)	-	---	--	oui	1	1	Vue panoramique.
St-Laurent	2	---	40	oui	-	-	Lieu de villégiature.
St-François	2	---	90	oui	--	1	Chasse au canard et à l'oie.
RIVE SUD							
Verchères	1	16,000	144	oui	-	-	Station de villégiature. Lieu historique.
Iles de Verchères	2	3,400	--	---	-	-	Pêche et chasse; projet de réserve écologique.
Contrecoeur	2	3,850	--	---	-	-	Village historique et de villégiature. Chasse au canard et à l'outarde. 5 colonies de vacances pour enfants: les Grèves.
Sorel (région de)	5	25,550	140	---	5	2	Chasse au canard, à l'outarde et à la bécassine. Pêche: doré, perchaude, brochet, barbotte, etc...
Iles de Sorel	10	40,350	--	357	-	-	Chasse au canard et à l'outarde. Pêche: doré, perchaude, brochet, barbotte, etc...
Nicolet (Port St-François)	5	9,400	237	---	1	1	Chasse au canard et à l'outarde. Pêche: esturgeon, doré, brochet. Important centre de villégiature.
Deschailons-sur-St-Laurent	-	---	--	---	-	1	Centre de villégiature. Chasse et pêche.
Ste-Croix	-	---	136	---	-	-	-----
St-Antoine-de-Tilly	-	---	--	---	-	1	Pêche sur les battures.
St-Nicolas	1	---	38	---	-	-	Centre de villégiature très fréquenté.
Beaumont	-	---	360	---	-	-	Nombreuses vieilles maisons. Panorama magnifique.
St-Michel-de-Bellechasse	1	---	205	---	-	-	Centre de villégiature.
Berthier-sur-Mer	1	---	85	---	-	1	Centre de villégiature.

TABLEAU 1.11 Plages de la région de Québec (4)

MUNICIPALITE	PLAGE	LONGUEUR (en pieds)	QUALITE BACTERIOLOGIQUE			
			1968	1969	1970	1972
Berthier-sur-Mer	Plage Berthier		bonne	mauvaise	polluée	mauvaise
Saint-François (Ile d'Orléans)	Camping Bellevue			bonne		
Saint-François (Ile d'Orléans)	Quai Saint-François				polluée	polluée
Saint-Jean (Ile d'Orléans)	Parc Place Orléans			bonne	polluée	mauvaise
Saint-Jean (Ile d'Orléans)	Parc Ile d'Orléans			bonne	polluée	mauvaise
Saint-Romuald	Domaine Etchemin		médiocre	suspecte		
Saint-Romuald	Plage Garneau		polluée	polluée		
Saint-Gabriel-ouest	Plage Saint-Laurent			mauvaise		
Saint-Michel-de-Bellechasse	Plage Saint-Michel		bonne	mauvaise	mauvaise	mauvaise
Sillery	Plage Champlain		polluée	polluée		polluée
Sillery	Plage Texaco			polluée		
Sillery	Quai Frontenac			polluée		
Les Ecureuils	Quai des Ecureuils				polluée	polluée
Cap-Santé	Quai Cap-Santé				polluée	polluée
Deschambault	Quai de Deschambault				polluée	mauvaise

CLASSIFICATION DE LA QUALITE :

Catégorie A - Excellente qualité : 0 à 100 coliformes par 100 ml. Catégorie B - Bonne qualité: 101 à 500 coliformes par 100 ml.

Catégorie C - Qualité médiocre: 501 à 1000 coliformes par 100 ml. Catégorie D - Mauvaise qualité: 1001 à 2400 coliformes

Catégorie P - Polluée: plus de 2401 coliformes par 100 ml. par 100 ml.

TABLEAU 1.12 Trafic des marchandises dans les principaux ports en 1970 (24)

PORTS	TRAFIC MARITIME (TONNES)			TRAFIC COTIER (TONNES)			GRAND TOTAL
	Chargées	Déchargées	Total	Chargées	Déchargées	Total	
Donnacoona	7,920	---	7,920	---	---	---	7,920
Montréal	5,786,467	5,433,553	11,220,020	6,362,037	4,794,224	11,156,261	22,376,281
Contrecoeur	757,895	653,602	1,411,497	132,059	63,974	196,033	1,607,530
Québec	2,689,036	2,306,481	4,995,517	283,115	3,273,657	3,556,772	8,552,289
Sorel	2,466,405	617,261	3,083,666	11,856	3,718,295	3,730,151	6,813,817
Trois-Rivières	1,931,012	1,499,871	3,430,883	44,980	1,478,786	1,523,766	4,954,649

TABLEAU 1.13 Principales marchandises embarquées et débarquées dans les trois principaux ports 1969 (24)		
PORTS	MARCHANDISES	TONNAGE TOTAL DES CHARGEMENTS ET DES DECHARGEMENTS EN 1969
Montréal	Mazout	5,480,999
	Blé	2,012,969
	Essence	1,801,037
	Sucre brut	399,558
	Orge	392,657
Québec	Mazout	1,994,106
	Bois à pâte	904,678
	Blé	852,887
	Essence	813,355
	Maïs	514,238
Sorel	Minerai de titane	1,699,251
	Mazout	888,745
	Déchets et sous-produits	635,341
	Fonte en geuses	485,863
	Blé	305,955

TABLEAU 1.14 Contributions relatives des apports locaux au fleuve Saint-Laurent entre Varennes et Montmagny								
	Débit p ³ /s	%	Azote total tonnes/jour	%	Phosphore total tonnes/jour	%	DCO tonnes/jour	%
Fleuve (amont)	301,000	71.68	249	72.31	80	71.57	5519	51.21
Rivière des Prairies, des Mille-Iles et de l'Assomption	51,390	12.24	36	10.59	14	12.33	2010	18.65
Autres tributaires	67,385	16.05	50	14.51	17	14.75	3154	29.26
Emissaires	162	0.04	9	2.59	2	1.35	94	0.87
Fleuve (à Montmagny)	419,937	100	344	100	112	100	10777	100

TABLEAU 1.15 Apports théoriques en PHOSPHORE des principaux producteurs (1971)

TABLEAU 1.15 Apports théoriques en PHOSPHORE des principaux producteurs (1971)													
BASSIN		population humaine	bovins	porcs	poules et poulets	chevaux	avoine	foin	maïs	pommes de terre	légumes	fruits	TOTAL
apport unitaire lb/jour →		0.003	0.074	0.021	0.0015	0.051	ENGRAIS						
							0.084	0.081	0.12	0.203	0.104	0.06	
Rive nord	L'ASSOMPTION	306	3259	2201	3588	93	825	1699	309	235	276	4	12795
	MASKINONGE	37	957	414	702	11	110	245	13	6	1	0	2496
	DU LOUP	42	772	403	560	9	81	191	7	1	0	0	2066
	ST-MAURICE	557	650	150	435	11	80	221	10	9	2	1	2126
	BATISCAN	60	1949	310	90	36	247	780	35	45	3	1	3556
	STE-ANNE	56	1371	146	59	22	190	573	25	48	2	1	2493
	JACQUES-CARTIER	62	707	51	71	11	103	304	13	31	6	1	1360
	MONTMORENCY	12	23	2	19	0	2	5	0	0	0	0	63
Rive Sud	RICHELIEU	602	9104	1668	2891	126	1735	4822	2273	203	708	141	24273
	YAMASKA	573	12659	4525	4933	179	2054	6527	2247	84	333	107	34221
	ST-FRANCOIS	815	10566	1955	2605	259	1495	5801	546	118	14	26	24200
	NICOLET	253	6286	961	1367	93	1127	4326	343	92	10	8	14866
	BECANCOUR	240	6137	1096	911	112	944	3997	190	99	8	5	13739
	CHAUDIÈRE	386	8365	2875	1596	192	1007	3479	38	28	2	2	17970
	ETCHEMIN	99	2221	1583	747	36	252	817	19	27	1	1	5803
	DU SUD	86	3039	1462	645	57	341	981	17	24	1	6	6659

TABLEAU 1.16 Apports théoriques en AZOTE des principaux producteurs (1971)

Bassin	population humaine	bovins	porcs	poules et poulets	chevaux	avoine	foin	maïs	pommes de terre	légumes	fruits	TOTAL	
													apport unitaire lb/jour →
								ENGRAIS					
Rive nord	L'ASSOMPTION	2961	18149	7234	10527	639	404	2861	919	254	364	2	44314
	MASKINONGE	359	5330	1362	2059	79	53	412	41	7	1	0	9703
	DU LOUP	410	4301	1325	1643	62	40	322	21	1	0	0	8125
	ST-AURICE	5393	3619	495	1278	78	39	372	32	10	3	0	11319
	BATISCAN	589	10853	1018	265	253	121	1313	105	49	5	0	14571
	STE-ANNE	545	7634	480	175	156	93	965	77	52	3	0	10180
	JACQUES-CARTIER	603	3937	170	210	79	50	513	39	33	9	0	5643
	MONTMORENCY	121	128	6	55	4	0	8	0	0	0	0	322
Rive sud	RICHELIEU	5828	50692	5482	8482	866	850	8118	6763	219	932	67	88299
	YAMASKA	5552	70483	14869	14471	1229	1007	10989	6684	90	438	51	125863
	ST-FRANCOIS	7889	58832	6425	7641	1782	733	9767	1625	128	19	12	94853
	NICOLET	2451	34998	3160	4010	644	552	7284	1020	99	13	4	54285
	BECANOUR	2331	34168	3608	2673	772	463	6729	565	107	10	2	51423
	CHAUDIERE	3736	46575	9446	4683	1320	493	5857	114	30	2	1	72257
	ETCHEMIN	967	12369	5203	2194	248	123	1376	56	29	1	0	22566
	DU SUD	832	16922	4805	1894	394	167	1652	52	26	2	2	26748

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- CENTREAU. (1974).
"Etude du fleuve Saint-Laurent, tronçon Varennes-Montmagny - Hydrologie du bassin". Rapport général, 145 p., 2 annexes (Annexe "A", annexe "B").
- 2- VILLENEUVE, G.O. (1966).
"Sommaire climatique du Québec". Volume 1. Bul. M-24. Service de la Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec, 168 p.
- 3- MASSIN, B. (1972).
"Les zones agroclimatiques du Québec". Service de la Météorologie, ministère des Richesses naturelles.
- 4- LES SERVICES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET ENVIROLAB INC. (1974).
"Etude fleuve Saint-Laurent, tronçon Varennes-Montmagny - Qualité des Eaux". 256 p.
- 5- STATISTIQUE CANADA.
"Recensement du Canada 1971". Population. Divisions et subdivisions de recensement (Québec). Cat. 92-705, Vol. 1.
- 6- DESMEULES, J. (1974).
"La répartition de la population du Québec en régions hydrographiques et bassins versants au 1er juin 1971". Service des Relevés, ministère des Richesses naturelles, 135 p.
- 7- STATISTIQUE CANADA
"Recensement annuel des manufactures 1971". Industries manufacturières - Répartition géographique. Cat. no. 31-209-P-1.
- 8- GIRARD, J. (1970).
"Géographie de l'industrie manufacturière du Québec". Ministère de l'Industrie et du Commerce.
- 9- SCOTT'S
"Répertoire Industriel du Québec 1971-72". Publications Penstock Ltée .
- 10- LABORATOIRE DE GENIE SANITAIRE DU QUEBEC INC. (1974).
"Etude du fleuve Saint-Laurent, tronçon Varennes-Montmagny. Effluents urbains". p.m.
- 11- STATISTIQUE CANADA
"Recensement du Canada 1971". Agriculture Québec. Cat. 96-706, Vol. IV.

- 12- LALONDE, VALOIS, LAMARRE, VALOIS et ASSOCIES. (1974).
"Etude du fleuve Saint-Laurent, tronçon Cornwall-Montmagny. Inventaire des Equipements en eau et Relevés Industriels". 4 volumes.
- 13- INVENTAIRE DES TERRES DU CANADA
"Possibilités des Terres pour la Récréation". Cartes: 21 L, K; 31 H; 21 I (préliminaire).
- 14- MINISTERE DU TOURISME, DE LA CHASSE ET DE LA PECHE. (1972).
Direction Générale du Tourisme. "Bas Saint-Laurent - Gaspésie; - Sud du Québec; - Route 2 (Montréal-Québec) et Mauricie; - Beaupré - Charlevoix-Côte Nord".
- 15- MINISTERE DU TOURISME, DE LA CHASSE ET DE LA PECHE. (1972).
Direction Générale du Tourisme. "Camping Québec".
- 16- MINISTERE DU TOURISME, DE LA CHASSE ET DE LA PECHE. (1973).
Direction Générale du Tourisme. "Navigation de Plaisance".
- 17- DE KONINCK, R. (1970).
"Les Cent-Iles du lac Saint-Pierre". Les Presses de l'Université Laval.
- 18- FEDERATION QUEBECOISE DE LA FAUNE. (1971).
"Un fleuve, un parc". 11 volumes.
- 19- MINISTERE DU TOURISME, DE LA CHASSE ET DE LA PECHE. (1971).
"Fleuve Saint-Laurent, Frontière Québec-Ontario à Trois-Rivières. Prospectives riveraines". Livre 3. Récréation. Québec.
- 20- MINISTERE DU TOURISME, DE LA CHASSE ET DE LA PECHE - QUEBEC.
"Equipements et Ressources Touristiques". Cartes: 31 H; 31 L; 21 M. Service de la Recherche.
- 21- ROUSSEAU, J. (1967).
"Pour une esquisse biogéographique du Saint-Laurent". in: Cahiers de Géographie de Québec, no. 23.
- 22- INVENTAIRE DES TERRES DU CANADA.
"Possibilités des Terres pour la Faune-Sauvagine". Cartes: 21 L, K; 31 I; 31H.
- 23- CAZALIS, P. (1967).
"Le Saint-Laurent, facteur de localisation industrielle". in: Cahiers de Géographie de Québec, no. 23.
- 24- STATISTIQUE CANADA.
Transport Maritime. Partie II: Transport maritime international par port (54-203). Partie III: Navigation Nationale (54-204).

- 25- CENTREAU. (1974).
"Etude du fleuve Saint-Laurent, tronçon Varennes-Montmagny. - Aspects physiques et sédimentologiques". 266 p.
- 26- LES SERVICES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT. (1974).
"Etude du fleuve Saint-Laurent, tronçon Varennes-Montmagny. - Qualité des eaux, répertoire des résultats d'analyse".
- 27- MINISTERE DES RICHESSES NATURELLES.
"Réseau hydrométrique de base du Québec". Ministère des Richesses naturelles, Québec.
- 28- INRS-EAU. (1974).
"Compilation de certains rejets industriels effectuée à partir de la littérature: bilan des polluants". Rapport technique No 47, 246 p.
- 29- INRS-EAU. (1974).
"Planification de l'acquisition des données de qualité de l'eau au Québec. TOME 4: Utilisation du territoire d'un bassin et modèle d'apports". Rapport technique No 35, 135 p. (Pour le ministère des Richesses naturelles, Québec).

CHAPITRE 2

QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU

2. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU

Entre Varennes et Montmagny, le fleuve reçoit les eaux de 25 tributaires et de plus de 300 émissaires d'égouts (1) sanitaires ou combinés (si on inclut les émissaires de la région de Montréal, lesquels influencent le tronçon Varennes-Montmagny) (voir Figure 4 à annexe cartographique). On peut affirmer que le fleuve Saint-Laurent sert à la disposition des eaux usées de tous les villages et villes situés près de ses rives, ce qui correspond à une population de plus de 3,000,000 de personnes. De ces effluents urbains, très peu sont traités.

Les eaux des effluents urbains et des tributaires du Saint-Laurent possèdent des caractéristiques physico-chimiques fort différentes de celles du Saint-Laurent. De plus, il a été démontré que les tributaires ne se mélangent en général à l'eau du fleuve que bien en aval des points de confluence (2,3). On peut facilement montrer que la stratification transversale observée pour les tributaires s'applique également aux déversements d'eaux usées. Cet écoulement presque latéral des eaux amène inévitablement des problèmes ripariens attribuables aux tributaires de moins bonne qualité ainsi qu'aux effluents urbains. En effet, les zones influencées sont souvent celles qui sont ou pourraient être utilisées pour l'alimentation en eau, la récréation, etc..

Suite aux études commandées par le Comité Canada-Québec pour l'étude du Saint-Laurent, on possède maintenant des données physico-chimiques de la qualité de l'eau:

- du fleuve (2,3,4,5);
- des tributaires (2,3,6);
- de 50 émissaires d'égouts de la région de Montréal (7);
- de 15 émissaires d'égouts répartis dans les régions de Sorel, Trois-Rivières, Québec et Lévis (8).

Les données physico-chimiques ont été regroupées aux Tableaux 2.1 à 2.3, pour quelques sections transversales typiques du fleuve localisées:

- à Varennes (millage 174.0 - 174.1);
- à l'entrée du lac Saint-Pierre (millage 216.5);
- à la sortie du lac Saint-Pierre (millage 231.9);
- à Québec (millage 311.7).

On rapporte dans ce tableau les valeurs moyennes pour la section transversale, les écart-types et le nombre de mesures qui ont permis d'effectuer le calcul.

Nous tenterons d'expliquer la qualité physico-chimique du fleuve ainsi que ses variations spatiales et temporelles à partir des données disponibles et de ces tableaux.

2.1 Paramètres liés à la minéralisation

Le degré de minéralisation d'une eau de surface dépend de plusieurs facteurs (9) comme: i) la nature du terrain drainé; ii) le climat (température et précipitations); iii) le relief du bassin; iv) la végétation. Pour de faibles différences dans les trois derniers facteurs, on s'attend à une certaine relation, au moins qualitative, entre la composition minérale d'une eau et celle des minéraux solides avec lesquels l'eau fut en contact. On ne doit cependant pas s'attendre à une relation très nette, puisque les roches sont un assemblage complexe de minéraux qui n'ont pas tous la même solubilité dans l'eau. Dans certains cas, des composants des roches peuvent contribuer fortement à la charge minérale d'une eau. De plus, la pureté et la dimension des cristaux des minéraux, ainsi que la texture, la porosité et le degré de fracture des roches, sont des facteurs à considérer.

Les eaux de surface qui proviennent de bassins où les roches ignées sont importantes, ont en général de faibles concentrations de solides dissous parce que l'altération des roches ignées est lente (10). De plus, la majorité de ces roches sont peu perméables, ce qui limite les surfaces exposées à l'eau. Les roches sédimentaires, plus poreuses que les roches ignées, présentent une plus grande surface de contact avec l'eau. La vitesse d'altération chimique de ces dernières, surtout des calcaires (10), est également plus rapide que celle des roches ignées. Les minéraux des roches sédimentaires, en particulier ceux des précipités et évaporites, sont aussi plus solubles que ceux qui composent les roches ignées. Pour toutes ces raisons, on observe qu'une eau qui provient des bassins des roches sédimentaires est assez fortement minéralisée. Les roches métamorphiques quant à elles peuvent être modifiées à différents degrés. C'est pourquoi il est difficile de faire des généralisations quant à la minéralisation de l'eau qui résultera de l'altération chimique de ces roches. Moins perméables que les roches sédimentaires, leur surface de contact avec l'eau est donc limitée.

Au Tableau 2.4 sont présentées quelques caractéristiques de minéralisation du Saint-Laurent et de quelques-uns de ses tributaires.

Le bassin des Grands Lacs est situé en partie dans le bouclier canadien (partie nord) et en partie dans les basses-terres du Saint-Laurent. Cette dernière partie du bassin contient beaucoup de roches d'origine sédimentaire, dont des calcaires, ainsi que des sédiments non consolidés. C'est une cause de la minéralisation plus élevée du Saint-Laurent que celle des tributaires. Le temps de contact entre l'eau et les sédiments est également long dans le système des Grands Lacs (temps de renouvellement de plusieurs centaines d'années) ce qui favorise jusqu'à un certain point une plus forte minéralisation.

Le bassin du Saint-Maurice est situé dans le bouclier canadien. On y retrouve surtout des roches ignées (gabbro et métagabbro) et des roches métamorphiques (gneiss et quartzite), d'où sa très faible minéralisation.

La rivière des Outaouais draine un bassin composé surtout de roches métamorphiques (gneiss, quartzite) et d'un peu de roches d'origine sédimentaire, comme des calcaires, dolomie et grès.

Les bassins des rivières Richelieu et Yamaska font partie des basses terres. On y retrouve évidemment beaucoup de roches sédimentaires, comme des schistes argileux et des grès. Le bassin de la Yamaska contient également un peu de calcaire et de schiste argileux calcaireux.

Dans nos discussions, nous n'avons pas tenu compte des dépôts meubles qui sont probablement importants dans l'explication de la minéralisation des rivières Yamaska et Richelieu. Les données géologiques sur ces dépôts sont cependant difficiles à interpréter.

Les activités humaines dans le bassin peuvent également influencer la minéralisation d'une eau. Ainsi, les sels utilisés pour déglacer les routes peuvent constituer des apports ioniques non-négligeables, notamment en chlorures; ces apports influenceront évidemment la conductivité.

La minéralisation de l'eau des tributaires est toujours inférieure (2,3) à celle du Saint-Laurent à sa sortie des Grands Lacs. De plus, elle est généralement plus faible pour les tributaires de la rive nord que ceux de la rive sud. Ces observations s'expliquent qualitativement en faisant intervenir des considérations géologiques, les activités humaines dans le bassin, ainsi que le temps de séjour de l'eau dans le bassin. L'action des tributaires est évidemment de diminuer la minéralisation du fleuve de l'amont à l'aval, comme le montre la Figure 2.4. Cette dilution est aussi observée pour les paramètres individuels (Ca^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- etc) de minéralisation mesurés.

Les rivières Outaouais et Saint-Maurice, très peu chargées (voir Tableau 2.1), sont les principales responsables de cette diminution puisque leur débit moyen représente environ 70% du débit total moyen des tributaires. Les grands écarts entre la courbe de la Figure 2.4 et certains points s'expliquent par un mauvais mélange des eaux des tributaires avec celles du fleuve; le chenal de navigation longe à certains endroits l'une ou l'autre des rives.

Si les tributaires influencent la minéralisation de l'eau du fleuve, il n'en va pas de même des émissaires d'égouts. On a en effet calculé (11) que des émissaires desservant 66% de la population de Montréal transportent moins de 2% de la charge dissoute en éléments véhiculés par le fleuve. Ces émissaires n'ont cependant pas été échantillonnés en des périodes où on fait usage de sels pour déglacer les rues. Il est probable qu'en ces périodes ou lors de la fonte de neige l'apport des émissaires soit plus important en ions majeurs.

Aux Tableaux 2.1 à 2.3, on observe, pour les paramètres liés à la minéralisation, des écarts types assez importants, ce qui est une indication d'une stratification transversale importante pour ces paramètres. La conductivité a d'ailleurs été utilisée comme traceur pour l'étude des mélanges des tributaires, ce qui a permis de tracer les cartes isoparamétriques (3). Les variations temporelles de ces paramètres doivent être attribuées surtout aux variations de débit des tributaires, plus importantes que celles du Saint-Laurent.

2.2 Substances nutritives

Parmi les nombreux éléments nécessaires à la productivité biologique, l'azote et le phosphore sont les plus souvent étudiés dans le milieu aquatique parce qu'ils sont, l'un ou l'autre, la plupart du temps des facteurs limitants de la productivité primaire. Ce sont aussi les éléments (surtout le phosphore) sur lesquels on peut facilement agir pour empêcher ou réduire l'eutrophisation des eaux naturelles. Les quantités d'azote et de

phosphore qu'on retrouve dans le milieu aquatique proviennent de différentes sources: émissaires d'égouts (urine et excréments, détergents, restes de nourriture, industries, drainage urbain, infiltration), drainage agricole (cultures, pâturages, fermes d'élevage), pluie, retombées sèches, traitement d'eau, fixation de l'azote, origine naturelle (drainage des forêts, oiseaux aquatiques, érosion).

Les données disponibles actuellement pour le Saint-Laurent ne permettent pas de fixer l'importance des sources individuelles. On peut cependant évaluer, de façon approximative, l'importance globale des apports en phosphore et azote par les émissaires d'égouts et les tributaires (voir Tableau 2.5). Les substances nutritives retrouvées dans les émissaires d'égouts étudiés proviennent de l'activité humaine et industrielle (surtout dans la région de Montréal). Dans les tributaires, elles proviennent, dépendant des activités dans les bassins, de plusieurs sources dont les principales sont la disposition des eaux usées, le drainage agricole et l'activité industrielle (p.e., la rivière des Outaouais). Malheureusement, comme on peut le constater au Tableau 2.5, les mesures des différentes formes d'azote et de phosphore ne sont pas toujours complètes et compatibles entre elles. Dans quelques cas, ces déterminations n'ont été effectuées que sur la phase solution et on peut montrer qu'on sous-estime alors de beaucoup les apports en azote et phosphore. On néglige ainsi les différentes formes d'azote et de phosphore qui se trouvent soit liés (adsorbés), soit incorporés (biomasse vivante, détritus organiques, matrice cristalline) au matériel en suspension. D'après Painter (12), 62% de l'azote organique est en suspension dans les émissaires d'égouts municipaux. Pour le phosphore, Rigler (13) a mesuré la distribution suivante dans des lacs:

60 - 75% sous forme de phosphore organique et inorganique en suspension;

15 - 30% sous forme de phosphore organique en solution;

10% sous forme de phosphore inorganique en solution.

Il devient donc évident que les bilans en azote et phosphore calculés pour les émissaires et tributaires (Tableau 2.5) sont sous-estimés. On peut néanmoins affirmer que:

- les émissaires d'égouts déversés entre la sortie du lac Saint-François et Québec augmentent de plus de 29% en azote et 59% en phosphore la charge véhiculée par le fleuve à sa sortie du lac Saint-François;
- les tributaires augmentent la charge du fleuve à sa sortie du lac Saint-François de plus de 85% en azote et 72% en phosphore. De ces tributaires, la rivière des Outaouais représente de loin la plus importante contribution.

Il est impossible d'évaluer, à partir des données physico-chimiques existantes, la productivité primaire résultant de ces apports importants des tributaires et émissaires d'égouts. De plus, à notre connaissance, on n'a pas tenté de dénombrer de façon systématique les algues ou plantes aquatiques, ni de mesurer le potentiel de fertilité des eaux du fleuve, même si les concentrations en azote et phosphore sont potentiellement suffisantes pour amener une productivité primaire importante (15). On sait également qu'il existe, dans le Saint-Laurent, des zones peu profondes à débit assez lent (notamment dans le lac Saint-Pierre) qui sont propices au développement d'hydrophytes.

Les concentrations des différentes formes d'azote et de phosphore varient beaucoup à l'intérieur d'une même section transversale (voir les écarts types importants dans les Tableaux 2.1 à 2.3), ce qui indique une stratification transversale importante due au mauvais mélange des émissaires d'égouts et de tributaires. En un endroit donné, ces concentrations changent en fonction du temps (3,5), probablement à cause des apports variables des émissaires d'égouts (7,8) et des tributaires et également à cause des variations dans les vitesses de réaction.

2.3 Paramètres liés à l'oxygénation

Les émissaires d'égouts et les tributaires représentent des apports importants en DBO_5 et en DCO. Les émissaires de Québec, Lévis, Trois-Rivières et Sorel représentent (8) des apports de l'ordre de 45 tonnes métriques de DBO_5/j et de 95 tonnes métriques de DCO/j. La contribution des émissaires de Montréal n'a cependant pas été mesurée (7). Les tributaires*, pour leur part, contribuent pour environ 545 tonnes métriques de DBO_5/j et 7,300 tonnes métriques de DCO/j (3,14). La rivière des Outaouais constitue l'apport le plus important avec 275 et 5,000 tonnes métriques par jour respectivement de DBO_5 et de DCO.

Malgré ces apports importants en matières qui consomment de l'oxygène dissous, on observe partout dans le fleuve entre Varennes et Montmagny, des concentrations assez près du point de saturation de l'eau en oxygène. En quelques endroits, on observe même une légère sursaturation.

2.4 Paramètres bactériologiques

Les paramètres bactériologiques mesurés dans les eaux du fleuve (2,5) comprennent les nombres, par 100 ml, de coliformes totaux, de coliformes fécaux, ainsi que de streptocoques fécaux. Celui le plus souvent mesuré est cependant le nombre de coliformes totaux. La présence de ces bactéries est une "indication" de contamination par la matière fécale, même si le groupe coliforme inclut aussi des bactéries non fécales.

* Sauf les rivières à la Guerre, Saint-Louis, Chateauguay, Saint-Régis de la Tortue, Saint-Lambert, Saint-Charles, au Saumon, des Mille-Iles, des Prairies, Beaudet, Rouge, Delisle. Pour la rivière des Outaouais, les concentrations utilisées sont $DBO_5 = 1.6 \text{ mg/l}$ et $DCO = 29 \text{ mg/l}$, telles que mesurés le 20 juillet 1970 (14) à la centrale de Carillon. A cette même date, le débit de la rivière était de $70,500 \text{ pi}^3/\text{sec}$.

Les tributaires et, évidemment, les émissaires d'égouts véhiculent en grand nombre ces bactéries. De façon globale, Montréal et sa région aval sont les plus touchées par la pollution bactériologique à cause de l'importance des déversements d'eau usée dans la région (voir Figure 2.5).

Il est normal que le nombre de coliformes diminue en fonction de la distance vers l'aval de Montréal. La viabilité de ces bactéries dépend en effet de facteurs comme leur capacité de s'adapter à une dilution de leur substrats, leur capacité à former des spores ainsi que de certains paramètres physico-chimiques de l'eau comme le pH, le potentiel rédox et la température. La différence entre les deux courbes de la Figure 2.5 peut probablement être attribuée à la différence de température de l'eau.

Comme les eaux des émissaires et tributaires longent les rives, il en résulte une pollution bactérienne plus grande près des rives. Parmi les régions ripariennes les plus touchées, citons, sur la rive nord, le port de Montréal et l'aval de Montréal (région de Repentigny) et sur la rive sud, la région aval de Longueuil. Toutes les plages le long des rives du fleuve sont classées comme polluées par les Services de la Qualité de l'Environnement du Québec (16,17), l'eau contenant plus de 1,000 coliformes/100 ml. Les émissaires d'égouts non traités sont la cause principale de cette pollution. On trouve également sur les plages mêmes des sources de pollution bactériologique (p.e., des installation septiques non conformes aux normes).

TABLEAU 2.1 Qualité générale de l'eau (région de Varennes). Pour chaque paramètre, on trouve la moyenne, l'écart type et, entre parenthèses, le nombre de mesures qui ont permis d'effectuer les calculs. Les données de base utilisées proviennent des Services de Protection de l'Environnement (3).

PARAMETRE	Section transversale au millage 174.0 et 174.1		
	date: 17/05	date: 13/06	date: 16/07
PHYSIQUE:			
- pH	8.0 ± .4 (6)	8.2 ± .3 (13)	7.8 ± .4 (13)
- couleur (unités)	12.6 ± 10.8 (8)	17.3 ± 12.8 (13)	24.2 ± 13.0 (13)
- turbidité (unités)	6.1 ± 5.3 (8)	4.5 ± 3.9 (13)	4.9 ± 1.2 (13)
- solides totaux (mg/l)	131.7 ± 57.8 (6)	—	—
MINERALISATION:			
- conductivité (µmhos/cm)	224.9 ± 87.6 (8)	262.1 ± 100.3 (13)	219.8 ± 103.9 (13)
- alcalinité (mg/l CaCO ₃)	63.0 ± 29.7 (6)	67.8 ± 26.4 (13)	60.2 ± 29.2 (13)
- dureté (mg/l CaCO ₃)	94.0 ± 41.6 (6)	102.0 ± 40.8 (13)	95.5 ± 44.9 (13)
- Cl (mg/l)	15.4 ± 7.0 (8)	18.8 ± 8.6 (13)	19.5 ± 9.8 (13)
FERTILISANTS:			
- NH ₄ (mg/l N)	0.16 ± .17 (8)	0.05 ± .03 (13)	0.07 ± .03 (13)
- NO ₂ (mg/l N)	0.07 ± .01 (8)	0.09 ± .04 (13)	0.11 ± .01 (13)
- NO ₃ (mg/l N)	—	0.16 ± .06 (13)	0.23 ± .23 (13)
- N organique	—	0.17 ± .04 (13)	0.21 ± .03 (13)
- o-PO ₄ (mg/l P)	0.14 ± .22 (8)	0.08 ± .08 (13)	0.05 ± .03 (13)
- P hydrolysable (mg/l P)	0.17 ± .24 (8)	0.09 ± .08 (13)	0.05 ± .03 (13)
- P _T (mg/l P)	—	—	0.10 ± .03 (13)
OXYGENATION:			
- % saturation	—	87.8 ± 9.0 (9)	86.8 ± 3.5 (13)
- DBO (mg/l)	0.80 ± .23 (6)	2.00 ± .55 (9)	—
- DCO (mg/l)	10.5 ± 3.3 (8)	12.9 ± 2.3 (13)	12.0 ± 1.7 (13)
BACTERIOLOGIE:			
- coliformes (N/100 ml)	6692 ± 5964 (16)	—	32211 ± 33360 (9)
- coliformes fécaux (N/100ml)	—	—	3007 ± 2170 (7)
- streptocoques fécaux (N/100ml)	—	—	104 ± 124 (9)

TABLEAU 2.2 Qualité générale de l'eau (région du lac Saint-Pierre) Pour chaque paramètre, on trouve la moyenne, l'écart type et, entre parenthèses, le nombre de mesures qui ont permis d'effectuer les calculs. Les données de base utilisées proviennent des Services de Protection de l'Environnement (3).

PARAMETRE	Section transversale au millage 216.5			Section transversale au millage 231.9		
	date: 17/05	date: 13/06	date: 17/07	date: 17/05	date: 13/06	date: 17/07
PHYSIQUE:						
- pH	8.1 ± .2 (5)	8.2 ± .1 (7)	7.9 ± .2 (13)	8.0 ± .2 (13)	8.0 ± .3 (4)	8.0 ± .1 (10)
- couleur (unités)	10.1 ± 8.3 (14)	15.3 ± 10.2 (14)	22.5 ± 12.3 (13)	15.0 ± 9.4 (10)	11.8 ± 3.5 (10)	20.5 ± 6.7 (10)
- turbidité (unités)	6.9 ± 3.4 (14)	2.9 ± 2.3 (14)	6.7 ± 1.4 (13)	7.3 ± 3.7 (10)	2.2 ± .8 (10)	5.6 ± 2.6 (10)
- solides totaux (mg/l)	142.2 ± 37.3 (9)	—	—	140.6 ± 31.3 (8)	—	—
MINERALISATION:						
- conductivité (µmhos/cm)	237.6 ± 52.3 (14)	258.8 ± 34.7 (14)	265.5 ± 46.5 (11)	223.0 ± 53.2 (10)	269.5 ± 27.1 (10)	275.4 ± 30.3 (9)
- alcalinité (mg/l CaCO ₃)	69.0 ± 14.1 (5)	72.0 ± 9.5 (7)	72.0 ± 11.2 (13)	54.0 ± 18.6 (4)	70.3 ± 13.3 (3)	74.3 ± 8.0 (10)
- dureté (mg/l CaCO ₃)	105.8 ± 21.1 (5)	105.9 ± 17.2 (7)	112.5 ± 20.2 (11)	82.8 ± 26.7 (4)	107.7 ± 19.6 (3)	118.2 ± 12.3 (9)
- Cl (mg/l)	15.6 ± 4.3 (12)	21.2 ± 3.4 (14)	22.5 ± 5.4 (11)	—	22.2 ± 2.7 (10)	23.8 ± 2.9 (9)
FERTILISANTS:						
- NH ₄ (mg/l N)	0.12 ± .08 (12)	0.04 ± .2 (14)	0.05 ± .02 (13)	0.08 ± .06 (7)	0.03 ± .01 (10)	0.04 ± .01 (10)
- NO ₂ (mg/l N)	0.09 ± .01 (14)	0.08 ± .02 (14)	0.19 ± .01 (13)	0.10 ± .01 (10)	0.07 ± .01 (10)	0.19 ± .01 (10)
- NO ₃ (mg/l N)	—	0.14 ± .02 (14)	0.18 ± .04 (13)	—	0.13 ± .01 (10)	0.15 ± .02 (10)
- N organique	—	0.12 ± .07 (14)	0.17 ± .07 (13)	—	0.11 ± .04 (10)	0.17 ± .05 (10)
- o-PO ₄ (mg/l P)	.03 ± .02 (14)	0.07 ± .04 (14)	0.05 ± .02 (13)	0.03 ± .02 (10)	0.05 ± .03 (10)	0.04 ± .01 (10)
- P hydrolysable (mg/l P)	.04 ± .03 (14)	0.07 ± .04 (14)	0.05 ± .02 (13)	0.03 ± .02 (10)	0.05 ± .03 (10)	0.04 ± .02 (8)
- P _T (mg/l P)	—	—	0.12 ± .02 (13)	—	—	0.08 ± .02 (10)
OXYGENATION:						
- % saturation	—	—	83.1 ± 5.3 (13)	—	95.8 ± 4.4 (5)	90.2 ± 3.0 (9)
- DBO (mg/l)	0.88 ± .30 (5)	1.64 ± .41 (7)	—	0.95 ± .30 (4)	1.93 ± .78 (3)	—
- DCO (mg/l)	11.0 ± 2.4 (14)	12.0 ± 3.2 (13)	7.4 ± 2.2 (13)	10.8 ± 2.2 (10)	12.0 ± 2.4 (10)	7.9 ± 1.1 (10)
BACTERIOLOGIE:						
- coliformes (N/100 ml)	2967 ± 493 (3)	—	5807 ± 2458 (6)	3200 ± 566 (2)	—	2160 ± 2880 (3)
- coliformes fécaux (N/100ml)	—	—	207 ± 141 (6)	—	—	110 ± 150 (2)
- streptocoques fécaux (N/100ml)	—	—	3 ± 1 (4)	—	—	—

TABLEAU 2.3 Qualité générale de l'eau (région de Québec). Pour chaque paramètre, on trouve la moyenne, l'écart type et, entre parenthèses, le nombre de mesures qui ont permis d'effectuer les calculs. Les données de base utilisés proviennent des Services de Protection de l'Environnement (3).

PARAMETRE	Section transversale au millage 311.7		
	date: 16/05	date: 13/06	date: 18/07
PHYSIQUE:			
- pH	8.0 ± .2 (3)	8.1 ± .2 (8)	8.0 ± .1 (25)
- couleur (unités)	23.3 ± 6.5 (9)	19.4 ± 4.6 (8)	17.2 ± 3.0 (25)
- turbidité (unités)	13.2 ± 5.8 (9)	3.2 ± 1.8 (8)	3.7 ± 1.1 (25)
- solides totaux (mg/l)	142.0 ± 22.0 (5)	—	—
MINERALISATION:			
- conductivité (µmhos/cm)	211.3 ± 35.3 (9)	241.8 ± 39.6 (8)	269.4 ± 8.3 (24)
- alcalinité (mg/l CaCO ₃)	55.0 ± 10.0 (3)	64.8 ± 12.0 (8)	68.2 ± 2.4 (25)
- dureté (mg/l CaCO ₃)	87.0 ± 16.6 (3)	97.6 ± 17.1 (8)	109.9 ± 4.2 (24)
- Cl (mg/l)	12.8 ± 2.2 (9)	18.1 ± 3.4 (8)	22.0 ± 1.4 (24)
FERTILISANTS:			
- NH ₄ (mg/l N)	0.05 ± 0.03 (9)	0.04 ± .03 (6)	0.03 ± .00 (24)
- NO ₂ (mg/l N)	0.12 ± .01 (9)	0.07 ± .00 (7)	0.10 ± .01 (24)
- NO ₃ (mg/l N)	0.19 ± .02 (9)	0.09 ± .03 (7)	0.12 ± .02 (24)
- N organique	—	0.13 ± .02 (6)	0.26 ± .03 (24)
- o-PO ₄ (mg/l P)	0.03 ± .01 (9)	0.05 ± .04 (7)	0.06 ± .01 (24)
- P hydrolysable (mg/l P)	0.03 ± .01 (9)	0.06 ± .05 (7)	0.06 ± .01 (24)
- P _T (mg/l P)	—	—	0.21 ± .05 (23)
OXYGENATION:			
- % saturation	—	—	88.7 ± 1.4 (7)
- DBO (mg/l)	1.40 ± .17 (3)	2.05 ± .35 (2)	—
- DCO (mg/l)	13.3 ± 1.1 (9)	11.0 ± 3.2 (7)	11.1 ± .61 (24)
BACTERIOLOGIE:			
- coliformes (N/100 ml)	2083 ± 870 (3)	2235 ± 765 (7)	2724 ± 1614 (8)
- coliformes fécaux (N/100 ml)	—	66 ± 21 (7)	141 ± 98 (8)
- streptocoques fécaux (N/100 ml)	—	—	—

TABLEAU 2.4 Minéralisation du fleuve et de quelques tributaires

PARAMETRE	St-Laurent (sortie lac St-François) (3)	Yamaska (3)	Richelieu (3)	Outaouais (6)	St-Maurice (3)
Conductivité (μ mhos/cm)	330	260	150	70	38
Alcalinité (mg/l CaCO_3)	90	75	50	18	9
Dureté (mg/l CaCO_3)	130	100	72	28	12
Calcium (mg/l)	37	38	26	--	4
Sulfates (mg/l)	29	22	16	9.0-17.0	7
Chlorures (mg/l)	27	22	13	1.0- 4.0	10

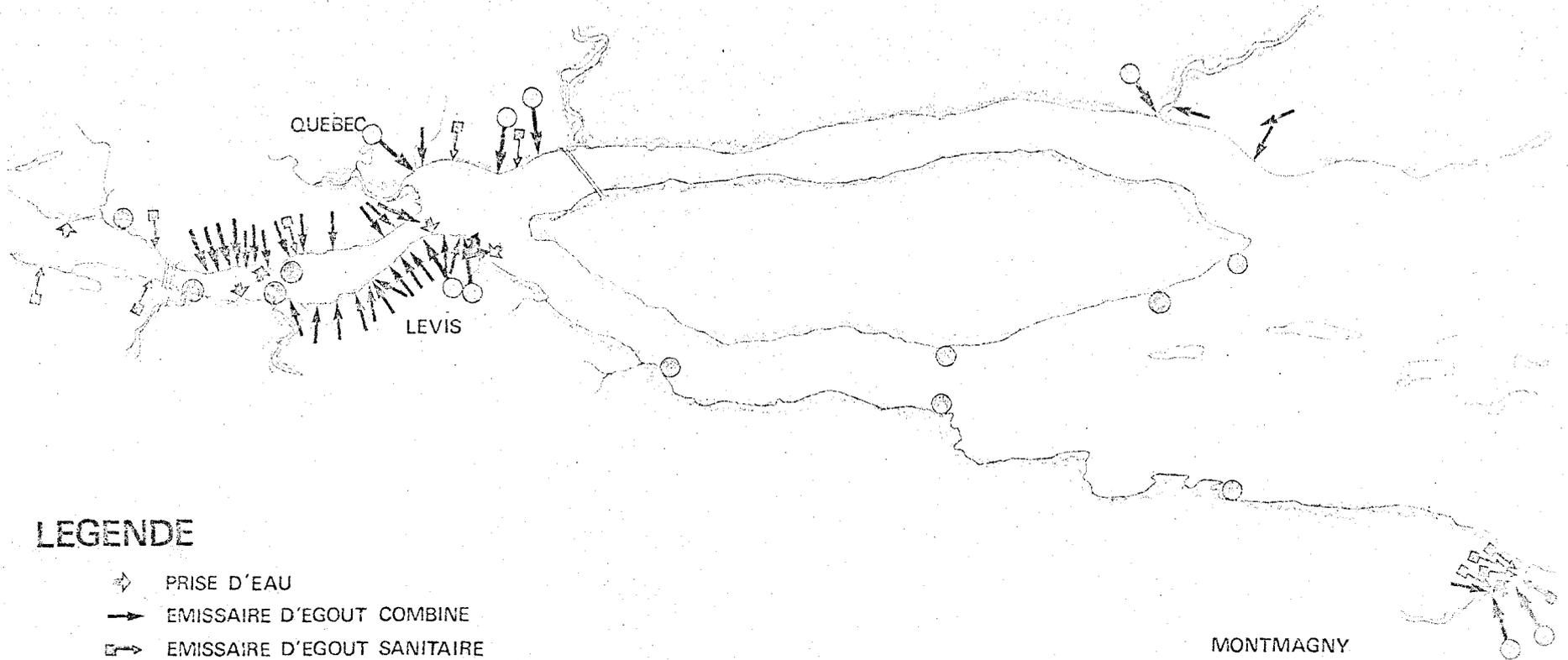
TABLEAU 2.5 Estimation de bilans N et P pour les émissaires d'égouts, les tributaires et le St-Laurent à la sortie du lac St-François

SOURCE	Azote (tonnes métriques/jour)								Phosphore (tonnes métriques/jour)			
	solution				solution et suspension				solution		solution et suspension	
	N-org	NH ₃	NO ₂₋₃	N _T	N-org	NH ₃	NO ₂₋₃	N _T	P-inorg	P _T	P-inorg	P _T
<u>EMISSAIRES D'EGOUTS</u>												
-Montréal ^a (11)	40.6	5.4	6.2	52.1					23.0			
Sorel (8)					0.3	0.9	0.1	1.2		0.3		
Trois-Rivières (8)					0.8	0.5	0.1	1.4		0.3		
Québec (8)					2.6	1.7	0.1	4.5		0.6		
Lévis (8)					1.2	1.0	0.1	2.2		0.5		
TOTAL EMISSAIRES								61.3		24.6		24.6
<u>TRIBUTAIRES</u>												
-Rive sud ^b (3)						3.5	6.3				7.3	
-Rive nord ^c (3)						2.1	6.8				3.8	
-Outaouais ^d (14)	84.6	24.2	51.8	160.6						19.0		
TOTAL TRIBUTAIRES								179.2				30.1
FLEUVE (sortie du lac St-François) ^e					126.4	33.6	50.9	210.9			25.3	41.8

NOTES EXPLICATIVES DU TABLEAU 2.5

- a: Les valeurs des bilans sont celles calculées (11) pour les émissaires étudiés, extrapolées pour toute la population de Montréal
- b: Sauf les rivières à la Guerre, St-Louis, Chateauguay, St-Régis, de la Tortue, St-Lambert, au Saumon.
- c: Sauf les rivières des Mille-Isles, des Prairies, Beaudet, Rouge, Delisle, Outaouais.
- d: Les concentrations utilisées sont, en ppm de N ou de PO_4 , $NH_3 = 0.14$, N-org = 0.49, $NO_{2-3} = 0.15$, $P_T = 0.11$, telles que mesurées le 20 juillet 1970 (14) à la centrale de Carillon. A cette même date, le débit de la rivière était de 70,500 pi^3/sec .
- e: Les concentrations utilisées sont, en ppm de N ou de PO_4 , $NH_3 = 0.04$, N-org = 0.15, $NO_{2-3} = 0.06$, $P_{inorg} = 0.03$, $P_T = 0.05$, telles que mesurées le 4 août 1973 (3). A cette même date, le débit du fleuve à Cornwall était de 343,000 pi^3/sec .

QUEBEC



LEGENDE

- ↔ PRISE D'EAU
- EMISSAIRE D'EGOUT COMBINE
- EMISSAIRE D'EGOUT SANITAIRE
- PLUSIEURS PETITS EMISSAIRES
- ⊖ PLAGE
- ▭ ZONE PROPICE A LA FAUNE SAUVAGINE
- ▭ ZONE PROPICE A LA RECREATION

Figure 2.1 Localisation des émissaires d'égouts, des prises d'eau et de zones propices à la récréation et à la faune sauvage.

LAC ST-PIERRE

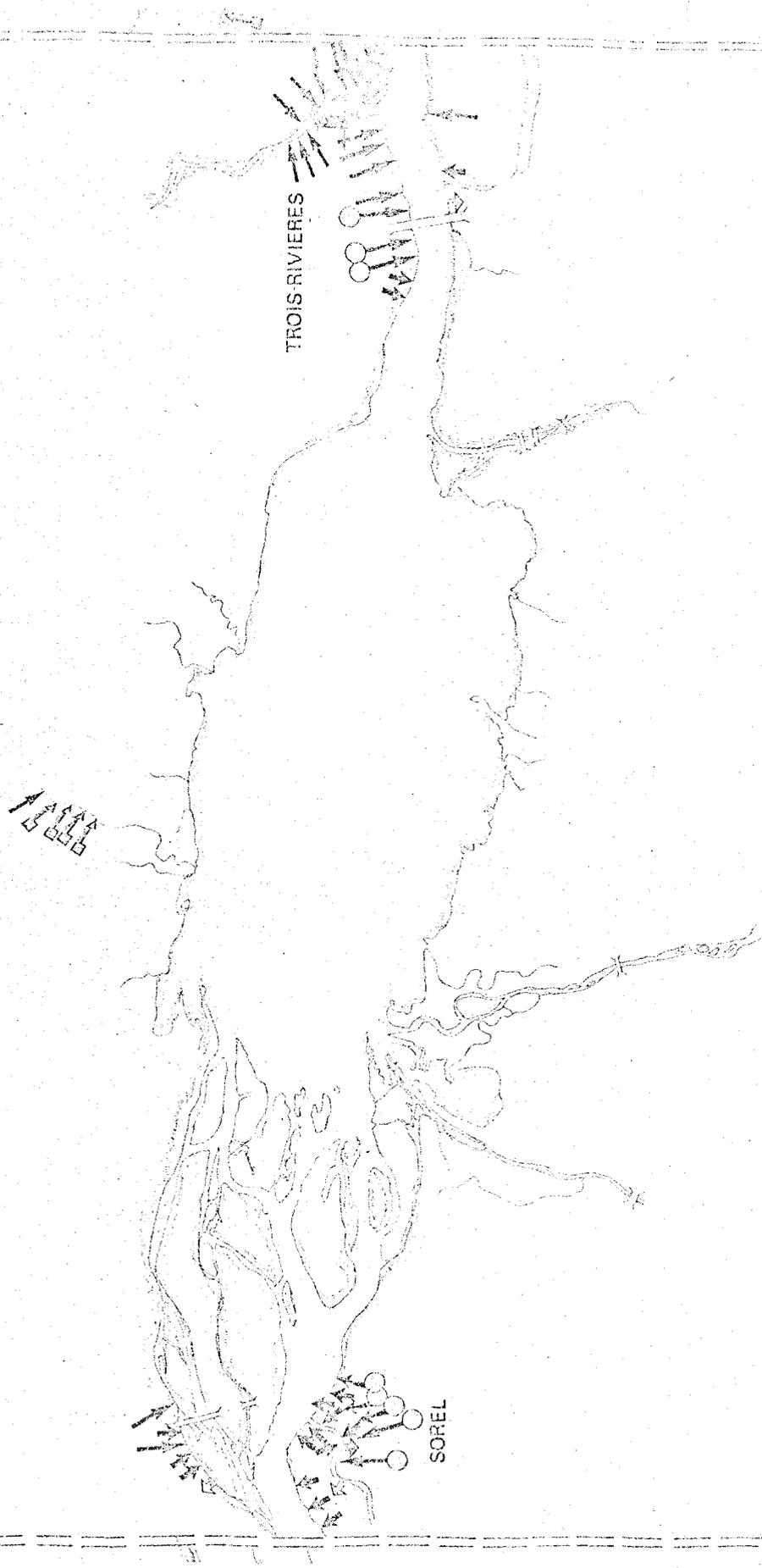


Figure 2.2 Localisation des émissaires d'égouts, des prises d'eau et de zones propices à la récréation et à la faune sauvage.

MONTREAL

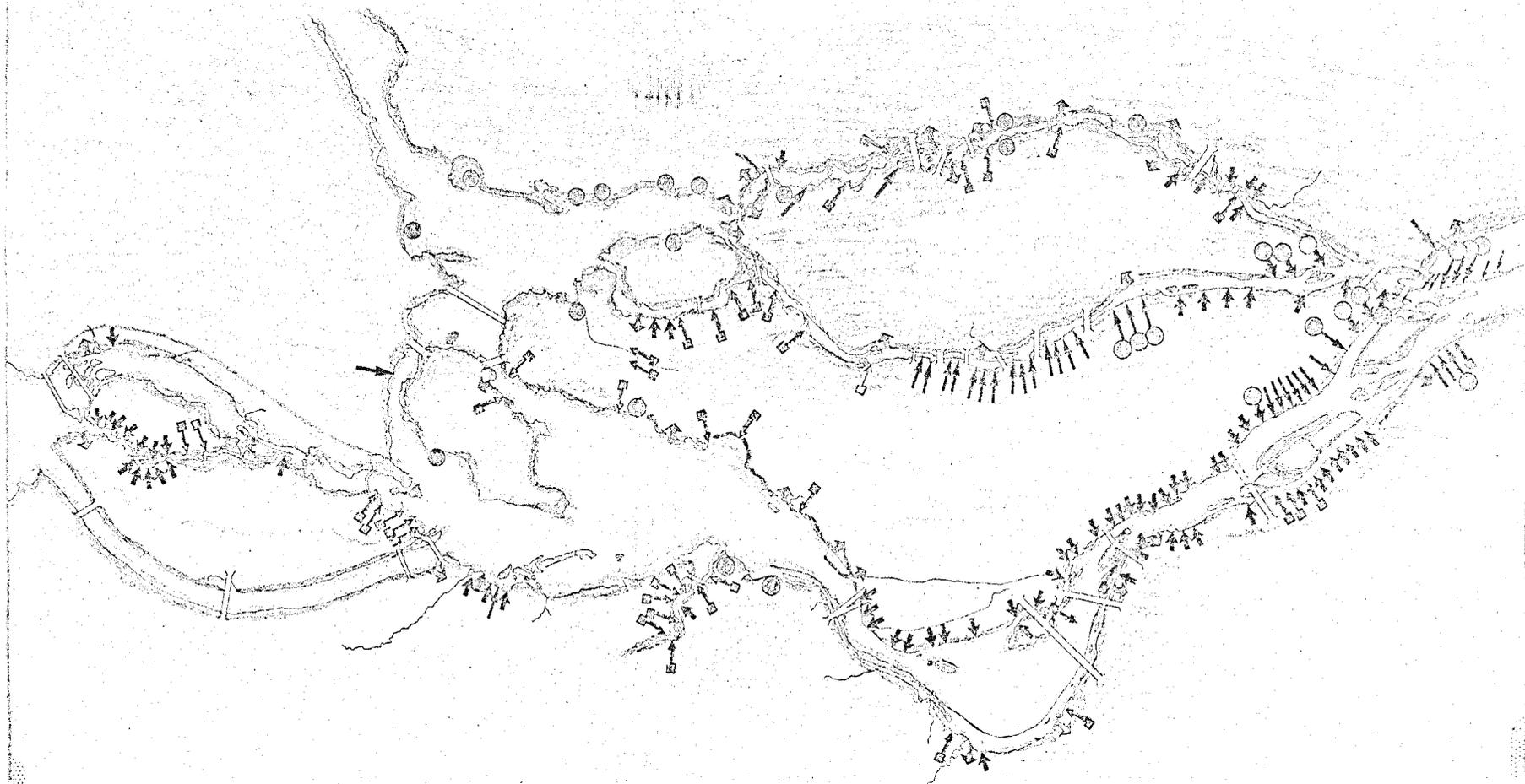


Figure 2.3 Localisation des émissaires d'égouts, des prises d'eau et de zones propices à la récréation et à la faune sauvage.

CHENAL DE NAVIGATION(04-05/08/1973)

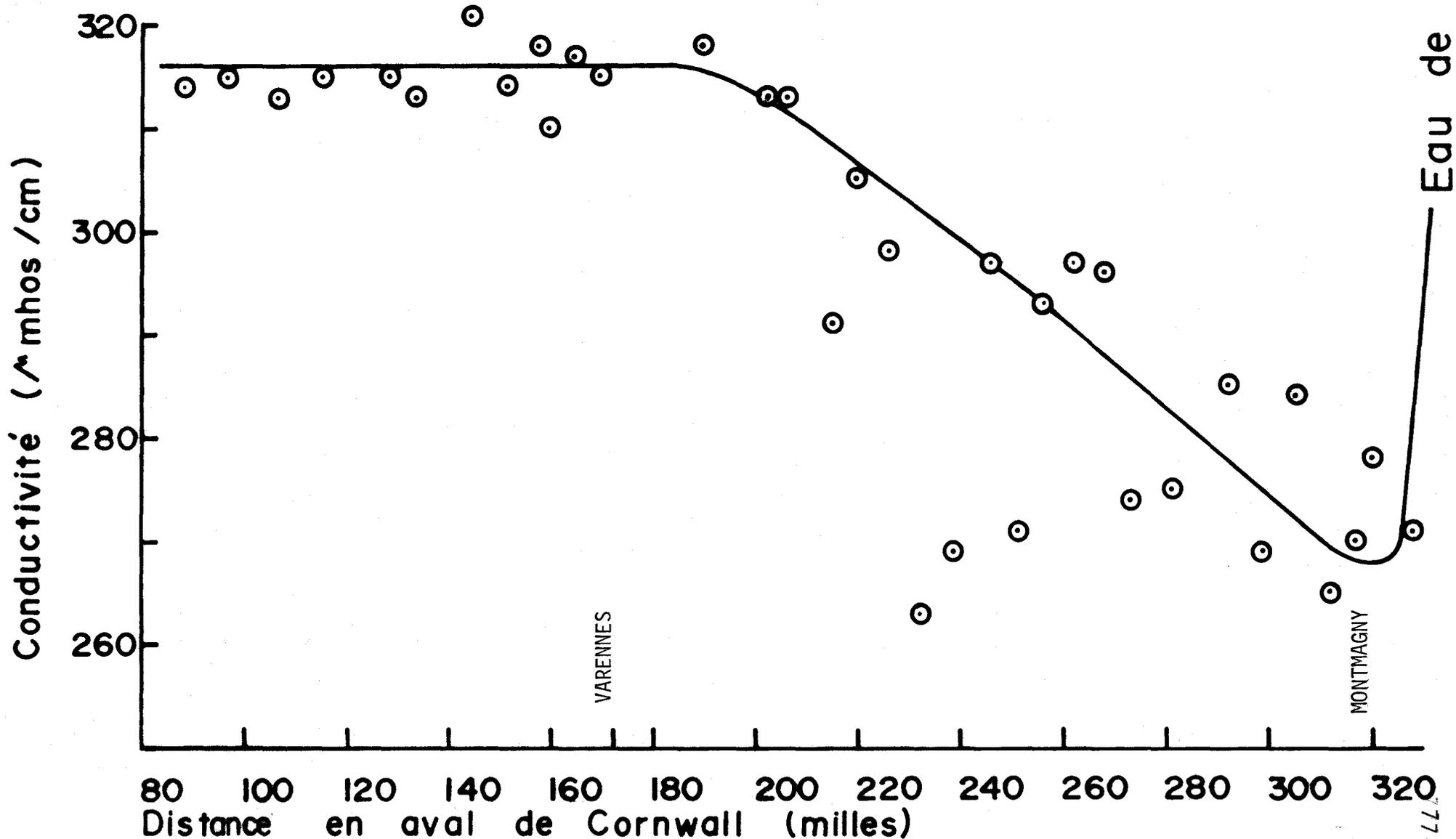


FIGURE 2.4: EVOLUTION LONGITUDINALE DE LA CONDUCTIVITE DANS LE CHENAL DE NAVIGATION.

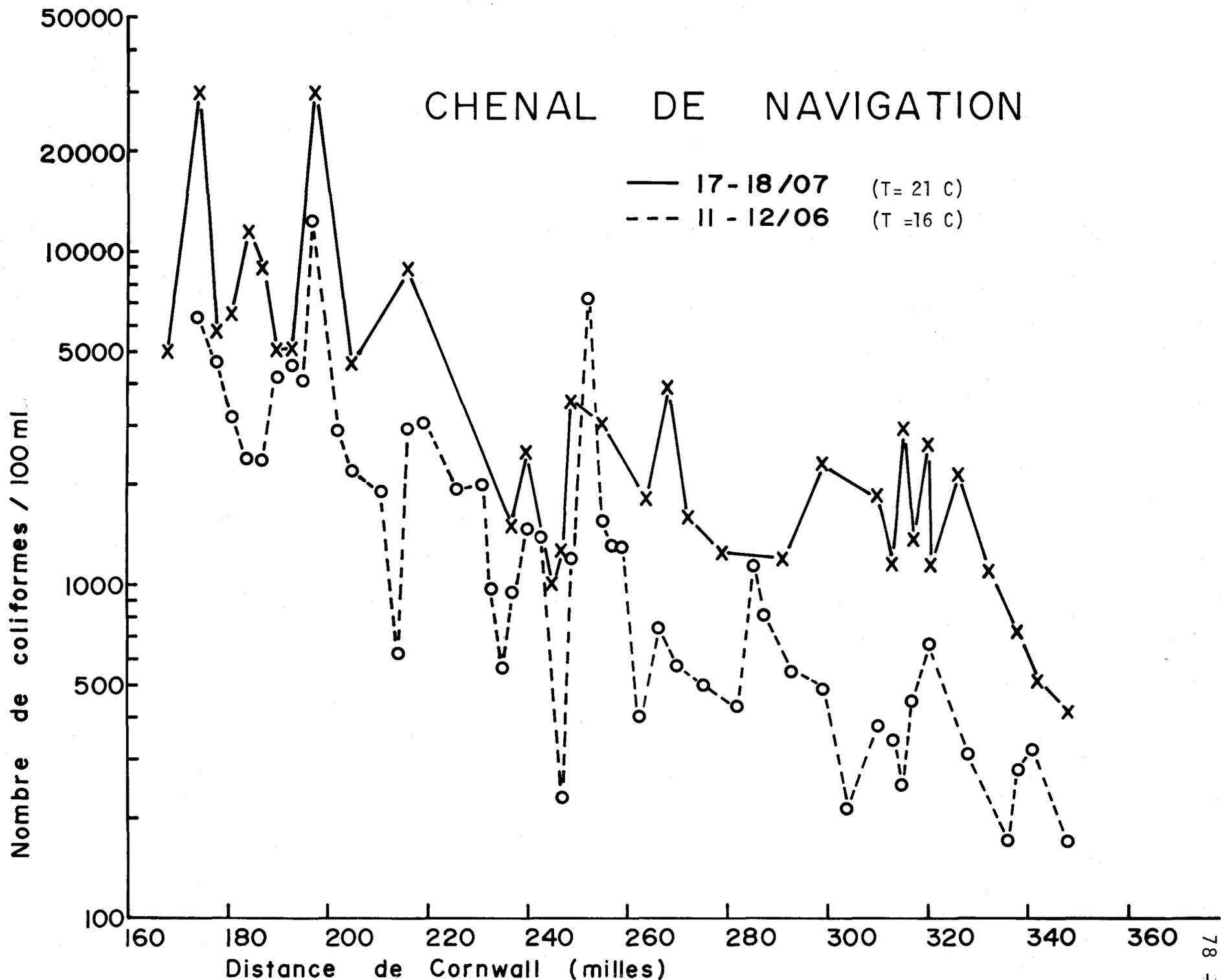


Figure 2.5: EVOLUTION LONGITUDINALE DU NOMBRE DE COLIFORMES / 100 ml

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- LALONDE, VALOIS, LAMARRE, VALOIS et ASSOCIES, INC. (1974).
"Inventaire des équipements en eau et Relevés industriels". Etude du fleuve Saint-Laurent - tronçon Cornwall - Montmagny.
- 2- SERVICES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT. (1973).
"Qualité des Eaux". Etude du fleuve Saint-Laurent - tronçon Cornwall - Varennes.
- 3- SERVICES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT. (1974).
"Qualité des Eaux". Etude du fleuve Saint-Laurent - tronçon Varennes - Montmagny.
- 4- ENVIRONMENTAL RESEARCH, DIVISION OF KORAB MARINE LTD. (1972).
"Qualité des Eaux". Etude du fleuve Saint-Laurent.
- 5- ENVIRONMENTAL RESEARCH, DIVISION OF KORAB MARINE LTD. (1973).
"Qualité des Eaux". Etude du fleuve Saint-Laurent.
- 6- REGIE DES EAUX DU QUEBEC ET CEQUEAU. (1972).
"Qualité des Eaux - rivière des Prairies, rivière des Mille-Iles, lac des Deux-Montagnes".
- 7- INRS-EAU. (1973).
"Effluents Urbains". Etude du fleuve Saint-Laurent.
- 8- LABORATOIRE DE GENIE SANITAIRE DU QUEBEC INC. (1974).
"Effluents Urbains". Etude du fleuve Saint-Laurent - tronçon Varennes - Montmagny.
- 9- GIBBS, R.J. (1967).
"The Geochemistry of the Amazon River System: Part 1. The factors that Control the Salinity and the Composition and Concentration of the Suspended Solids". Geol Soc. Am. Bull., 78, 1203.
- 10- HEM, J.D. (1970).
"Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water". U.S. Geol. Survey Water-Supply Paper 1473.
- 11- INRS-EAU. (1974).
"Synthèse des Etudes du Saint-Laurent: tronçon Cornwall - Montmagny".
- 12- PAINTER, H.A., VINEY, M. and BYWATERS, A. (1961).
"Composition of Sewage and Sewage Effluents". J. Inst. Sewage Purif., 302.

- 13- RIGLER, F.H. (1964).
"The Phosphorus Fractions and the Turnover Time of Inorganic Phosphorus in Different Types of Lakes". *Limnol. Oceanogr.*, 9, 511.
- 14- REGIE DES EAUX DU QUEBEC.
Données non publiées.
- 15- MILLER, W.E., MALONEY, T.E., and GREENE, J.C. (1974).
"Algal Productivity in 49 Lake Waters ad Determined by Algal Assays", *Water Res.*, 8, 667.
- 16- SERVICE DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT, Division du Génie sanitaire-Montréal. (1973).
"Etude des plages de la région Métropolitaine". Vol. 1, Janvier.
- 17- SERVICE DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT, Division du génie sanitaire-Québec.
Résultats non publiés.

CHAPITRE 3

ASPECTS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES SEDIMENTS

3. ASPECTS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES SEDIMENTS

3.1 Introduction

Les mécanismes d'interaction des sédiments avec l'écosystème aquatique du fleuve Saint-Laurent sont peu connus. Des travaux antérieurs sur des cours d'eau aboutissant à un estuaire marin ont montré l'importance du rôle des sédiments comme médiateur énergétique dans la production autotrophe et hétérotrophe et comme foyer d'épuration naturelle des eaux.

L'étude de l'organisation benthique a conduit à une certaine évaluation de la salubrité des fonds. La dynamique lente de la structure de la population des organismes de fond et la sensibilité aux stress propres à chacune des espèces qui la composent confèrent à l'organisation benthique un caractère d'intégration des éléments environnementaux qui composent les principaux régimes sédimentologiques du fleuve Saint-Laurent. La connaissance de la composition physico-chimique des sédiments est essentielle à l'identification de leur origine; elle a servi à confirmer l'existence des aires de déposition, à identifier la nature des dépôts et à évaluer la stabilité des régimes sédimentologiques. Toutefois, les travaux effectués dans le cadre des études du Saint-Laurent n'ont pas permis d'évaluer l'influence de la composition chimique et de la structure du lit sur les organismes benthiques; elles ne permettent pas non plus d'identifier les processus chimiques et écologiques dominants qui pourraient avoir une certaine importance sur la dynamique des substances nutritives et toxiques dans l'écosystème des eaux en aval ou de l'estuaire.

Si la connaissance de la dynamique éco-chimique des sédiments n'a pas franchi le seuil de la compréhension des processus, l'étude de leur comportement physique a néanmoins permis d'esquisser l'image des principaux régimes sédimentologiques. Ils sont les bases des démarches intervention-

nistes dans l'entretien du chenal maritime, dans l'élaboration et l'entretien des installations portuaires et des ouvrages de protection des berges, dans la gestion des prises d'eau d'approvisionnement et des rejets d'eaux usées, dans l'aménagement urbain, industriel, agricole et récréatif des rives, dans la planification de la régularisation des écoulements, etc...

Dans ce contexte, il convient d'aborder séparément les aspects physiques, chimiques et biologiques des sédiments du fleuve Saint-Laurent.

3.2 Aspects physiques des sédiments du fleuve Saint-Laurent

3.2.1 Hydromorphologie de la région d'étude

Au cours d'eau de plaine encombré d'îles caractérisant le Saint-Laurent de Varennes à Lanoraie, succède une zone profonde (150 pieds) qui aboutit au delta du lac Saint-Pierre. Dans cette région, l'écoulement entre les îles de Sorel puis dans le lac Saint-Pierre est influencé par la présence du chenal maritime qui canalise une grande partie du débit liquide. Le tronçon du fleuve en aval du lac Saint-Pierre présente, sur son côté nord, une bathymétrie profonde et, sur son côté sud où la profondeur est variable, apparaissent les batures de Gentilly. Malgré que la marée soit perceptible à Trois-Rivières (8 à 10 pouces), ce n'est qu'à Grondines que le marnage des eaux (6.2 pieds) provoquera un ralentissement de l'écoulement en période de montée. Entre Grondines et Deschambault, la vitesse de l'écoulement est élevée (6 pi/sec) et les profondeurs naturelles atteignent 100 pieds. En aval de Deschambault jusqu'à Montmagny où débute la zone de mélange des eaux-douces aux eaux salées, le courant est réversible; on y retrouve aux environs de Québec des profondeurs pouvant atteindre 200 pieds et des vitesses de courant aussi élevées que 9 pi/sec en période de descente de la marée. Les processus fluviaux d'érosion et d'alluvionnement indiquent que le lit du fleuve n'a pas encore atteint son profil d'équilibre qu'il recherche depuis environ 6,000 ans.

Au cours de cette phase, les événements géologiques ont donné naissance aux grandes catégories de sols (till, gravier, sable, limon et argile) qui constituent les rives du Saint-Laurent entre Varennes et Montmagny. Ces matériaux de caractéristiques granulométriques et stratigraphiques variables sont meubles et sensibles à l'érosion; ils ont nécessité la construction d'ouvrages de protection des berges sauf dans les régions où les rives plates soutiennent un boisé ou une végétation marécageuse ou encore dans les régions où la marée permet la prise de végétation sur l'estran.

Les dragages de creusement et d'élargissement et les dragages d'entretien jouent un rôle prépondérant dans la morphologie des fonds. D'une part, les dragages d'aménagement affectent le régime d'écoulement des eaux. D'autre part, les dragages d'entretien, correspondant aux zones d'accumulation (sédimentation ou charriage de fond), remettent en suspension les substances polluantes associées aux sédiments (sables et limons) que ce soit lors des opérations de dragage ou au cours du processus d'érosion des haldes de déblai. La fréquence des dragages d'entretien des nombreuses installations portuaires et du chenal maritime, telle qu'à tous les 2 ou 3 ans dans la région de Montréal et du lac Saint-Pierre, augmente encore l'impact potentiel de ces opérations.

3.2.2 Caractéristiques physiques de l'écoulement

L'écoulement des eaux du fleuve dans la région d'étude ne présente pas d'anomalie majeure; généralement, les lignes de courant sont parallèles à la direction principale de l'écoulement. Avec des vitesses extrêmes de 0 à 6 pi/sec de Montréal à Portneuf (mais généralement de 1 à 3 pi/sec), l'eau passant à Cornwall atteindra 2 à 3 jours plus tard la région de Portneuf. Les vitesses les plus élevées se rencontrent dans le chenal de navigation, et dans les zones de renversement de courant, en période de descente de la marée.

Le rapport débit de crue sur débit d'étiage est d'environ 1.5, et l'apport en provenance des tributaires de Varennes à Montmagny ne dépasse pas 30% du débit dans la région de Montréal. Toutefois, sur de longues périodes, les variations de débit peuvent être élevées. Par exemple, au cours de la période 1964-1974, le débit est passé de 260,000 p³/s à 410,000 p³/s à la hauteur de Varennes. Si les faibles fluctuations de débit annuel ont une influence sur le régime sédimentologique du fleuve, on doit s'attendre à ce qu'au cours de ces années il y ait eu une évolution continue des processus sédimentologiques.

Les mécanismes de diffusion des affluents, éléments essentiels à toute étude sédimentologique, ont été étudiés par CENTREAU pour l'Ouataouais, le Richelieu, la Yamaska et la Saint-François, ainsi que pour le Saint-Maurice. L'analyse de la dureté, de la conductivité et de la fluorescence naturelle a permis de confirmer les conclusions des études antérieures. Les eaux en provenance des rivières des Prairies et des Mille-Iles longent la rive nord du Saint-Laurent jusqu'à la sortie du lac Saint-Pierre où les eaux du Saint-Maurice les poussent vers le centre du fleuve. Sur la rive sud, les eaux du Richelieu, de la Yamaska et de la Saint-François se côtoient sur de longues distances; elles se mélangent lentement entre elles et aux eaux du Saint-Laurent jusqu'à Portneuf où le renversement de courant dû à la marée les homogénéise.

La température des eaux du Saint-Laurent est relativement homogène sur l'ensemble de la masse de la région d'étude; elle ne subit que de très faibles fluctuations qui se superposent à son régime dominant saisonnier. Vers la mi-avril, la température commence à augmenter progressivement à partir de 0°C et atteint à la mi-août une valeur maximale de 25°C; puis, subissant l'influence du climat continental, la température diminue et atteint 0°C à la mi-décembre.

A cette période correspond la prise de glace aux endroits où le régime hydraulique le permet. Puis, au cours de l'hiver, la glace des berges et d'estran, ainsi que la formation de frazil et d'embâcle contribuent à l'érosion du lit du Saint-Laurent. Bien que peu d'informations existent sur le sujet, on peut mentionner qu'à l'entrée du lac Saint-Pierre la formation occasionnelle d'embâcles et de frazil sont la cause de la mise en vitesse des eaux, d'affouillement de fosses et de blocage des chenaux.

3.2.3 Sédiments en suspension

Les concentrations de sédiments en suspension sont faibles (4 à 10 mg/litre) dans la région d'étude sauf pour la région de Trois-Rivières et la région aval de Québec (>60 mg/l). Dans les zones d'eau calme ou les zones de rapides, la concentration est uniforme avec la profondeur tandis que dans le secteur fluvial proprement dit, le profil vertical des concentrations suit l'allure des courbes théoriques avec des concentrations qui augmentent avec la profondeur. Sur quelques sections transversales en amont de Trois-Rivières et sur quelques points d'échantillonnage dans le tronçon influencé par la marée, on a mesuré des concentrations de sédiments en suspension pouvant varier du simple au double.

En aval de Montréal, les concentrations diminuent progressivement jusqu'au lac Saint-Pierre. L'irrégularité ponctuelle observée dans cette région pourrait résulter de l'influence combinée de la diffusion complète des eaux usées de Montréal et de la remise en suspension des sédiments.

Dans le lac Saint-Pierre, les concentrations sont faibles et relativement homogènes; à la sortie du lac, la concentration des solides en suspension augmente brusquement et atteint des valeurs de 60 à 70 mg/l. Sur le reste du parcours, on discerne difficilement une tendance précise jusqu'à l'Île d'Orléans où les concentrations maintiennent des

valeurs d'environ 60-80 mg/litre. On a pu mesurer dans cette région des concentrations atteignant 300 mg/litre; les analyses minéralogiques faites sur ces échantillons ont montré qu'il s'agissait en grande partie de limon et d'argile.

3.2.4 Transport des solides

Les débits solides apparaissant au Tableau 3.1 donnent un ordre de grandeur de la charge solide transportée dans le fleuve à plusieurs endroits sur son parcours. Bien qu'ils illustrent la grande variabilité temporelle et spatiale du transport, il est à peine possible d'en dégager des processus généraux. Malgré la faible précision de ces estimés (environ 30%), on peut remarquer une légère augmentation du transport en face de Trois-Rivières.

Le Tableau 3.2 présente le débit solide des principaux tributaires de la région d'étude. Des études approfondies des charges transportées sur les rivières Chaudière et Châteauguay ont montré dans ce cas particulier, qu'il existait une relation étroite entre le débit liquide et le débit solide.

De plus, ces études ont démontré que plus de 80% de la charge solide était transportée lors des crues de printemps; ceci équivaut à environ 6,000 t/j comme débit solide de crue pour la rivière Chaudière et à environ 5,000 t/j pour la rivière Châteauguay. Les variations saisonnières de la charge transportée par le fleuve Saint-Laurent sont surtout conditionnées par l'apport des tributaires. En conséquence, l'estimé d'automne du débit solide total du fleuve à Québec qui est de l'ordre du 4.2 millions de tonnes est inférieur à la valeur réelle; il serait plus logique d'estimer à plus de 20 millions de tonnes par année le transport solide du fleuve à la hauteur de Québec.

D'autre part, on estime que le transport de fond, qui varie suivant la période de l'année entre 50 et 500 tonnes par jour, est faible par rapport au débit solide total.

En bref, malgré le nombre peu élevé de points d'échantillonnage et leur répartition dans le temps, on peut dégager des études les grands traits suivants:

- le débit solide du Saint-Laurent n'est pas relié à son débit liquide malgré que ce soit probablement le cas pour la plupart de ses tributaires;
- les faibles concentrations de sédiments en suspension dans le fleuve indiquent que l'apport des tributaires joue un rôle important dans son régime sédimentologique. La capacité de transport du Saint-Laurent dans la région d'étude est supérieure à l'apport solide;
- de Varennes à Trois-Rivières, on assiste à une ségrégation naturelle des sédiments de fond;
- la composition du fond du fleuve est diversifiée en aval de Trois-Rivières où les phénomènes de marée jouent un rôle important dans le régime sédimentologique;
- le potentiel d'érosion des berges a amené la construction de nombreux ouvrages de protection sur le parcours du fleuve;
- la sédimentation intense à certains endroits nécessite des dragages d'entretien fréquents.

3.3 Aspects physico-chimiques des sédiments

3.3.1 Lithologie et minéralogie des fonds

L'inventaire des fonds du Saint-Laurent a mis en évidence l'importance de la fraction minérale par rapport à la fraction organique. Les graviers dispersés partout dans le Saint-Laurent sont constitués de

fragments arrondis de plusieurs types de roche; on y rencontre des grès et calcaires provenant des formations sédimentaires paléozoïques des basses-terres du Saint-Laurent ainsi que des fragments de granite, de gneiss et de schistes micacés caractéristiques des tills glaciaires et de la géologie du précambrien.

Les sables, dispersés de façon aléatoire dans la région d'étude, ont une composition semblable à ceux que l'on retrouve en dépôt sur les argiles de la mer Champlain; ils ont probablement été transportés au cours du processus d'érosion fluviale qui a suivi la dernière glaciation.

Les limons composant le lit du font caractérisés par la prédominance de minéraux non argileux. De même, la fraction argileuse grossière est plus importante que la fraction fine; on croit que la fraction des argiles et des limons où prédominent les minéraux argileux est maintenue en suspension par une charge électrostatique élevée et transportée sur de longues distances avant de sédimenter.

3.3.2 Caractéristiques physico-chimiques des sédiments

Les mesures de caractéristiques physico-chimiques des sédiments telles que le pH, le potentiel d'oxydo-réduction, la demande chimique en oxygène, l'analyse de la matière organique telle que les tannin-lignines, les phénols naturels ou synthétiques, l'évaluation des teneurs en phosphore total, en azote total, en carbone total ainsi que la mesure de la capacité d'échange, des sulfates extractibles et de certains métaux lourds des sédiments ne permettent de préciser, à elles seules, l'état de qualité ou de détérioration des fonds. Ces paramètres témoignent du comportement type de certaines régions qui sont influencées par des régions sédimentologiques locales; lorsqu'ils sont plus élevées que l'ensemble, ils deviennent de précieux indices de détérioration potentielle, mais ils renseignent peu sur l'influence véritable des activités humaines.

D'autre part, la mesure des concentrations en détergent (LAS, ABS), en pesticide, en mercure, en plomb et en cuivre est essentielle à l'évaluation de l'impact des activités urbaines, agricoles et industrielles: ces paramètres sont de bons indicateurs de la détérioration de la qualité des fonds.

Le pH des sédiments est influencé par la teneur en matière humique, la composition minéralogique, la présence de calcite et de CO_2 dissous; dans la région d'étude il varie de 6.6 à 8.2 et on constate que ces valeurs décroissent quand la concentration en matière humique augmente dans les sédiments. Le potentiel d'oxydo-réduction (Eh) intégrant les effets du métabolisme bactériologique et des processus chimiques dans les sédiments varie de 290 à 430 mv; ces valeurs normales pour des sédiments permettent d'évaluer si la demande en oxygène dissous est potentiellement élevée; les valeurs négatives de Eh rencontrées dans le tronçon de Varennes, Lanoraie et dans le delta de Sorel indiquent une oxydation intense des sédiments. Toutefois, les mesures de la demande d'oxygène dissous des sédiments effectuées dans le lac Saint-Pierre montrent que celle-ci est davantage relative au nombre de bactéries qu'aux paramètres physico-chimiques.

L'évaluation de la teneur en tannin-lignine et en phénol dans les sédiments a permis de confirmer et, dans certains cas, d'identifier des aires de déposition de matière organique; les concentrations varient de 100 mg/kg dans les sables ou les graviers soumis à de forts courants, à 5,000 mg/kg dans les aires de sédimentation intense telles le delta de Sorel. Bien que la présence de l'homme ait certainement une influence sur la qualité des aires de sédimentation de particules de composition organique ou mixte, il n'est pas possible, à partir des résultats actuels, d'extraire la fraction organique naturelle (feuilles, algues, herbes) de la fraction d'origine industrielle (pâte à papier, raffinerie, etc...).

Les concentrations en phosphore total, en carbone et en azote total semblent se distribuer selon les aires propices à l'accumulation de matière organique; le phosphore disponible (2 à 3% du phosphore total) diminue de Varennes à Sorel, puis augmente brusquement dans le delta du lac Saint-Pierre et se maintient à un niveau relativement constant dans le lac et semblable aux teneurs rencontrées dans le tronçon précédent.

Les détergents (LAS et ABS) ainsi que les insecticides organochlorés s'adsorbent à la surface des solides en suspension participant ainsi au comportement sédimentologique des particules en suspension. Les détergents en provenance surtout des égoûts domestiques (1.5 g/jour-habitant) se retrouvent partout dans le Saint-Laurent; à cause de leur utilisation récente (inférieure à 30 ans) ils peuvent être utilisés pour dater les dépôts sédimentologiques. A proximité des îles de Verchères et dans le delta de Sorel, on retrouve des concentrations singulièrement élevées (> 25 mg/kg). Les sédiments composant le lit de la partie Nord du chenal de navigation ainsi que les embouchures des rivières Yamaska, Saint-François et Nicolet ont des teneurs élevées en détergents qui témoignent de l'impact direct de l'urbanisation. La concentration en insecticides (DDT) mesurée dans le lac Saint-Pierre et sur ses principaux tributaires font ressortir la problématique de l'impact des opérations agricoles intenses sur les bassins de la Yamaska et de la Saint-François; les concentrations, variant en général de 0 à 17 mg/kg, vont en décroissant, dans le lac Saint-Pierre, de l'amont vers l'aval et des berges vers le centre.

Les métaux traces (As, Hg, Se et Zn) décroissent de façon générale de Varennes à Montmagny. Ils sont singulièrement élevés dans les aires de sédimentation et dans l'embouchure de certains tributaires; certains d'entre eux (l'arsenic dans le delta de Sorel, le mercure dans les rivières Saint-Charles, Portneuf, et à l'embouchure de la

branche est du Saint-Maurice, le zinc dans la rivière Saint-Charles et le bras nord de l'Île d'Orléans, le sélénium dans le delta de Sorel) peuvent avoir atteint un niveau critique. Toutefois, on ne connaît rien des mécanismes d'accumulation de ces métaux dans la chaîne alimentaire et de leur toxicité pour les organismes composant l'écosystème du Saint-Laurent.

3.4 Aspects biologiques des fonds

3.4.1 Importance des études biologiques

Depuis l'ouverture de la voie maritime en 1959, le volume des transports sur le fleuve a grandement augmenté, les bateaux dépassant maintenant le port de Montréal. Si le fleuve Saint-Laurent a permis le développement d'un des liens de transport les plus importants du Canada, cela a aussi augmenté les risques de pollution par déversements des bateaux ou par accident, lors du déchargement des cargaisons. L'entretien de la voie maritime nécessite le dragage des fonds à plusieurs endroits, ce qui cause une mise en suspension de sédiments fins qui se déposent sur beaucoup d'habitats benthiques. Cet effet d'envasement est accentué par la régulation des débits qui empêche l'évacuation de ces fines particules. De plus, le fleuve reçoit une grande quantité de déchets industriels et municipaux qui, s'ils excèdent un certain niveau, sont capables de détruire les communautés benthiques.

3.4.2 Hypothèse de travail

La plupart des eaux naturelles supportent directement et par leurs sédiments diverses communautés d'animaux aquatiques appelées collectivement plancton et benthos. Ces organismes sont des vers, des moules, des escargots, des larves d'insectes, divers crustacés et des algues. Ils montrent des degrés très variables de susceptibilité aux changements de la qualité de l'eau. A cause de cela, et

parce que de telles communautés sont relativement stables ou subissent des fluctuations naturelles explicables dans leur composition, elles peuvent servir à mesurer la qualité d'une eau. C'est la base des divers indices biotiques qui ont été développés par Margalef (1), Lloyd et Ghelardi (2), Mac Arthur (3) et Tuffery et Verneaux (4).

Les eaux propres supportent normalement un grand nombre d'espèces benthiques, mais aucune en surabondance. Une dégradation partielle du milieu par des agents physiques ou chimiques peut tuer ou déloger les espèces les plus sensibles, tandis que les espèces les plus tolérantes peuvent augmenter en nombre pour occuper les niches vacantes. Une dégradation plus poussée peut conduire à une faune comportant un très grand nombre d'individus représentant peu d'espèces tolérantes. Une dégradation totale a pour résultat d'éliminer même les animaux les plus tolérants.

Pour faciliter les études et les interprétations, trois niveaux de tolérance sont définis (5): groupe 3 (sensible), groupe 2 (facultatif) et groupe 1 (tolérant). A mesure que les conditions s'améliorent soit par une purification naturelle, soit par une purification industrielle, les animaux recolonisent le milieu dans l'ordre inverse de leur disparition, c'est-à-dire les plus sensibles recolonisent les derniers jusqu'à un équilibre normal.

Cette approche est très intéressante et facile d'emploi parce que descriptive; elle est préliminaire à des méthodes plus complexes ou plus mathématiques comme la méthode de Tuffery et Verneaux (4) utilisée en France ou celle de l'indice de diversité de Shannon et Wiener.

3.4.3 Région d'étude et matériel disponible

Lac Saint-Pierre - Montmagny

C'est la grande avenue vers l'Atlantique. Cependant, on possède peu d'études sur la biologie de cette région. Nous devons souligner les travaux de Thermopol II (6) dans la région de Gentilly, le présent travail d'Eco-Recherches (7), le travail de Simard et Blackwood (8) sur les levures et les recherches de Paquet sur les poissons (9, 10, 11).

3.4.4 Etude des levures

Une étude des populations de levures à différents points du Saint-Laurent indique que l'apparition en grand nombre des levures survient juste après la dégradation bactérienne des constituants métabolisables des rejets d'égoût. La quantité de levures peut donc être employée comme indicateur de pollution.

L'étude des levures du Saint-Laurent entreprise par Simard et Blackwood (8) a été réalisée à 5 stations. Plus de 50% des levures identifiées font partie des levures roses. L'augmentation de la salinité et la baisse de température aux stations de Rivière-du-Loup et de Rimouski ont un effet marqué sur la distribution bactériologique mais n'en ont pas sur les levures, mettant en évidence l'effet des rejets non traités provenant des grands centres urbains de Montréal et de Québec. La quantité élevée de levure, dans le fleuve, indique une grande charge en substances organiques biodégradables, donc consommatrices d'oxygène.

3.4.5 Algues

Section lac Saint-Louis - lac Saint-Pierre

Au niveau du bassin de Laprairie, la qualité des eaux s'améliore par l'oxygénation due aux rapides de Lachine. Les plantes aquatiques y prospèrent par suite de l'élargissement du fleuve dans cette région.

Dans le port de Montréal, les conditions sont réellement lamentables. Le fleuve, près de Longueuil, est fortement dégradé puis récupère lentement vis-à-vis de Boucherville et continue de ce faire jusqu'au lac Saint-Pierre. Sur la rive nord, au niveau des raffineries de l'est de Montréal, les conditions sont similaires à celles du port de Montréal.

Lac Saint-Pierre

Les eaux n'étant pas entièrement mélangées dans le lac Saint-Pierre, on remarque que la distribution phytoplanctonique fluctue suivant le non-mélange des eaux.

Au niveau des déversements de la rivière Saint-François et Yamaska, le milieu est eutrophe.

A la sortie du lac Saint-Pierre, la qualité est moins bonne qu'à la sortie du lac Saint-Louis, ce qui signifie que la charge polluante n'est pas entièrement assimilée par le lac Saint-Pierre.

En aval du lac Saint-Pierre, le milieu est de qualité moyenne d'après l'indice de diversité. Les algues dominantes sont des algues qui prolifèrent dans un milieu eutrophe.

Le tronçon situé en aval de Trois-Rivières n'est pas homogène, car les stations situées du côté nord du fleuve Saint-Laurent sont

altérées par la mauvaise qualité des eaux qui s'écoulent du Saint-Maurice alors que du côté sud, l'indice de diversité, plus élevé, est indicateur d'une meilleure qualité. Les algues à caractères eutrophe sont plus concentrées du côté nord du fleuve.

Au niveau de Sainte-Anne-de-la-Pérade, la qualité phytoplanktonique correspond avec la qualité de la section de Trois-Rivières. Elle est encore plus mauvaise du côté nord que du côté sud.

A Portneuf, les conditions sont mauvaises du côté nord et s'améliorent du côté sud; l'indice de diversité est faible vers la rive de Portneuf et relativement élevé vers l'autre rive.

Au niveau de Neuville, les résultats correspondent avec ceux de la section de Portneuf.

Au pont Pierre-Laporte, l'homogénéité semble se rétablir, car l'indice de diversité est à peu près stable d'une rive à l'autre. La population phytoplanktonique se compose surtout d'organismes eutrophes.

Les résultats du tronçon situé en amont de l'Île d'Orléans démontrent que la qualité du milieu est très mauvaise du côté nord, soit du côté du port de Québec et de la rivière Saint-Charles. Cette qualité se stabilise par la suite pour être homogène tout le long du tronçon.

En aval de l'Île d'Orléans, la qualité de l'eau est homogène d'une rive à l'autre et peut être considérée assez bonne.

Etude des tributaires

Des échantillons ont été pris à l'embouchure des tributaires les plus importants. A partir de ces échantillons, il est possible de

classifier les tributaires. Les plus touchées sont les rivières Sainte-Anne et Saint-Maurice, viennent ensuite les rivières Sainte-Anne du Nord, Bécancour, Jacques-Cartier et Chaudière.

3.4.6 Faune benthique

La figure 3.1 résume le travail fait sur la faune benthique entre le lac Saint-Pierre et Montmagny dans la présente étude. Nous constatons qu'aucun organisme benthique n'est rapporté aux stations 8, 11, 12, 14, 19, 20, 23, 24 et 31 et que les stations 6, 10, 13, 17, 34, 35A, 35C, et 37 ont moins de 100 organismes par échantillon, ce qui demande beaucoup de prudence dans l'évaluation de ces stations.

Pour bien comprendre les données du benthos recueillies par Eco-Recherches, il est utile de considérer aussi les résultats de synthèse I pour le tronçon Cornwall-Varenes (12).

L'étude de la faune benthique du tronçon Cornwall-Varenes confirme l'impression générale d'une qualité relativement bonne du milieu. Le tableau 3.3 résume les résultats de Beak (13) pour le tronçon Kingston-Varenes, de l'ancienne Régie des Eaux du Québec (14) pour le Lac des Deux-Montagnes, d'Eco-Recherches pour la section du lac Saint-Pierre à Montmagny (7) et de quelques autres chercheurs ayant eu une action plus spécifique (15, 16).

L'étude du tronçon lac Saint-Pierre-Montmagny ne confirme pas sur la base des organismes benthiques l'impression d'un milieu exceptionnellement bon. Il en sera question un peu plus loin.

- L'indice de diversité et valeur du milieu

L'indice de diversité est une mesure indirecte et mathématique de la sensibilité des organismes à divers facteurs ou stress de l'environ-

nement. En effet, plus l'indice de diversité est élevé, c'est-à-dire plus il y a d'organismes différents, plus le milieu peut être considéré comme sain. Par contre, plus l'indice de diversité est faible, c'est-à-dire moins il y a d'organismes différents et, les organismes sensibles étant absents, plus le milieu est perturbé. Bien que l'indice de diversité puisse être compris entre 0 et 10, on considère qu'une valeur de 3 et plus représente un milieu sain, un indice inférieur à 1 signifie un milieu pollué et un indice compris entre 1 et 3 indique plus ou moins de problèmes.

Ici, deux remarques importantes: la première touche les résultats de Beak (13), où l'indice calculé sur les groupes taxonomiques seulement, et non pas sur les espèces, a tendance à être une sous-estimation; la seconde concerne les différentes stations d'échantillonnage qui présentent des substrats souvent très hétérogènes, affectant ainsi les organismes benthiques à cause des liens très étroits de ceux-ci avec leurs substrats. C'est donc dire que les indices ne sont pas tous immédiatement comparables entre eux sans pondération.

L'indice de diversité des différentes stations d'échantillonnage des régions étudiées, apparaissent aux Tableaux 3.4 et 3.5. L'équation utilisée est:

$$H = - \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

où:

- H = indice de diversité en bits;
- m = nombre de groupes taxonomiques;
- n_i = nombre d'individus dans le ième groupe taxonomique;
- N = nombre total des individus;
- \log_2 = logarithme à base 2.

- Diversité et fonctionnement de l'écosystème

Considérant qu'un écosystème évolue vers l'état climax, Margalef (17, 18) a été amené à considérer qu'il existait une relation inverse entre la diversité et le rapport Production/Biomasse (P/B) qui caractérise le fonctionnement du système. Selon cet auteur, l'énergie nécessaire au maintien d'une structure complexe ne permettrait pas une production élevée par unité de biomasse dans le cas d'un écosystème élaboré. Devaux (19) montre de façon nette que deux types de relation existent, c'est-à-dire que les faibles et les fortes diversités peuvent correspondre aux valeurs les plus élevées du rapport P/B.

Ces résultats ne nous semblent pas contradictoires. De façon théorique, il semble logique qu'il en soit ainsi. En effet, pour que le rendement d'une biocénose soit élevé, deux possibilités semblent offertes (19):

- 1- Le biotope présente des conditions favorables pour le développement d'une espèce particulière et dans le cas où ces conditions se maintiennent, cette espèce proliférera, entraînant un rapport P/B élevé et l'indice de diversité sera faible (stations 1, 7, 15 et 32).
- 2- Ou bien le biotope présente des conditions très variables, et le rapport P/B ne sera élevé que si la structure de la biocénose est très élaborée. Si toutes les niches écologiques sont occupées, chaque changement de conditions permettra à l'une ou l'autre des espèces de trouver un milieu favorable à son développement et cette espèce assurera à elle seule une production importante, à la condition que la biomasse totale ne soit pas trop importante, c'est-à-dire que la diversification corresponde à un grand nombre d'espèces peu représentées, d'où l'indice de diversité peu élevé (stations 18 et 26).

Entre ces deux cas, il semble qu'il existe un état intermédiaire dans lequel l'écosystème fonctionne mal. Pour une diversité voisine de 1 bit/organisme, en général le rapport P/B est très faible. Dans ce cas, aucune espèce ne domine, mais la diversité n'est pas suffisante pour qu'en toute condition, une population puisse se développer de façon active. C'est là un résultat totalement opposé à celui de Travers (20, 21) mais qui semble concilier les observations faites par Margalef (22) ainsi que Mayer et McCormick (23).

L'analyse des Tableaux 3.4 et 3.5 fait apparaître des singularités très intéressantes:

- 1- il existe beaucoup plus d'organismes benthiques par pied carré dans la section Beauharnois-lac Saint-Pierre que dans la section lac Saint-Pierre-Montmagny;
- 2- le nombre de groupes taxonomiques est plus grand dans la première région, que dans la deuxième, ce qui implique une faune plus riche, plus variée et plus diversifiée;
- 3- l'indice de diversité est plus grand pour la région du lac Saint-Louis que pour celle allant du lac Saint-Pierre à Montmagny. Ce résultat est complémentaire à 2;
- 4- pour le tronçon Cornwall - lac Saint-Pierre, un examen attentif des valeurs de l'indice de diversité montre qu'elles se divisent en trois groupes: i) de 0 à 1; ii) de 1 à 1.63; iii) plus que 1.63. Ces trois groupes représentent des milieux détériorés (indice 1), des milieux à problèmes potentiels (indice compris entre 1 et 1.63^{*}) et des milieux relativement sains;

* Dans le cas de l'étude faite par Beak's Consultant Ltd, l'indice de diversité a été calculé avec le logarithme naturel et sur les groupes taxonomiques seulement.

- 5- pour la région du lac Saint-Pierre à Montmagny, l'examen des résultats ne montre pas une division aussi nette entre les indices de diversité. On peut cependant partager les résultats en deux groupes: i) les valeurs entre 0 et 1 pour un milieu détérioré; et ii) les valeurs plus grandes que 1, mais inférieures à 3, c'est-à-dire milieu à problèmes potentiels.

- Valeur du tronçon étudié

L'étude de deux indices biotiques, l'indice de diversité et l'indice de Tuffery et Vernaux (4) montre que le fleuve Saint-Laurent entre le lac Saint-Pierre et Montmagny est un malade potentiel. Bien qu'il n'existe pas, dans la présente étude, de relation entre les deux indices, on peut quand même mettre en évidence que les stations 16, 5, 10, 39, selon l'indice de diversité, et que les stations 35B, 3, 7, 9, selon l'indice de Tuffery et Vernaux, sont parmi les stations les moins affectées, tandis que les stations 22, 30, 1, 29, 7, 15, 32, 34, selon l'indice de diversité, et que les stations 29, 35A, 38, 17, 28, 32, 34, 40, selon l'indice de Tuffery et Vernaux, sont les stations les plus atteintes. Pour cette partie du fleuve, le test-U de Mann-Whitney appliqué aux données du benthos ne montre pas de différences significatives entre la rive nord, la rive sud et la portion centrale du fleuve; on peut donc difficilement conclure à une hétérogénéité du fleuve, mais il est évident cependant que le fleuve est dans un état eutrophe avancé.

3.4.7 Bactériologie

Bien que plusieurs stations dépassent 100 bactéries coliformes par 100 ml (stations 4, 5, 10, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 38, 39, 40), ce qui est un indice de danger potentiel pour la baignade (stations 4, 5, 15, 16, 18, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 39, 40), les bactéries d'origine fécale sont très faibles

sauf aux stations 15 et 25 où les seules coliformes trouvées (460 et 930 par 100 ml) sont toutes d'origine fécale. Ce sont les stations d'échantillonnage avant et après Québec qui montrent le plus haut taux de Coli, ainsi que celle à l'embouchure de la rivière Sainte-Anne (1100 par 100 ml).

- Sédimentologie

Les Tableaux 3.4 et 3.5 donnent les valeurs de l'indice organique des sédiments. Un rapide coup d'oeil nous fait voir que l'indice pour le tronçon du fleuve, du lac Saint-Pierre à Montmagny, est beaucoup plus faible que l'indice pour le tronçon Cornwall-Varennes. Quatre stations sur trente-six ont un indice supérieur à 0.5, ce qui signifie que pour cette partie du fleuve les sédiments sont fortement minéralisés. Cependant, les stations 21, 35A et 35B ont un rapport C/N respectivement de 38, 64 et 87, soit une forte charge en matière organique contenant peu d'azote.

3.4.8 Poissons

Le Tableau 3.6 donne les espèces de poissons capturés dans le fleuve entre les Ecureuils et l'extrémité est de l'île d'Orléans, selon Paquet (9, 10, 11). Nous n'avons malheureusement pas pu comparer ces résultats avec les pêches expérimentales du Ministère de l'Industrie et Commerce en aval du pont Pierre-Laporte.

Bien que quarante (40) espèces soient représentées, ce nombre est sûrement un minimum compte tenu de la méthode de pêche (filets maillants). Sur ces quarante espèces, plusieurs peuvent être considérées comme sportives ou commerciales. Il serait donc important qu'à l'avenir, le gouvernement contrôle l'évolution des populations de ces espèces et prenne les mesures qui s'imposent pour maintenir et améliorer les réserves existantes.

Il est évident qu'il existe une incompatibilité entre le développement industriel et le maintien des espèces de poissons. Cette incompatibilité s'applique au niveau des pêches commerciales et des pêches sportives à implications touristiques; mais l'usage du fleuve comme dépotoir universel cause à plusieurs espèces des stress qui peuvent être fatal. Citons dans ce cas: l'esturgeon, le grand corégone, la brabotte brune, l'achigan à petite bouche, le doré, l'anguille et la ouananiche. Des études de dynamique de population et des facteurs qui influencent les migrations, la croissance et la reproduction devraient être entreprises.

3.4.9 Résumé

Les données recueillies font ressortir les caractères suivants:

- 1- l'eau du fleuve est encore de qualité relativement acceptable;
- 2- la rive nord du fleuve est plus détériorée que la rive sud;
- 3- l'eutrophisation organique du fleuve est mise en évidence par les levures roses très abondantes, par les types d'algues rencontrés, par les mollusques et les Gammaridés et par l'association Chironomides - Tubifex et par la faible représentation des Trichoptères, des Héphéméroptères et des Odonates;
- 4- les bactéries d'origine fécale sont peu nombreuses sur la presque totalité du tronçon et notons l'absence de Nématodes et d'Hydracariens;
- 5- du lac Saint-Pierre à Montmagny, les eaux du fleuve sont beaucoup plus pauvres en unités taxonomiques benthiques que de Cornwall au lac Saint-Pierre*;

* ce qui peut être causé par plusieurs facteurs (dates d'échantillonnage, régime hydraulique, qualité des fonds, qualité de l'eau).

- 6- l'absence de correspondance des stations d'échantillonnage des différents consultants rend l'interprétation écologique difficile.

TABLEAU 3.1 Estimé du débit solide en plusieurs points sur le Saint-Laurent durant la période 1971 - 1973		
LIEU	PERIODE	DEBIT SOLIDE (tonnes/jour)
Exutoire du lac Ontario	moyenne de 1971	1,200
Section en face de Cornwall	septembre 1972	5,300
Exutoire du lac Saint-François	septembre 1972	3,000
Pont Mercier	moyenne été et automne 1972	4,300
Au barrage Carillon sur l'Outaouais	automne 1972	1,200
Sur la rivière des Prairies	automne 1972	500
Sur la rivière des Mille-Iles	automne 1972	50
Fleuve à Varennes	campagne 1973	3,500
Fleuve à Sorel	campagne 1973	6,500
Delta de Sorel	campagne 1973	6,500 - 8,500
Entre Trois-Rivières et Batiscan	campagne 1973	17,000 - 58,000
Entre Batiscan et Portneuf	campagne 1973	7,000 à 14,000

TABLEAU 3.2 Estimé du débit solide des principaux tributaires de la région d'étude au cours de la campagne 1973		
RIVIERE	DATE DES PRELEVEMENTS	DEBIT SOLIDE (tonnes/jour)
Assomption	7- 9	185
Richelieu	26- 9	176
Yamaska	28- 9	267
St-François	28- 9	184
Du Loup	3-10	6
Nicolet	11-10	58
St-Maurice	26-10	250
Bécancour	16-10	71
Batiscan	22-10	93
Ste-Anne-de-la-Pérade	22-10	34
Portneuf	12-11	4
Jacques-Cartier	13-11	43
Chaudière	13-11	32
Etchemin	13-11	10
St-Charles	13-11	78
Montmorency	12-11	3
Ste-Anne-du-Nord	12-11	117
Rivière-du-Sud	14-11	73

TABLEAU 3.3 Organismes benthiques des régions étudiées						
Section Organismes	Kingston à Beauharnois (12)	Beauharnois au Lac Saint-Pierre (1)	Lac Saint-Louis (13)	Rivière des Prairies (14)	Lac des Deux- Montagnes (4)	Lac Saint-Pierre à Montmagny (3)
PORIFERES		+				
COELENTERES	+	+				
TUBELLARIES	+	+	+	+	+	+
NEMERTES	+	+				
NEMATODES	+	+			+	
BRYOZOAIRES		+				
ANNELIDES						
Oligochètes	+	+	+	+	+	+
Polychètes	+	+				
Hirudinés	+	+	+	+	+	+
CRUSTACES						
Amphipodes	+	+	+	+	+	+
Isopodes	+	+	+	+	+	+
Décapodes		+				
Copépodes	+	+	+		+	
Cladocères	+					
HYDRACARINA	+					
INSECTES						
Plécoptères		+				
Ephéméroptères	+	+	+	+	+	+
Odonates	+	+	+	+	+	+
Hémiptères	+	+		+		
Tricoptères	+	+	+	+		+
Lépidoptères		+				
Coléoptères	+	+		+	+	
Diptères						
Chironomides	+	+	+	+	+	+
autres	+	+	+	+		+
MOLLUSQUES	+					
Pélicypodes		+	+	+	+	+
Gastéropodes	+	+	+	+	+	+
DIVERS		+	+			
TOTAL DES GROUPES TOXONOMIQUES	21	16	15	14	13	13

TABLEAU 3.4 Indice de diversité pour les stations de Beak comprises entre Beauharnois et le lac Saint-Pierre					
STATION	NOMBRE D'ORGANISME π^2	NOMBRE DE GROUPES TAXONOMIQUES	INDICE DE DIVERSITE	INDICE ORGANIQUE DES SEDIMENTS	NOMBRE TOTAL DE MICROORGANISMES D'ORIGINE FECALE
RIVIERE DES MILLE-ILES					
2	164	14	2.43	0.802	16
15	152	13	1.49	0.281	3
16	99	8	1.63	0.582	205
17	272	11	2.14	0.045	1287
18	264	14	2.45	0.025	5373
23	3663	8	1.27	0.229	665
24	8405	15	1.83	0.246	306
RIVIERE DES PRAIRIES					
2	164	14	2.43	0.802	16
19	731	12	2.83	0.329	3
20	753	14	2.21	0.008	10
21	868	15	1.96	0.215	233
22	30302	5	0.13	1.330	8100
23	3663	8	1.27	0.229	665
24	8405	15	1.83	0.246	306
RIVE NORD DU FLEUVE SAINT-LAURENT					
3'	853	12	1.24	0.025	0
3"	2641	7	1.31	0.007	3
5	(103)*	6	1.31	0.240	1660
8	116183	6	0.01	1.745	2
11	33433	5	0.19	1.092	4
14	1512	8	0.13	0.099	5880
24	8405	15	1.83	0.246	306
26	4285	8	1.20	0.104	--
29	86	7	1.14	0.005	3
31	8923	9	2.24	1.256	600
32	594	13	1.92	0.017	950
38	101	8	1.63	0.002	--
39	1187	14	1.21	0.040	--
RIVE SUD DU FLEUVE SAINT-LAURENT					
4	1657	15	2.71	0.644	90
7	620	12	2.41	0.250	115
9	495	4	0.10	3.269	1864
12	8109	8	1.33	0.059	502
13	637	11	1.49	0.036	3802
25	21	8	2.09	0.688	370
28	300	13	1.86	0.014	--
30	312	7	2.09	0.008	234
33	1146	11	1.44	0.033	264
34	937	15	2.74	0.044	6
35	5694	13	2.54	0.488	470
36	3102	14	1.18	0.070	800
40	537	13	1.96	0.033	--
CENTRE DU FLEUVE SAINT-LAURENT					
1	380	14	2.34	0.176	0
6	---	--	---	---	--
10	1072	11	1.20	0.039	5900
27	665	13	1.99	0.023	--
36	3102	14	1.18	0.070	800

* A titre indicatif seulement

TABLEAU 3.5 Indice de diversité pour les stations d'ECO-Recherches entre le lac Saint-Pierre et Montmagny					
STATION	NOMBRE D'ORGANISME/ π^2 *	NOMBRE D'ESPECES	INDICE DE DIVERSITE	INDICE ORGANIQUE DES SEDIMENTS	NOMBRE TOTAL DE MICRO-ORGANISMES D'ORIGINE FECALE
RIVE NORD DU FLEUVE SAINT-LAURENT					
4	14	3	0.67	0.253	390
8	--	--	----	0.059	660
12	--	--	----	----	232
18	118	13	1.80	0.28	270
21	64	9	1.89	1.007	392
27	309	8	1.16	0.516	283
34	--	--	----	0.006	5
RIVE SUD DU FLEUVE SAINT-LAURENT					
1	2884	8	0.30	0.290	270
5	27	12	2.70	0.000	970
9	20	7	1.38	0.099	5
13	5	5	1.93	0.012	152
16	59	14	2.85	0.020	232
19	--	--	----	----	283
22	116	5	0.44	0.009	503
28	18	3	1.18	0.379	247
CENTRE DU FLEUVE SAINT-LAURENT					
2	7	5	1.46	0.007	860
3	96	6	0.83	0.039	1860
6	6	6	1.97	0.003	432
7	138	2	0.05	0.071	932
10	6	6	2.59	0.009	932
11	--	--	----	0.003	440
14	--	--	----	----	932
17	2	2	1.00	0.037	152
20	--	--	----	0.035	122
23	--	--	----	----	1593
24	--	--	----	----	439
25	32	8	1.41	0.017	9343
26	243	12	1.41	0.909	670
29	50	2	0.12	0.305	58
30	52	5	0.34	0.006	244
31	--	--	----	----	45
32	13	1	0.00	0.009	232
33	--	--	----	0.003	5
AFFLUENTS DES RIVES NORD ET SUD					
35A	3	3	1.59	0.187	970
35B	173	12	1.53	0.175	320
35C	6	6	2.08	0.051	270
36	17	7	1.83	0.004	453
37	4	4	1.79	0.002	470
38	10	3	1.24	0.002	2630
39	18	9	2.47	0.014	960
40	11	3	0.94	0.011	1170

* La densité des organismes a été ramenée au pied carré

TABLEAU 3.6 Liste des poissons pêchés dans le fleuve Saint-Laurent entre les Ecureuils et l'extrémité est de l'île d'Orléans (Paquet, 1972,73,74)

NOM SCIENTIFIQUE Espèce et famille	NOM VERNACULAIRE
<u>PETROMYZONTIDAE</u>	
Ichthyomyzon unicuspis	lamproie argentée
Petromyzon marinus	lamproie marine
<u>ACIPENSERIDAE</u>	
Acipenser fulvescens	esturgeon de lac ou Cansus
Acipenser oxyrhynchus	esturgeon noir
<u>CLUPEIDAE</u>	
Alosa pseudoharengus	gaspareau
Alosa sapidissima	alose savoureuse
<u>HIODONTIDAE</u>	
Hiodon tergisus	laquaiche argentée
<u>SALMONIDAE</u>	
Salmo salar	ouananiche
Salvelinus fontinalis	omble de fontaine
Coregonus clupeaformis	grand corégone
<u>OSMERIDAE</u>	
Osmerus mordax	éperlan arc-en-ciel
<u>EXOCIDAE</u>	
Esox lucius	grand brochet
<u>CYPRINIDAE</u>	
Cyrpinus carpio	carpe (allemande)
Hybognathus nuchalis	méné d'argent
Notropis atherinoides	méné émeraude
Notropis cornutus	méné à nageoire rouge
Notropis hudsonius	queue à tache noire
Notropis stramineus	méné paille
Semotilus atromaculatus	mulet à corne
Semotilus corporalis	ouitouche
Semotilus margarita	mulet perle
<u>CATOSTOMIDAE</u>	
Catostomus catostomus	meunier rouge
Catostomus commersoni	meunier noir
Moxostoma valenciennesi	suceur jaune
<u>ICTALURIDAE</u>	
Ictalurus nebulosus	barbotte brune
<u>ANGUILLIDAE</u>	
Anguilla rostrata	anguille d'Amérique
<u>CYPRINODONTIDAE</u>	
Fundulus diaphanus	fondule barré
<u>GADIDAE</u>	
Microgadus tomcod	poulamon
<u>GASTEROSTEIDAE</u>	
Apeltes quadracus	épineche à quatre épines
Gasterosteus aculeatus	épineche à trois épines
Pungitius pungitius	épineche à neuf épines
<u>PERCOPSIDAE</u>	
Percopsis omiscomaycus	omisco
<u>PERCICHTHYIDAE</u>	
Morone americana	bar - perche
<u>CENTRARCHIDAE</u>	
Micropterus dolomieu	achigan à petite bouche
<u>PERCIDAE</u>	
Etheostoma nigrum	raseux de terre
Perca flavescens	perchaude
Percina caprodes	dart perche
Stizostedion canadense	doré noir
Stizostedion vitreum vitreum	doré jaune
<u>PLEURONECTIDAE</u>	
Liopsetta putnami	plie



Université du Québec
INRS - Eau

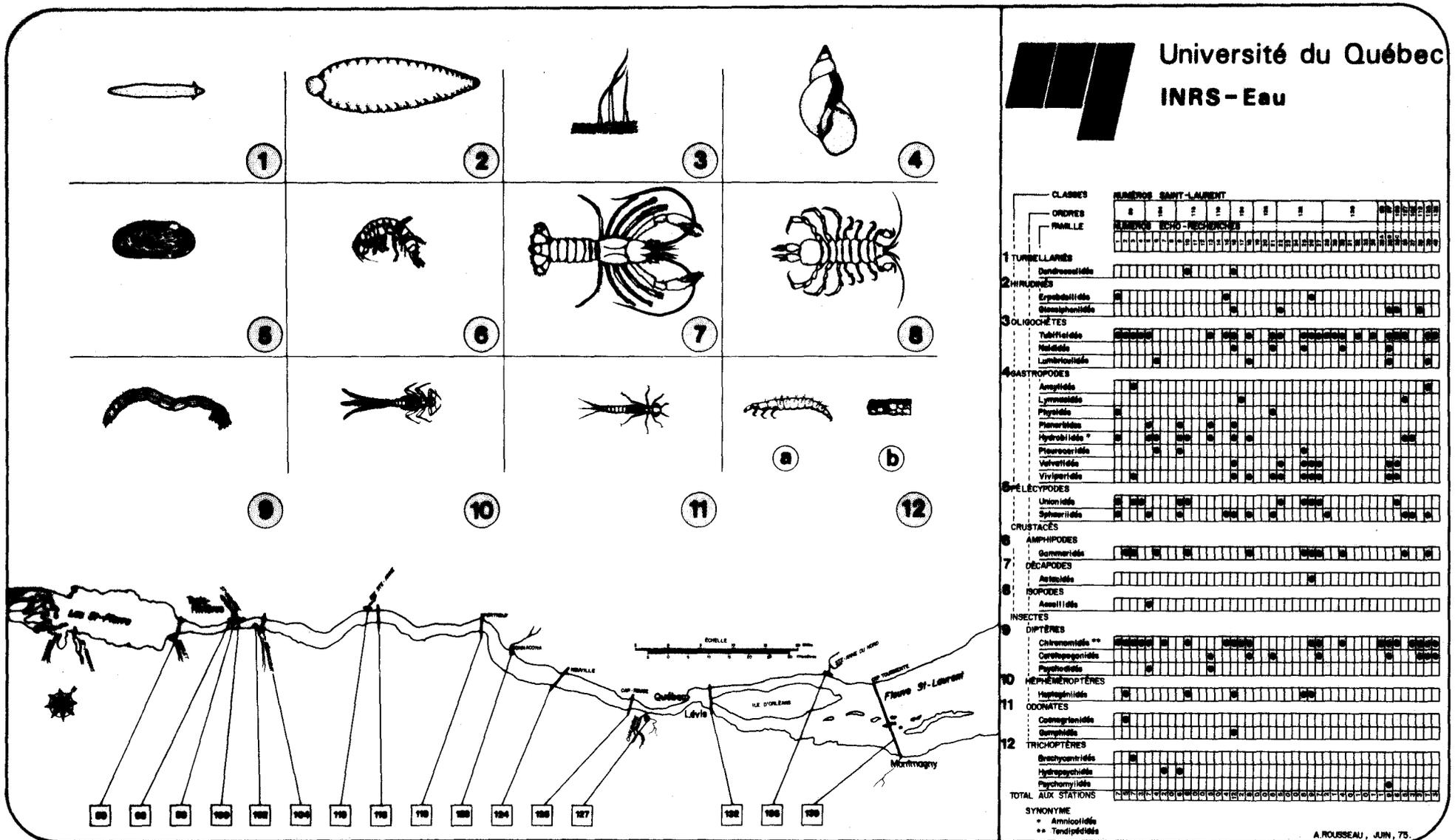


FIGURE 3-1 Résumé des études benthiques sur le fleuve - Section lac Saint-Pierre-Montmagny

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- MARGALEF, D.R. (1957).
Information theory in ecology. General system, 3: 36-71 (Traduction anglaise par W. Hall).
- 2- LLOYD, M., et GHELARDI, R.J. (1964).
A table for calculating the "equitability" component of species diversity. J. Anim. Ecol., 33: 217-225.
- 3- MAC ARTHUR, R.H. (1957).
On the relative abundance of bird species. Proc. Nat. Acad. Sci. Washington, 43: 293-295.
- 4- TUFFERY, G. et VERNEAUX, J. (1968).
Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. C.E.R.A.F.E.R., Section pêche et pisciculture, 14, avenue de Saint-Mandé, 75 Paris (12e). VIII : 21 p.
- 5- BECK, W.M. Jr. (1954).
Studies in stream pollution biology: I. A simplified ecological classification of organisms. J. Fla. Acad. Sciences, 17 (4): 211-227.
- 6- THERMOPOL 11 (1973).
"Section biologie, U.Q.T.R."
- 7- ECO-RECHERCHES LIMITEE. (1974).
Rapport non publié.
- 8- SIMARD, R.E. et BLACKWOOD, A.C. (1970).
Niveau de pollution du fleuve Saint-Laurent: Rhodo torula comme indicateur de la pollution de l'eau. Annale de l'ACFAS, Vol 37, p. 26.
- 9- PAQUET, G. (1972).
Etude physico-chimique et inventaire ichtyologique sommaire du fleuve Saint-Laurent. Ministère du Tourisme de la Chasse et de la Pêche.
I - Ecureuil, Sainte-Croix, Cap Rouge, Saint-Nicolas.
- 10- PAQUET, G. (1973).
II - Bras Nord Iles d'Orléans
- 11- PAQUET, G. (1974).
III - Pont de Québec, Saint-David, Bras Sud Ile d'Orléans.
- 12- SYNTHESE I.
Synthèse des études faites sur le fleuve Saint-Laurent en 1973 pour le comité Environnement Canada. INRS-Eau, 1974.

- 13- BEAK, T.W. CONSULTANTS LIMITED. (1973).
"Etude biologique et benthonique du fleuve Saint-Laurent".
- 14- REGIE DES EAUX DU QUEBEC. (1972).
"Qualité des Eaux des rivières des Prairies, des Mile-Iles et du lac des Deux-Montagnes". INRS-Eau, Québec.
- 15- MAGNIN, E. (1970).
"Faune benthique littorale du lac Saint-Louis près de Montréal (Québec) I: Quelques données générales", *Annals Hydrobio*, 1 (2), 181-195.
- 16- VAILLANCOURT, G. (1968).
"Indices de pollution des eaux de la rivière des Prairies". Mémoire de maîtrise, Université de Montréal.
- 17- MARGALEF, R. (1973).
"Ecologie marine: nouvelles vues sur de vieux problèmes"., *Année biologique*, 2, 3-16.
- 18- MARGALEF, R. (1963).
"On certain unifying principles in exology"., *Amer. Natur.*, 97, 357-374.
- 19- DEVEAUX, J. (1973).
"Contribution à l'étude des populations phytoplanctoniques du lac de Tazenat (Puy-de-Dôme). Extrait des annales de la station biologique de Besse-en-Chandesse, 7.
- 20- TRAVERS, M. (1971).
"Le microplancton du Golfe de Marseille: études quantitative structurale et synécologique: variations spatiotemporelles". Thèse de doctorat, Aix-Marseille.
- 21- TRAVERS, M. (1971).
"Diversité du microplancton du Golfe de Marseille en 1964", *Mar. Biol.*, 8 (4), 308-343.
- 22- MARGALEF, R. (1965).
"Ecological correlations and the relationship between primary productivity and community structure"., *Men. Ist. Ital. Idrobiol.*, 18, 355-364.
- 23- MAYER, K.A. et McCORMICK, J.F. (1971).
"Seasonal fluctuation of phytoplankton composition, diversity and production in a fresh water lake". *Journ. Mitchell. Sc. Soc.*, 87 (3), 127-138.

CHAPITRE 4

TABLEAU SYNOPTIQUE DES OBSERVATIONS ET ESQUISSE D'UTILISATION

4. TABLEAU SYNOPTIQUE DES OBSERVATIONS ET ESQUISSE D'UTILISATION

4.1 Résumé des observations des consultants

Les principaux résultats obtenus par les consultants sont visualisés dans l'annexe cartographique.

Les tableaux suivants présentent une synthèse de ces données sur le tronçon Varennes-Montmagny dans les domaines suivants:

- | | |
|---|---|
| 1. vitesses et débits | 2. régime thermique |
| 3. oxygène dissous | 4. minéralisation |
| 5. substances nutritives | 6. tannins et lignines |
| 7. bactériologie (SPEQ) | 8. sédiments en suspension |
| 9. minéralogie des sédiments de fond | 10. charriage |
| 11. dragages | 12. physique des sédiments |
| 13. physico-chimie des sédiments | 14. substances inorganiques des sédiments |
| 15. substances organiques des sédiments | 16. métaux lourds |
| 17. radioactivité des sédiments | 18. bactéries |
| 19. levures roses | 20. algues |
| 21. benthos | 22. poissons |

4.2 Esquisse d'utilisation

4.2.1 Option d'aménagement

Les études effectuées sur le tronçon Varennes-Montmagny ont mis en évidence les résultats fondamentaux suivants:

- a) les eaux du fleuve se mélangent mal: les eaux des tributaires restent identifiables plusieurs dizaines de milles en aval de leur confluence; par ailleurs, le débit transité dans le chenal central représente 70% du débit total;
- b) la qualité physico-chimique du fleuve est encore relativement bonne, excepté à proximité de certains rejets riverains - le niveau de la DBO est stable et relativement faible; l'oxygénation est bonne;
- c) la qualité bactériologique est surtout détériorée près des berges, à cause des égouts locaux et des bassins ripariens;
- d) à la lumière des connaissances actuelles sur les phénomènes d'eutrophisation, les rejets domestiques des eaux usées des agglomérations de Montréal, Trois-Rivières et Québec pourraient constituer des apports importants en éléments nutritifs nécessaires à la productivité biologique (pêcheries, homards, crevettes, huîtres, etc..).

Compte tenu de ces constatations et des contraintes qu'exercent les unes sur les autres les diverses utilisations souhaitées du fleuve, il nous apparaît souhaitable d'envisager la matérialisation de l'option générale d'aménagement suivante:

- favoriser dans la zone riparienne la vie aquatique, l'alimentation et les activités récréatives;
- réserver les eaux du chenal aussi longtemps que possible aux utilisations exerçant le plus de contraintes sur les autres usages souhaités mais indispensables: navigation et rejet des eaux usées.

4.2.2 Logique de cette option

Parmi les usages souhaités du fleuve, un certain nombre sont localisés par leur nature même:

- la navigation est conditionnée par la profondeur de l'eau, les activités récréatives par les possibilités d'accès via les berges et la vie aquatique, par la physiographie et la qualité des habitats.

La question qui se pose véritablement est celle d'une localisation systématique des zones de prise d'eau d'alimentation et des zones de rejet des eaux usées. En tenant compte du phénomène naturel du mauvais mélange latéral, il est possible d'isoler sur de grandes distances les zones de rejets d'eaux usées des zones réservées à la vie aquatique, à l'alimentation et aux activités récréatives. Cette option, d'ailleurs, s'impose déjà non seulement pour les grandes villes comme Montréal, Trois-Rivières et Québec où des rejets riverains auraient des conséquences par trop visibles, mais aussi pour les municipalités de moindre importance.

Nous suggérons donc que cette option soit généralisée pour tous les rejets et toutes les prises d'eau du fleuve.

4.2.3 Les traitements et les rejets

La communauté urbaine de Montréal est en train de construire un réseau de collecteurs pour amener la totalité de ses eaux usées (environ 500 p³/s) sur l'île Sainte-Thérèse en vue d'un traitement - un diffuseur est aussi projeté pour rejet dans le chenal. Des projets similaires existent à Québec. A notre interprétation, un traitement aura pour effet de diminuer la charge de DBO rejetée, dont la concentration, avant traitement, est déjà faible et stable. Nous avons par

ailleurs déjà fait remarquer que les charges rejetées sont possiblement des éléments-moteurs de la productivité biologique du fleuve et du haut estuaire du Golfe.

Par contre, le problème de la pollution bactériologique qui paraît, d'après les mesures, critique dans le fleuve, ne sera pas amélioré par les traitements primaires et secondaires. Certaines études ont même mis en évidence une détérioration.

Face à ce problème, l'alternative radicale consistant à aseptiser les rejets par ozonation aurait pour conséquence de rendre réfractaire la matière organique et de diminuer la biomasse bactérielle (coliformes et décomposeurs). L'apport nutritif au zooplancton et aux organismes filtrants étant diminué, les conditions seraient propices à la prolifération des algues (bloom).

Dans cette optique, on peut remettre aussi en question l'intérêt des diffuseurs, si l'on cherche à ne pas favoriser le mélange pour protéger les berges.

4.2.4 En guise de conclusion

Si on accepte le fait que le rejet des eaux usées constitue l'un des problèmes importants pour la qualité biologique du fleuve, les solutions envisageables sont certainement différentes si l'on considère les 3 origines possibles: les grandes agglomérations, les bassins riverains et les tributaires.

Les conséquences de chaque solution dépassent largement la qualité immédiate de l'eau du tronçon Varennes-Montmagny et les aspects sédimentaires, nutritifs et toxiques doivent être considérés pour l'ensemble du golfe Saint-Laurent.

TABLEAU 4.1 VITESSES ET DEBITS

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350	--	la vitesse varie de 0 à 5 pi/s	<p>Les vitesses peuvent atteindre 9 pi/sec à marée descendante dans la région de Québec; les vitesses sont distribuées de façon hétérogène dans la région d'étude: elles sont généralement supérieures dans le chenal (> 2.5 pi/sec) et inférieures (< 0.5 pi/sec) près des berges. Les débits sont influencés probablement par la gestion des niveaux sur les Grands Lacs et sur l'Outaouais. L'apport des affluents principaux sur la région d'étude correspond à une augmentation du débit du fleuve de 15% pour septembre et octobre. Considérant qu'ils se mélangent lentement, leur impact est très élevé le long des rives et ceci jusqu'à Portneuf.</p>
175		<p>le rapport $\frac{\text{débit de crue}}{\text{débit d'étiage}} = 1.5,$</p> <p>donc une bonne régularisation</p> <p>Historique des débits moyens:</p> <p>diminution de 1951 (368,000p³/s) à 1964 (260,000p³/s) et augmentation en 1973 (412,000p³/s)</p>	
175	Rive nord	Rivières des Prairies et des Mille-Iles	Contribution aux débits: 12% en moyenne; 18% en mai
244	Rive nord	Rivière Saint-Maurice	Contribution aux débits: 6.5% en moyenne; 10% en mai

TABLEAU 4.2 REGIME THERMIQUE

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350		peu de variations verticales ou transversales (0.5°C)	Les variations transversales sont dues aux différences de température entre les eaux du fleuve et celles des tributaires et à la moins grande inertie thermique des masses d'eau avoisinant les berges
175		en octobre, les eaux de l'Outaouais sont de 2 à 4°C inférieures à celles du fleuve	

TABLEAU 4.3 OXYGENE DISSOUS			
MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350	partout	près de la saturation	En dépit des apports importants de matière organique

TABLEAU 4.4 MINERALISATION

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 205	-	varie transversalement	Mauvais mélange des eaux de l'Outaouais et de la rivière des Prairies avec celles du Saint-Laurent
205 - 243	-	varie transversalement	Mauvais mélange des eaux de la Yamaska, de la Saint-François, Bayonne, Maskinongé, Du Loup, Yamachiche, Nicolet et précédentes avec celles du fleuve.
243 - 283	-	varie transversalement	Mauvais mélange des eaux de la Saint-Maurice, Champlain, Batiscan, Sainte-Anne, Bécancour, Gentilly, Duchêne et précédentes avec celles du fleuve.
283 - 319	-	varie transversalement mais homogène à Québec	Mauvais mélange des eaux de la Jacques-Cartier et précédentes avec celles du fleuve
175 - 350	chenal	diminue progressivement de Varennes à Montmagny	Dilution des eaux du Saint-Laurent par les eaux moins minéralisées des tributaires, surtout Outaouais et Saint-Maurice.

TABLEAU 4.5 SUBSTANCES NUTRITIVES

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 190	Rive sud Rive nord	P et N plus élevés qu'au centre P et N plus élevés qu'au centre	Emissaires d'égoûts Emissaires d'égoûts et rivière des Prairies
190 - 212	Rive sud Chenal	P et N plus élevés qu'au centre P et N plus élevés qu'au centre	Emissaires d'égoûts et rivière Richelieu
212 - 235	Rive nord	P plus élevé qu'au centre	
241.7	Rive nord	N et P élevés	Emissaires d'égoûts de Trois-Rivières
320	Port de Québec	P élevé	Emissaires d'égoûts

TABLEAU 4.6 TANNINS ET LIGNINE

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
235	Rive sud	élevé	plus élevé sur la rive nord que sur la rive sud
250 - 255	Rive sud	élevé	
175 - 320	Rive nord	élevé	

TABLEAU 4.7 BACTERIOLOGIE (SPEQ)

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 190	Rive sud Rive nord	Coliformes et coliformes fécaux élevés Coliformes et coliformes fécaux très élevés	Emissaires d'égouts Emissaires d'égouts et rivière des Prairies
190 - 212	Rive sud Chenal	Coliformes et coliformes fécaux élevés Coliformes et coliformes fécaux élevés	Emissaires d'égouts et rivière Richelieu
212 - 235	Rive sud Rive nord	Coliformes et coliformes fécaux élevés Coliformes et coliformes fécaux élevés	Rivières Yamaska et Saint-François
241.7 255 - 320 320	Rive nord Rive nord Port de Québec	Coliformes et coliformes fécaux élevés Coliformes et coliformes fécaux élevés Coliformes et coliformes fécaux élevés	Emissaires d'égouts de Trois-Rivières Emissaires d'égouts
Ile d'Orléans	Bras sud Bras nord	Coliformes et coliformes fécaux élevés Coliformes et coliformes fécaux élevés	Emissaires d'égouts Emissaires d'égouts

TABLEAU 4.8 SEDIMENTS EN SUSPENSION

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350		<ul style="list-style-type: none"> - les concentrations des sédiments en suspension sont faibles; leurs variations transversales sont grandes; localement de l'ordre de 50%; - les sédiments en suspension sont surtout constitués de limon et d'argile 	<p>Les faibles concentrations sont associées aux zones de faible vitesse. Dans les régions où il y a renversement de courant, il y a sédimentation à marée haute ou basse suivie d'une remise en suspension lors de l'accélération des vitesses. L'estimé des débits solides est entaché d'une erreur d'au moins 30%. Il est sous-estimé à 4.2×10^6 tonnes/an à Québec. Les débits solides transportés par les affluents sont très élevés au printemps; la proportion de la charge solide transportée peut atteindre 80% durant cette crue.</p>
175 - 245		les débits solides (1973) sont faibles, de l'ordre de 3500 à 7000 tonnes par jour	
245		forts débits solides: 575000 tonnes par jour	
311	Rive sud embouchure	les débits solides de la rivière Chaudière varient de 200 à 54000 tonnes par jour en période de crue de printemps	

TABLEAU 4.9 MINÉRALOGIE DES SÉDIMENTS DE FOND

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRÉTATION
175 - 350	partout	<p>On retrouve dans les fragments arrondis de gravier, des granites, des gneiss et des schistes micacés.</p> <p>Occasionnellement on y retrouve des grès et des calcaires.</p> <p>La fraction légère des sables (densité < 2.96) est prédominante (70 à 100% du sable présent dans les sédiments de fond).</p> <p>La dispersion des minéraux de sable est très aléatoire.</p> <p>Les limons des sédiments de fond ont une prédominance de minéraux non-argileux. (quartz et feldspath)</p> <p>Les argiles grossières sont plus abondantes dans les sédiments de fond que les argiles fines.</p>	<p>Ces types de roches se rencontrent dans les glaciaires au nord du fleuve et dans les formations géologiques du bouclier canadien</p> <p>Les grès et les calcaires proviennent des formations sédimentaires paléozoïques des basses terres du Saint-Laurent.</p> <p>La composition minéralogique et la morphologie des grains de sable sont semblables à celles que l'on retrouve pour des sables reposant sur les argiles de la mer Champlain.</p> <p>Il n'est pas possible d'en déterminer la provenance exacte.</p> <p>L'absence des argiles fines dans les sédiments de fond s'explique par la grande facilité des minéraux à forme lamellaire de demeurer en suspension. Les argiles possèdent une grande capacité d'adsorption ionique et non ionique.</p>

TABLEAU 4.10 CHARRIAGE DE FOND

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 200	Chenal	Transport solide par charriage de 50 à 500 tonnes/jour.	L'évaluation du transport solide doit être associée à une capacité de transport; en effet, il semble que le Saint-Laurent possède une capacité de transport supérieure à la disponibilité en sédiments. Ceci explique que les observations témoignent de la diversité des fonds dont la composition s'étend des argiles aux graviers.
235 - 245	Chenal	La puissance de l'écoulement n'est pas suffisante pour mettre en suspension les matériaux de fond.	
175 - 350	Rives nord et sud	La majorité des sédiments en suspension proviennent du bassin de drainage via les tributaires.	

TABLEAU 4.11 DRAGAGES

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
225 243 - 255 260	Chenal	Dragages d'entretien tous les 2 ou 3 ans.	Les dragages d'entretien portuaire ainsi que les dragages d'élargissement n'ont pas été inventoriés. Les dragages fréquents amènent la formation de halles de déblais érodables et sujets aux modifications du régime hydrodynamique. Ils augmentent considérablement la turbidité du milieu en remettant en suspension des sédiments auxquels peuvent être associés toxiques et matières organiques; ainsi ils ont un effet sur la qualité du milieu
312	Chenal	Dragages d'entretien tous les 7 ans.	
353	Rive nord	Aires de rejet (75% du volume) des dragages en aval de l'île d'Orléans.	

TABLEAU 4.12 PHYSIQUE DES SEDIMENTS DE FOND			
MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350	partout	Poids spécifique des sédiments est uniforme = 2.65.	Composition minéralogique régulière des sédiments de fond.
178 - 189	Chenal côté sud	Argile compacte sans érosion, sous 35 pieds d'eau.	Les vitesses supérieures à 2 pi/sec interdisent le dépôt de particules fines dans le chenal.
178 - 189	rive sud	Berge de l'île Sainte-Thérèse l'érosion est très forte.	
197 - 205	--	Transport de fond; la rive sud est protégée et la rive nord est stable.	
205 - 222	--	Vaste zone de dépôt, sauf localement quand la vitesse est élevée	Les seuils de pierre dans les chenaux près de la rive nord, sont probablement la cause de la sédimentation élevée.
214	Chenal côté sud	Erosion élevée des îles de Grâce, Lapierre et ses berges	Les fortes vitesses et le battillage sont responsables de l'érosion élevée des berges de certaines îles; les sédiments seront transportés jusque dans le lac Saint-Pierre.
205 - 215	Chenal	Dans le chenal les sédiments sont compacts et argileux.	
223 - 233	--	Dimension caractéristique des particules composant les sédiments augmentent de l'amont vers l'aval.	On rencontre 3 types de fonds dans le lac Saint-Pierre: les sédiments de fonds composés de matériaux morainiques (jusqu'à 200 pieds) d'argile marine laissée par la mer Champlain, de limon et de sable d'origine lacustre et fluviale.
242 - 283	Chenal	Les sédiments sont constitués de graviers, sauf exception.	
248 - 283	Rive sud	Présence de nombreuses battures à partir de Gentilly dans les zones où les vitesses sont faibles.	
242 - 283	Rive nord	Les berges sont érodées faiblement ou protégées.	En aval de Grondines, les vitesses deviennent fortes et les fonds sont probablement constitués de sable et de gravier.
265 - 283	Rive nord	La berge est érodée faiblement ou protégée.	
283 - 319	Chenal	Les matériaux de fond du chenal sont des sables et des graviers.	Dans cette zone (Portneuf-Québec) de renversement de courant, il est difficile d'esquisser le régime sédimentologique; il semble toutefois que la vitesse élevée et le renversement des eaux engendrent des rives peu stables si on en juge par les ouvrages de protection qu'elles ont nécessités.
324	Rive nord	L'entrée du bras-nord est une zone de dépôt.	
319 - 355	Chenal bras-sud	Les vitesses à marée montante et descendante sont élevées; les fonds sont constitués en majeure partie par un mélange de sable et de gravier.	Le régime sédimentologique entre Québec et Montmagny est fort complexe: c'est la zone de mélange des eaux douces avec les eaux salées. Les sédiments originaires du bras-nord de l'île d'Orléans semblent se déposer dans le chenal maritime.
319 - 355		Charriage de fond non négligeable.	

TABLEAU 4.13 PHYSICO-CHIMIE DES SEDIMENTS

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350	partout	Le pH des sédiments de fond varie entre 6.6 et 8.2.	Certaines substances (matières humiques, argile) ont une influence sur le pH des sédiments de fond.
175 - 205		pH ~ 7	
243 - 280		pH ~ 7.5	
		Le Eh des SF varie de + 290 à 430 mV; ce sont des variations normales pour les eaux douces.	Les potentiels rédox Eh très négatifs sont caractéristiques d'un milieu eutrophe et d'un fond réducteur, donc fort consommateur d'oxygène.
195 205 209 - 230 209 - 230 250 - 273	rives -- rive nord rive sud --	Eh, de - 100 à -200 - 100 à -400 + 20 à +200 - 70 à + 80 + 20 à +280	
206 - 263	--	Les valeurs de la demande en oxygène des sédiments de fond varient de 0.01 à 0.35 g/m ² /jour ce qui est inférieur aux mesures effectuées sur le Lac Erié.	Les mesures sont effectuées à des points où les Eh est près de zéro (-30 à +60 mV); il est probable que dans le tronçon Varennes-Sorel où les Eh sont très négatifs que la demande en oxygène des sédiments de fond aura été plus élevée.

TABLEAU 4.14 SUBSTANCES INORGANIQUES DES SEDIMENTS DE FOND

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350	--	La concentration en phosphore total est d'environ 800 mg/kg. Le phosphore disponible (méthode de Bray et Olsen) est lié étroitement à la concentration en phosphore total.	Le phosphore se retrouve en abondance dans les aires de sédimentations. Dans le lac Saint-Pierre, près des rives, les concentrations sont très grandes, particulièrement dans le delta de Sorel. La disponibilité au phosphore montre que plusieurs aires sont propices à la prolifération des végétaux.
175 - 35 215 215 215	-- rive sud chenal rive nord	La concentration en azote total est forte dans les zones sédimentaires: 200 à 2000 mg/kg 85 à 235 mg/kg 100 à 2100 mg/kg	
175 - 350 205 221 244 200 - 221 200 - 211	-- chenal chenal chenal rive sud rive nord	Le rapport C/N reste, en général, compris entre 7 et 26. C/N = 42 (CENTREAU) C/N = 27 (CENTREAU) C/N = 24 (CENTREAU) 9 < C/N < 40 (CENTREAU) 9 < C/N < 54 (CENTREAU)	Un rapport faible (C/N inférieur à 8) indique la présence de matière organique bien décomposée. Pour un rapport compris entre 8 et 20, la matière organique est moyennement stable et pour un rapport supérieur à 20, la matière organique est peu ou pas décomposée.
235 - 344 243 311	-- embouchure St-Maurice embouchure Cap-Rouge	L'indice organique des sédiments C/N = 64 et 87 (Eco-RECHERCHES) C/N = 38 (Eco-RECHERCHES)	- Matière organique peu biodégradable - Le flottage du bois peut en être responsable.
175 - 350 205 - 245	-- --	La capacité d'échange varie de faible (10 mg/100g) à moyenne (20 mg/100 g). Plus élevée près des rives que dans le chenal.	La capacité d'échange mesurée pour les sédiments de fond est semblable à celles trouvées pour des sols équivalents.

TABLEAU 4.15 SUBSTANCES ORGANIQUES DES SEDIMENTS DE FOND

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 320	--	La perte de poids à 700°C des sédiments varie de 0.3% à 4%.	La teneur en matière volatile est d'autant plus élevée que les sédiments sont plus fins et que les vitesses sont faibles.
216	--	Sauf 8%.	
175 - 320	--	La teneur en tannins/lignines des sédiments varie de 100 ppm à 5000 ppm. Les détergents extractibles sont universellement présents dans les sédiments, mais à divers degrés.	Les tannins/lignines s'avèrent de bons indicateurs des zones de dépôt des suspensoides. Ayant été introduit il y a une trentaine d'années, les détergents sont d'excellents indicateurs des dépôts récents; en effet, on les retrouve en abondance dans les aires de sédimentation. La rive nord semble plus influencée par la présence de détergent que la rive sud.
175 - 320	chenal	de 1 à 4 ppm	
175 - 205	rive sud	de 3 à 8 ppm	
175 - 205	rive nord	de 2.5 à 25 ppm	
205 - 255	rive sud	de 2 à 14 ppm	
205 - 255	rive nord	de 1 à 26 ppm	
250 - 355	rive sud	La concentration des détergents extractibles est faible.	
273 323	rive nord --	La concentration des détergents extractibles atteint les valeurs d'environ 12 ppm.	
175 - 350	--	Les concentrations en pesticides dans les sédiments varie de 0 à 17 ppb.	Les insecticides organochlorés ont été mesurés dans le lac Saint-Pierre et dans l'embouchure de la Saint-François, de la Yamaska et de la Richelieu. Le lac Saint-Pierre a des concentrations de DDT diminuant de l'amont vers l'aval et des berges vers le centre.
216	rive sud	30 ppb dans l'embouchure de la Yamaska.	
218	rive sud	10 ppb dans l'embouchure de la Saint-François.	

TABLEAU 4.16 METAUX LOURDS DES SEDIMENTS

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 320	--	<u>ARSENIC</u> : les concentrations varient de 0.3 à 6 ppm. décroissant de Varennes à Québec	Ces concentrations sont du même ordre de grandeur que dans la région Cornwall-Varennes.
180	--	de 2 à 7 ppm	
208 - 215	--	de 2 à 4.2 ppm	
175 - 320	--	<u>MERCURE</u> : les concentrations varient de 0.05 à 1.1 ppm, les tributaires ont des concentrations plus élevées:	Les concentrations sont inférieures à celles rencontrées dans la région de Cornwall-Varennes.
243	rive nord	Embouchure du Saint-Maurice: 2.2 ppm	
283	rive nord	Embouchure de la rivière Portneuf: 3.4 ppm	
318	rive nord	Embouchure de la rivière Saint-Charles: 7.8 ppm	
175 - 320	--	<u>ZINC</u> : les concentrations varient de 25 à 320 ppm.	Les concentrations élevées de zinc se trouvent aux embouchures des rivières suivantes: Batiscan (123-146 ppm) - Saint-François (126-192 ppm) - Yamas-ka (76-145 ppm) - Sainte-Anne-du-Nord (157-161 ppm) et Saint-Charles (111-715 ppm).
190	rive sud	200 ppm	
215	rive nord	220 - 320 ppm	
253	rive sud	188 - 217 ppm	
175 - 320	--	<u>SELENIUM</u> : les concentrations sont de l'ordre de 0.5 ppm, plus faibles dans le chenal que près des rives.	Les concentrations en selenium du lac Wisconsin sont comprises entre 1.5 et 3.5 ppm, ce qui est comparable à 30 résultats obtenus en amont de Trois-Rivières. Les concentrations élevées se trouvent à l'embouchure de la rivière Saint-François (.25 à 10.6 ppm) et de la rivière du Sud (.5 à 65 ppm).

TABLEAU 4.17 RADIOACTIVITE DES SEDIMENTS

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
175 - 350	partout	- activité plus forte sur les berges que dans le chenal: (vitesse faible et profondeur inférieure à 12 pieds) - taux de désintégration de l'ordre de 4 à 5 g/min.	Le Cesium radioactif provient des essais nucléaires (1954-1963) et il est retombé plus ou moins uniformément sur le bassin drainé; on doit s'attendre à le retrouver dans les sédiments récents. La mesure de la radio-activité du Cesium 137 est un paramètre pouvant être utilisé pour dater les sédiments et pour caractériser certains aspects du régime sédimentologique.
180 - 188 205 - 208 216	rive nord	- activité très forte localement	
175 - 205	rives et embouchures	- activité forte localement	
200 - 265	chenal	- activité moyenne, faible localement	
225 - 265	rives	- activité relativement faible	

TABLEAU 4.18 BACTERIES			
MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
235 - 344	partout	Bactéries coliformes totales, peu de bactéries d'origine fécale sur la section étudiée.	Bonne capacité d'autodilution et d'autoépuration
235	toute la section	1500 bactéries coliformes/100 ml Rive sud et chenal entièrement d'origine fécale	
243	embouchure du St-Maurice	930, 230 et 230 coliformes totaux/100 ml avec 100% de coliformes fécaux à chacune des stations	
245	embouchure de la rivière Bécancour	96% de coliformes fécaux sur 930 coliformes totaux /100 ml	
247	rive sud après la rivière Bécancour	2400 bactéries coliformes/100 ml augmentation à partir de la rivière Bécancour	
264	embouchure de la rivière Ste-Anne	11,000 coliformes totaux/100 ml bonne charge organique, cependant au millage 266, peu de bactéries, donc bonne autoépuration, seulement 21% de coliformes fécaux	
266	Rive nord et chenal nord	1500 bactéries coliformes/100 ml	
283	Rive nord et chenal à Portneuf	4,600 bactéries coliformes/100 ml, entièrement d'origine fécale.	
288	Embouchure de la Rivière Jacques-Cartier	2400 coliformes totaux/100 ml avec 39% de coliformes fécaux	
298	toute la largeur de la section	2400 bactéries coliformes/100 ml sur toute la section comprise entre Neuville et Saint-Antoine de Lotbinière	
311	Rive nord, embouchure de la rivière Cap-Rouge et Centre	9300 et 2400 bactéries coliformes /100 ml	
322	toute la largeur de la section	Le plus haut taux de bactéries coliformes/100 ml (1100, 24000, 15000, 9300, 4600 et 9300)	Ce taux est sûrement dû aux villes de Québec, Lévis et Lauzon. Cela hypothèque grandement la qualité de la pointe ouest de l'île d'Orléans puisqu'à cet endroit toutes bactéries coliformes sont d'origine fécale.
340	embouchure de la rivière Ste-Anne-du-nord	2400 coliformes totaux/100 ml avec 39% de coliformes fécaux	
344	centre fleuve	2 milles après l'île aux Ruaux, les coliformes sont entièrement d'origine fécale	Ce résultat est surprenant et demanderait une étude détaillée. C'est sans doute l'influence de la pointe est de l'île d'Orléans.

TABLEAU 4.19 LEVURES ROSES			
MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
235 - 344	partout	Très haut taux de levures roses avec un maximum en face de Québec.	Signifie une eutrophisation avancée. Implique également que le fleuve dégrade bien les substances organiques nutritives qui entrent dans ses eaux.

TABLEAU 4.20 ALGUES

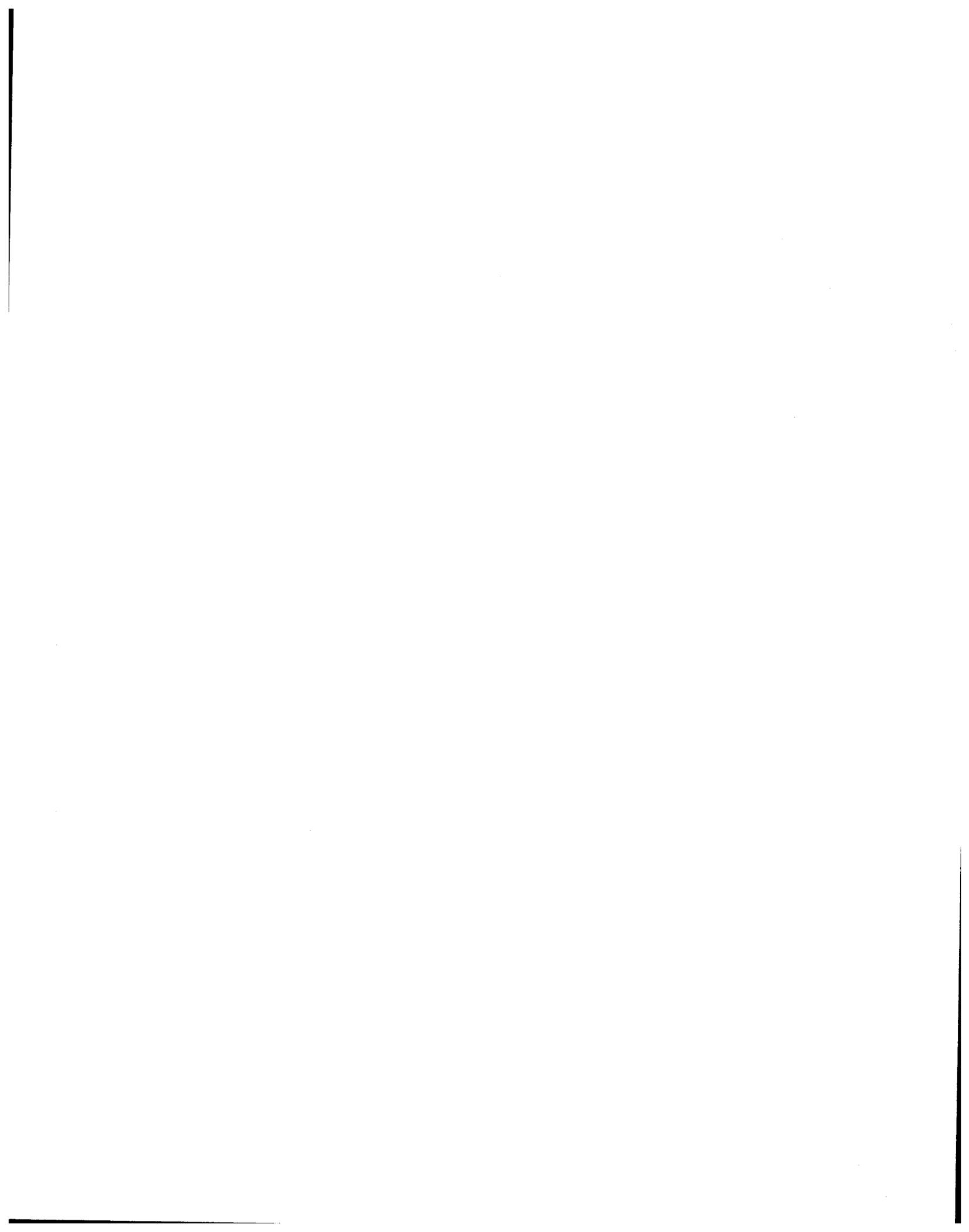
MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
235.- 344	sur toute la zone étudiée	algues vertes du type eutrophe sur tout le parcours	
322	rive sud	indice de diversité = 0.4, très faible	C'est probablement dû aux villes de Lauzon et Lévis
243, 247 et 288	embouchure rivière Saint-Maurice et rive nord, embouchure rivière Jacques-Cartier	<u>Dynobryon bavaricum</u> à 8 stations d'échantillonnage	à faible concentration: odeur de violette à forte concentration : odeur de concombre donnent une sensation lisse sur la langue très sensibles au sulfate de cuivre persistent dans les réseaux de distribution, peuvent donc survivre sans lumière
245	embouchure rivière Bécancour et rive sud	<u>Stigéoclonium</u> sp	16453 individus, à une seule station; se trouvent dans des milieux enrichis organiquement peuvent être indicatrices de cuivre et de chrome très résistantes au sulfate de cuivre
235 - 344	sur toute la zone étudiée	<u>Melosira</u> sp	toutes très nombreuses; algues diatomées présentes à presque toutes les stations; bloquent les filtres des réseaux de distribution peu nombreuses, odeur de gèneranium abondantes, odeur de moisi sensation lisse sur la langue très sensible au sulfate de cuivre indicatrices de pollution organique
		<u>Stephanodiscus biderendus</u>	semblables à Melosera; provient de milieux acides; lorsque très abondantes, odeur de poisson
		<u>Asterionella capucina</u>	semblables à Melosira très abondantes dans le fleuve
		<u>Asterionella formosa</u>	semblables à <u>Stephanodiscus biderendus</u> très abondantes

TABLEAU 4.21 BENTHOS			
MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
235	Embouchure Nicolet	Sangsues	Doivent avoir une densité très élevée car les animaux sont des nageurs libres. Quoique trouvées localement, leur distribution est sûrement plus grande. Se rencontrent dans des eaux à forte teneur en matière organique, eutrophe, légèrement acide. On doit interdire les plages dans ces zones, les sangsues pouvant être un vecteur de maladie.
243	Embouchure Saint-Maurice		
264	Embouchure Riv. Sainte-Anne de-la-Pérade		
266	dans chenal		
283	Portneuf rive nord		
298	rive sud St-Antoine Lotbinière		
322	rive sud et Pointe Ile d'Orléans		
235	rive sud embouchure rivière Nicolet	Oligochètes densité de 30,000 individus par mètre carré	Milieu recevant de fortes charges organiques; milieu à problèmes potentiels.
243	embouchure du Saint-Maurice	densité supérieure à 1000 individus par mètre carré	zone industrielle et urbaine; situation normale pour le milieu recevant une certaine charge organique. La population est assez faible, peut-être à cause de la qualité de l'eau du Saint-Maurice.
283	rive nord Portneuf	50,000 individus par mètre carré	très forte densité; milieu détérioré; demanderait une étude détaillée.
322	Ile d'Orléans pointe est	plus de 1000 individus par mètre carré	influence de la ville de Québec; à cause des sangsues, le milieu est peu intéressant pour une utilisation récréative de l'eau
247	centre et rive nord	aucun organisme benthique pour ces stations	il est possible que la nature du fond soit responsable de cette absence d'organismes benthiques
266	centre et rive nord		impossible d'échantillonner dans cette zone
311	Cap-Rouge centre et rive sud		aucun organisme n'est remonté dans la benne, le milieu serait donc très détérioré
322	Entre rive sud et Ile d'Orléans		
344	Centre		
235 - 344	sur tout le parcours	association diptères et oligochètes	ceci montre que le milieu est eutrophe et qu'il reçoit de bonnes charges organiques. C'est un signe d'alarme, le milieu pourrait commencer à atteindre la cote limite d'eutrophisation
235 - 344	sur tout le parcours	très faible population d'Hépheméroptère et de Trichoptères	ceci montre que le milieu est eutrophe. L'absence générale de ces organismes indique un milieu en haute productivité; mais ceci doit être pondéré par une association Diptères-Oligochètes
283	rive nord	Epidémiologie Un cas de <i>Faciola hepatica</i> dans Portneuf	Dans Portneuf, on a enregistré un cas de douve du foie (<i>Faciola hepatica</i>) chez des vaches charolaises. Le moyen de propagation de cette maladie est l'eau et le mollusque <i>Physa</i> . Il existe donc un danger d'infection chez les humains et les animaux surtout si l'on s'abreuve en eau de surface. (Cayouette, pathologie vétérinaire, gouvernement du Québec; communication personnelle).

(SUIITE)		TABLEAU 4.21 BENTHOS	
MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
235	rive sud sortie lac Saint-Pierre Chenal et rive nord	Indice de diversité $H = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$ H = 0.3 indice très faible; 8 espèces; 28,840 individus H = 0.8 et 0.6 très faible; 6 espèces; 961 individus et 3 espèces, 141 individus	pollution organique intense et qualité de l'eau douteuse
247	rive sud Chenal et rive nord	après rivière Becancour H = 2.69, indice acceptable; 12 espèces, 276 individus H = 0.05, indice très faible; 2 espèces, 1382 individus, la station a seulement 55 individus	milieu relativement bon; bonne récupération du fleuve
266	Chenal et rive sud	H = 2.58, indice acceptable; 6 espèces, 60 individus; la station a moins de 100 individus, ce qui demanderait une étude plus détaillée	l'interprétation sur l'indice seul peut être délicat en raison du peu d'individus faible taux de Tubifera et Diptères mais la présence de sangsues laisse croire à un enrichissement organique
283	rive nord et embouchure Rivière Portneuf	H = 0.03, 6 espèces; 56742 individus; l'indice est très faible	pollution organique intense
298	rive sud Saint-Antoine Lotbinière	H = 2.85, indice acceptable, 14 espèces, 594 individus	
322	rive sud	H = 0.4, indice très faible; 5 espèces, 1160 individus	c'est, sans doute, l'influence des villes de Lévis et Lauzon
344	sur toute la section	H = 0.1 et 0.3, indice très faible 4 et 3 espèces avec 36 et 96 individus H = 0.0, 1 espèce, 134 individus Tubificidés seulement H = 0.0, 1 espèce, 15 individus Tubificidés seulement	section d'échantillonnage difficile. La qualité de fond ou la présence d'eau salée en peuvent être les causes. On constate un milieu très pauvre en benthos

TABLEAU 4.22 POISSONS

MILLAGE	ZONE	OBSERVATION	INTERPRETATION
291 - 344	sur toute la zone étudiée	Esturgeon	Echantillonnage très faible; individus très petits, population en régression, espèces commerciales importantes
		Grand corégone	espèces sportives et commerciales, population en régression
		Barbotte brune	espèce commerciale, peu de captures
		Achigan à petite bouche	espèce sportive recherchée, peu de captures cependant
		Doré noir et jaune	poissons commerciaux et sportifs, très peu de captures
		Anguille	poisson commercial, un seul spécimen capturé en trois ans
		Ouananiche / Alose savoureuse	espèce sportive, population très faible / commerciale ou sportive, bonne population
		Grand brochet	espèce sportive, bonne population
		Bar-perche	sportif, bonne population
		Perchaude	espèce sportive, bonne population
		Poulamon	espèce sportive et semi-commerciale, semble avoir une bonne population



Annexe cartographique

Aspects physiques, chimiques et biologiques du Saint-Laurent sur le tronçon Cornwall-Montmagny

Note: La majorité des figures présentées ici ont été conçues en vue du "Colloque sur le Saint-Laurent" qui s'est tenu les 13 et 14 novembre 1974 à Québec^{*}; elles sont le fruit d'une collaboration entre CENTREAU et l'INRS-Eau. La figure 16 est un complément à la synthèse précédente^{**}.

- * FRENETTE, M., J.L. SASSEVILLE et J.B. SERODES. (1974). Aspects physiques, chimiques et biologiques des sédiments du fleuve Saint-Laurent. Conférence présentée au Colloque sur le Saint-Laurent, les 13 et 14 novembre 1974, Québec.
- ** TESSIER, A. (1974). Influence des émissaires d'égouts et des tributaires sur la qualité du fleuve Saint-Laurent. Conférence présentée au Colloque sur le Saint-Laurent, les 13 et 14 novembre 1974, Québec.
- ** INRS-Eau. (1974). Etude du fleuve Saint-Laurent (Tronçon Cornwall-Varenes). Synthèse des études 1972-1973. INRS-Eau, rapport technique No 41, 105 p., 3 annexes. (Pour le Comité Canada-Québec sur l'étude du fleuve Saint-Laurent).

Liste des figures

- Figure 1: Morphométrie du lit et des berges.
- Figure 2: Régime hydrodynamique.
- Figure 3: Diffusion des eaux.
- Figure 4: Usages de la ressource.
- Figure 5: Classification des stations sédimentologiques et benthiques.
- Figure 6: Transport en suspension.
- Figure 7: Nature des fonds.
- Figure 8: Distribution de la matière organique.
- Figure 9: Distribution des détergents.
- Figure 10: Capacité d'échange des sédiments et distribution du phosphore.
- Figure 11: Distribution des substances traces.
- Figure 12: Caractérisation éco-chimique des sédiments.
- Figure 13: Herbiers et zones photiques du lac Saint-François.
- Figure 14: Zones de sédimentation.
- Figure 15: Influence de la rive sur les eaux ripariennes.
- Figure 16: Répartition des apports théoriques en azote et phosphore.

Figure 1: Morphométrie du lit et des berges.

Le chenal de navigation a été constitué à la suite des dragages successifs sur presque toute la longueur du tronçon "Cornwall-Trois-Rivières" et sur la majeure partie du tronçon "Trois-Rivières-Portneuf". Les ouvrages de protection des berges sont particulièrement denses autour de l'île de Montréal et de l'île Jésus ainsi que dans la région de Québec; la majeure partie des rives du lac Saint-François, du bassin de Laprairie ainsi que du tronçon "Varenes-Sorel" ont aussi été protégées de l'érosion. Partout ailleurs, sauf pour le lac Saint-Pierre où les ouvrages de protection n'occupent qu'une faible partie des rives, la densité des aménagements riverains varie de faible à forte. Les berges fortement érodées de l'île Sainte-Thérèse, de l'île Bouchard, de certaines îles du delta de Sorel, en particulier de l'île de Grâce, ne sont pas protégées. Ça et là, sur le tronçon "Trois-Rivières-Portneuf", on rencontre des zones où les berges sont moyennement érodées.

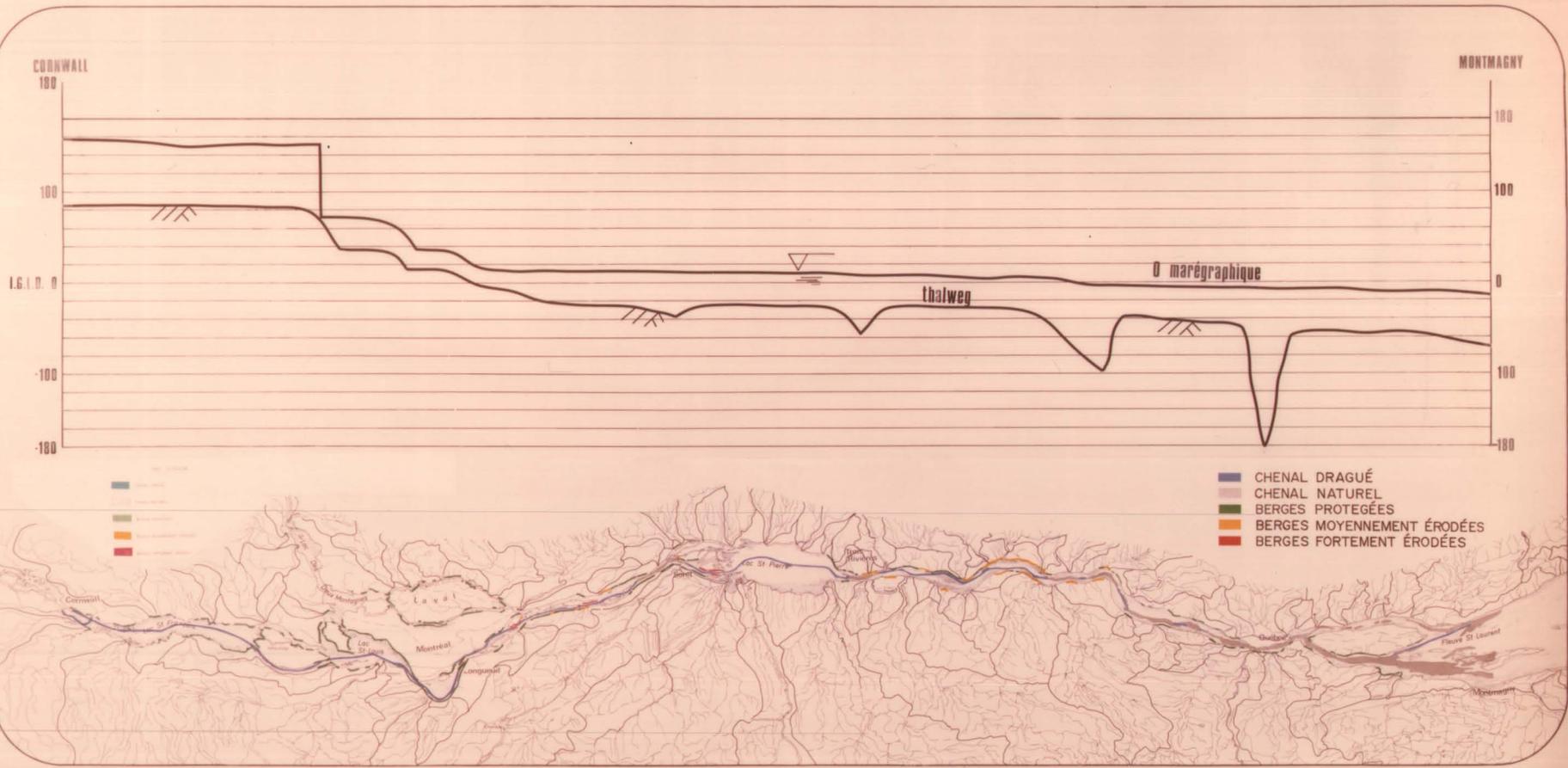


Figure 2: Régime hydrodynamique.

Quatre-vingts pourcent du débit du fleuve à la sortie de Montréal provient des Grands-Lacs, le reste originant principalement de l'Outaouais. Les tributaires du tronçon "Varenes-Québec" augmentent de 30% le débit amont; ce dernier passe ainsi d'environ 380,000 pi³/sec à Varennes à 460,000 pi³/sec à Montmagny. Dues à la régularisation naturelle des Grands-Lacs et à celle des réservoirs hydro-électriques situés sur le Saint-Laurent et l'Outaouais, les fluctuations des débits de crue et d'étiage sont très faibles, le rapport étant de 1.5. En amont de Montréal, les types d'écoulement passent de lacustre à fluvial rapide, les vitesses étant généralement comprises entre 0 et 3 pi/sec avec des pointes exceptionnelles de 5 pi/sec. En aval de Montréal, les vitesses sont comprises entre 1 et 3 pi/sec; toutefois, dans le tronçon en aval de Portneuf soumis à l'influence de la marée, les vitesses sont plus élevées (~ 5 pi/sec) et peuvent atteindre, à la marée descendante, 9 pi/sec dans la région de Québec. Le temps de parcours de l'eau de Cornwall à Portneuf est de l'ordre de 2 à 3 jours.

La dénivellation du plan d'eau entre Montréal et Québec est d'environ 29 pieds; la pente moyenne à marée basse est de 5×10^{-5} pied/pied.

Figure 3: Diffusion des eaux.

On rencontre trois blocs de mélange importants sur le Saint-Laurent de Cornwall à Québec: il s'agit du mélange des eaux de la rivière des Outaouais avec celles du Saint-Laurent, du mélange des eaux du Saint-Maurice et du mélange des eaux du groupe de tributaires formé par le Richelieu, la Saint-François et la Yamaska avec celles du Saint-Laurent. En règle générale, les effluents sont immédiatement rabattus contre les rives et leurs eaux côtoient sans glissement majeur celles du Saint-Laurent sur des distances considérables avant de se mélanger. En aval de Portneuf, la présence de marées à courant réversible amorce la mélange de l'ensemble des eaux qui sera complété à Québec.

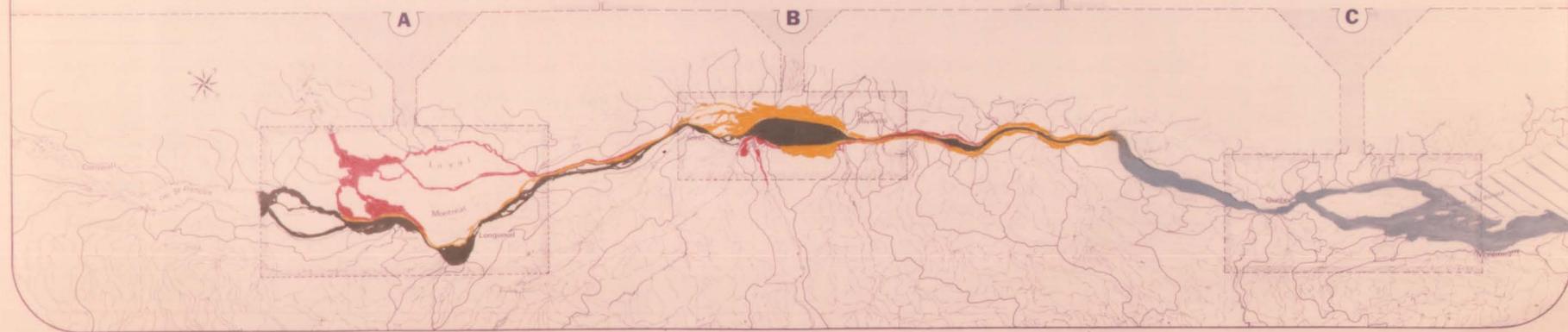
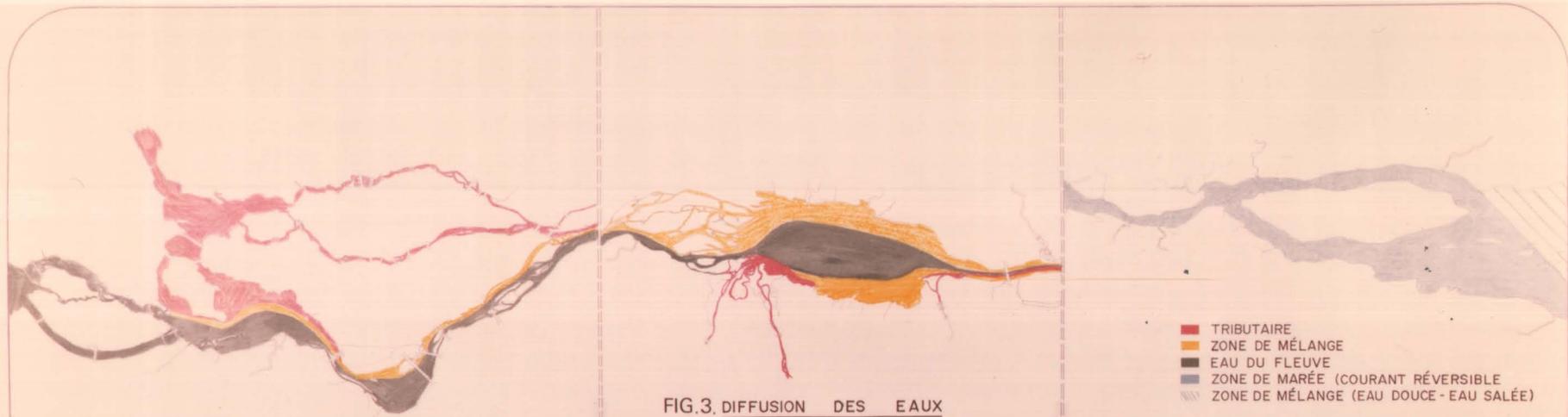


Figure 4: Usages de la ressource.

On rencontre trois blocs biogéographiques majeurs où la ressource est utilisée comme source d'alimentation, comme milieu récepteur d'eaux usées et comme zone récréative: il s'agit de la région de Montréal, du lac Saint-Pierre (de Sorel à Trois-Rivières inclusivement) et de Québec (de Deschambault à Montmagny). Les émissaires d'égouts, sources importantes d'azote et de phosphore, font sentir leur influence plus fortement le long des berges; ils affectent les activités récréatives (baignade) en contaminant de bactéries fécales plusieurs plages situées en aval des points de déversement. De la même façon, les prises d'eau à proximité des berges seront influencées par les nombreux déversements d'eaux usées.

Figure 5: Classification des stations sédimentologiques et benthiques.

On a démontré 139 stations qui ont servi aux études sédimentologiques et benthiques effectuées par trois organismes de recherche différents: Beak et ECO-Recherches pour les études benthiques, ainsi que CENTREAU pour les études physiques et biochimiques des sédiments. Ceci fait clairement apparaître que malgré l'intérêt taxonomique des études biologiques et la qualité de la caractérisation des sédiments (régime et composition), certains des résultats restent inexploitable par manque de coordination des diverses études biophysiques.

Fig. 5. Classification des stations sédimentologiques et benthiques.

ETUDES ST-LAURENT

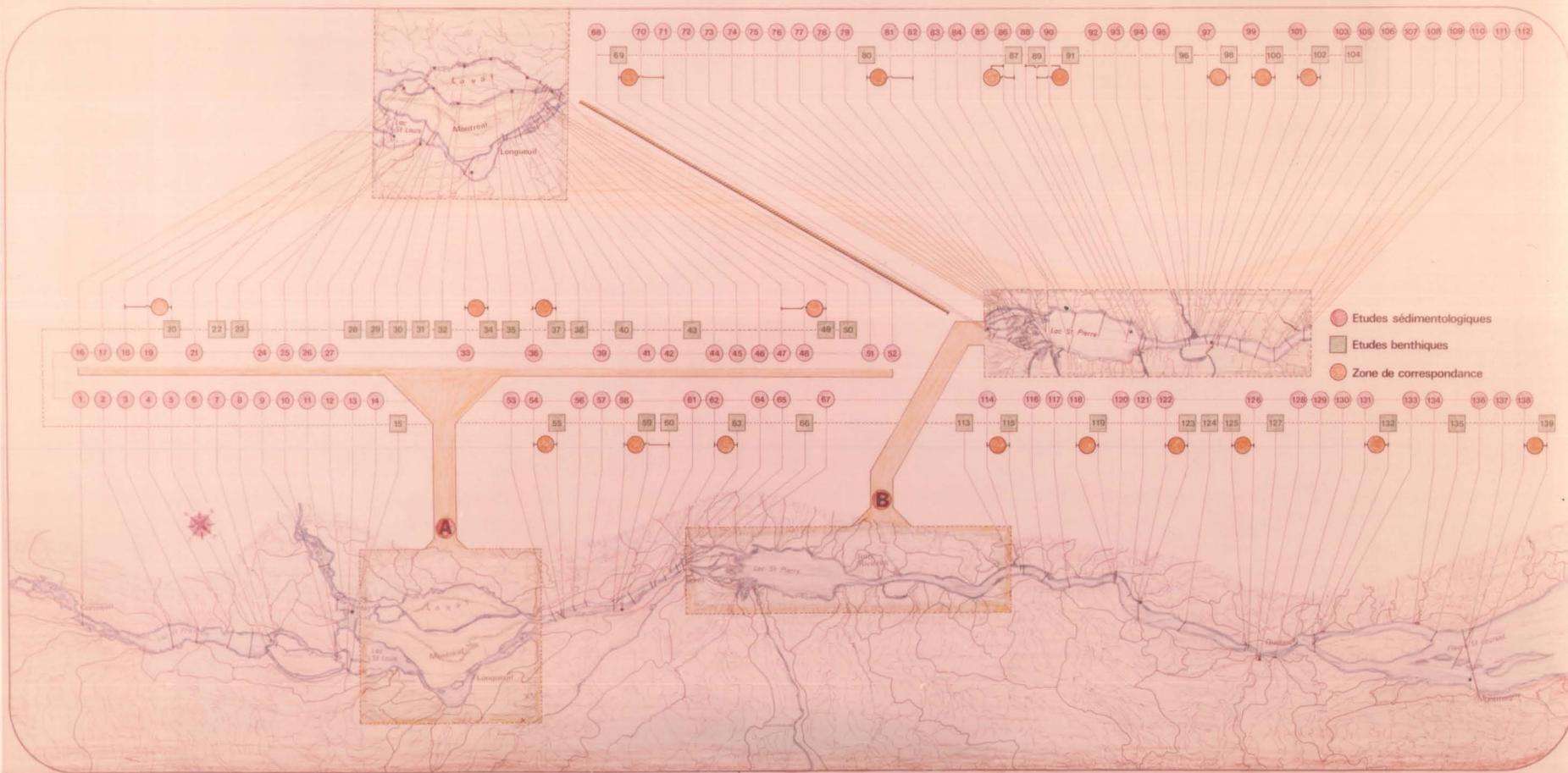


Figure 6: Transport en suspension.

De façon générale, la concentration de sédiments en suspension est faible (< 15 mg/litre); toutefois, sa variabilité spatio-temporelle est élevée. On remarque une augmentation de la charge solide en suspension en aval du lac Saint-Pierre, particulièrement en période de crue. D'après les valeurs des concentrations de sédiments en suspension dans la région de Québec, on calcule un débit solide d'environ 4.2×10^6 tonnes/année; en fait, il s'agirait d'une sous-estimation de la valeur réelle qui serait supérieure à 20×10^6 tonnes/année. Il semble que l'érosion du lit du Saint-Laurent contribue peu à la charge solide en suspension et que les tributaires principaux (par exemple Châteauguay, Yamaska, Saint-François, la Chaudière etc...) et le bassin versant du fleuve en soient les principales sources d'approvisionnement; le Saint-Laurent posséderait une capacité de transport supérieure à ses différents apports en solides.

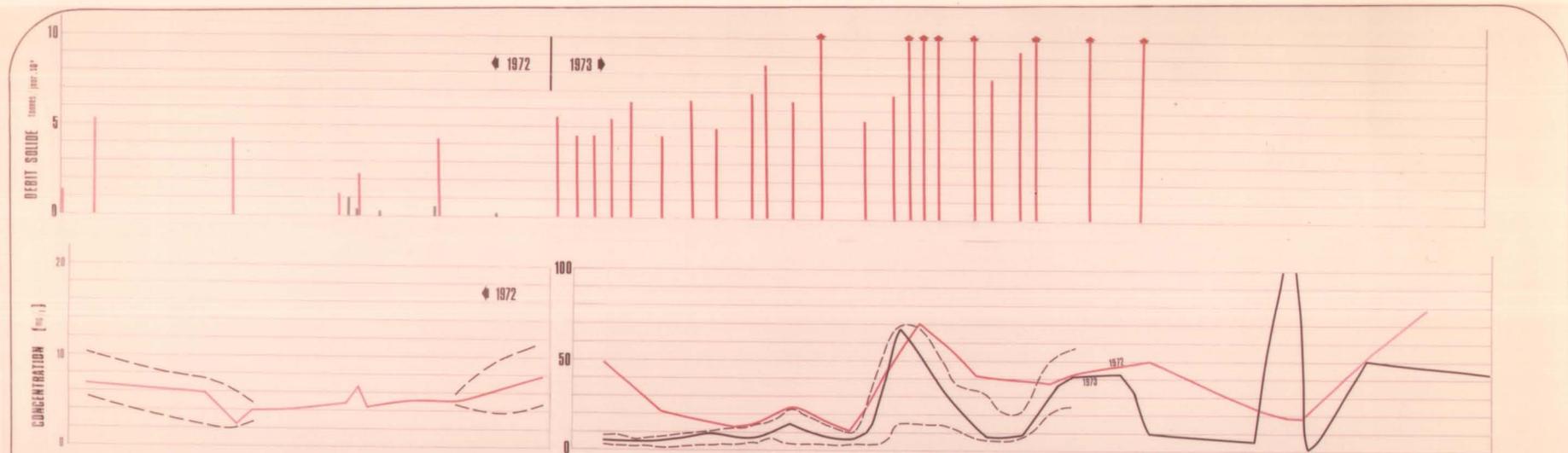


Fig.6. TRANSPORT EN SUSPENSION

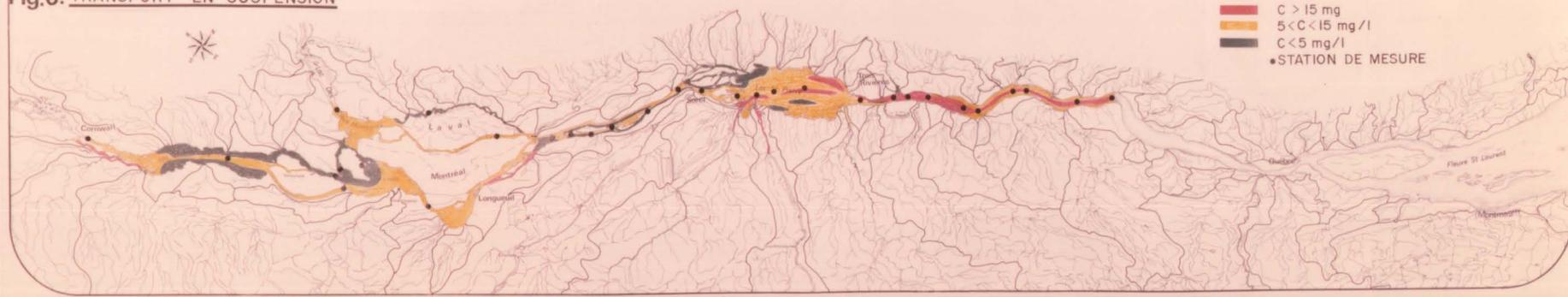


Figure 7: Nature des fonds.

Les matériaux formant le lit du Saint-Laurent sont diversifiés: argile compacte, sable fin, gravier, mélange de sable et de gravier, limon, et mélange de sable, de limon et d'argile. Dans les tronçons "Cornwall-Valleyfield", "lac Saint-Louis-Varennnes" et "Varennnes-Sorel", on assiste à une ségrégation naturelle des matériaux de fond: les sédiments de fond, hors du chenal, deviennent de plus en plus fins de l'amont vers l'aval. On retrouve des limons et des sables et différents mélanges de limon et de sable dans les aires de sédimentation où le courant est faible; les argiles compactes et les graviers présentant un pavage stable, on les rencontre surtout dans les aires de courant élevé.

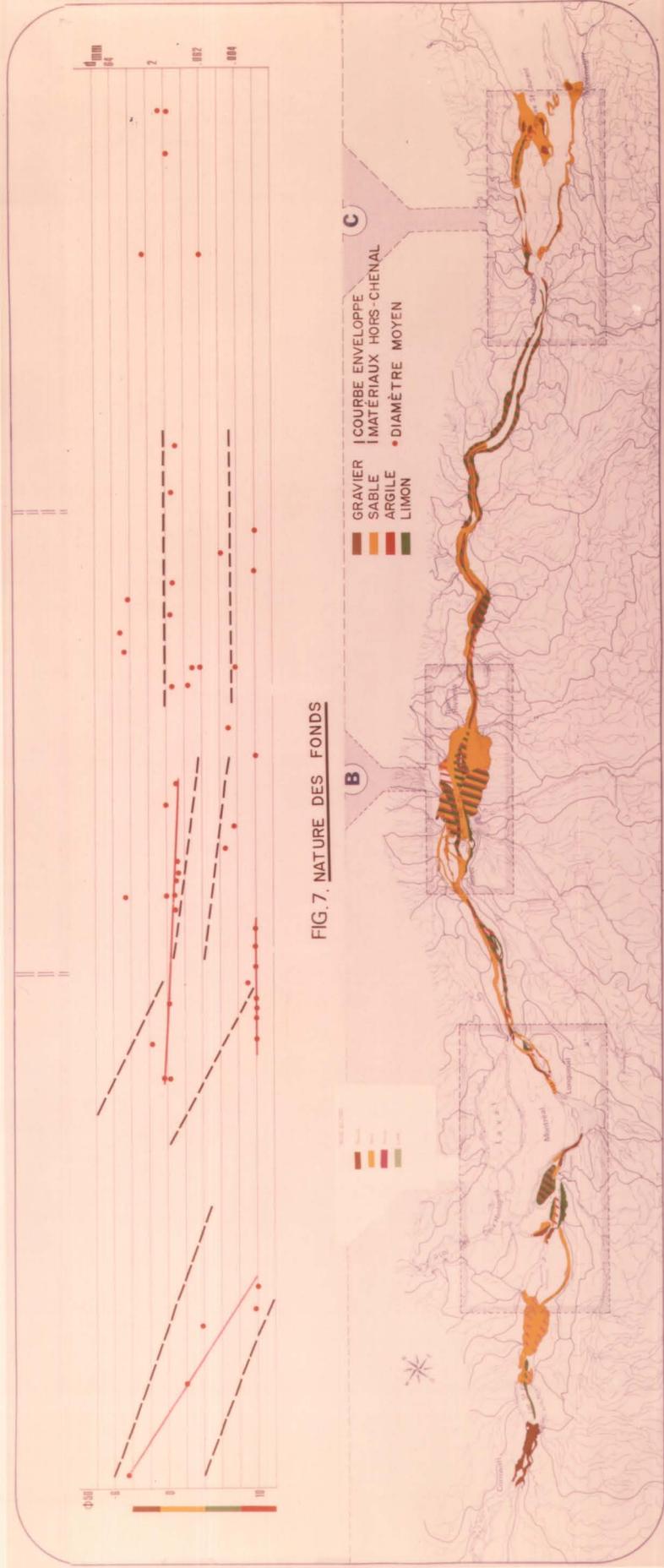


Figure 8: Distribution de la matière organique.

Le pourcentage de matière volatile des sédiments du fleuve Saint-Laurent dépasse rarement 10% (perte de poids à 700°C). La distribution des valeurs est très variable et celles-ci sont d'autant plus élevées que le sédiment est plus fin et que les vitesses de courant sont faibles.

La matière humique, extraite des sédiments en solution alcaline, représente une fraction importante de la teneur réelle en matière organique des sédiments; les concentrations ainsi mesurées varient de 100 mg/kg dans les zones à courant rapide à 5,000 mg/kg dans les zones propices à la sédimentation. Les concentrations élevées rencontrées dans le lac des Deux-Montagnes témoignent de la vocation forestière du bassin de l'Outaouais; en aval du lac des Deux-Montagnes et dans le Saint-Laurent, de Cornwall à Varennes, les concentrations passent de élevées à moyennes puis diminuent progressivement jusqu'à Sorel.

Dans le delta de Sorel, les concentrations en substances humiques augmentent brusquement confirmant ainsi une aire de sédimentation importante.

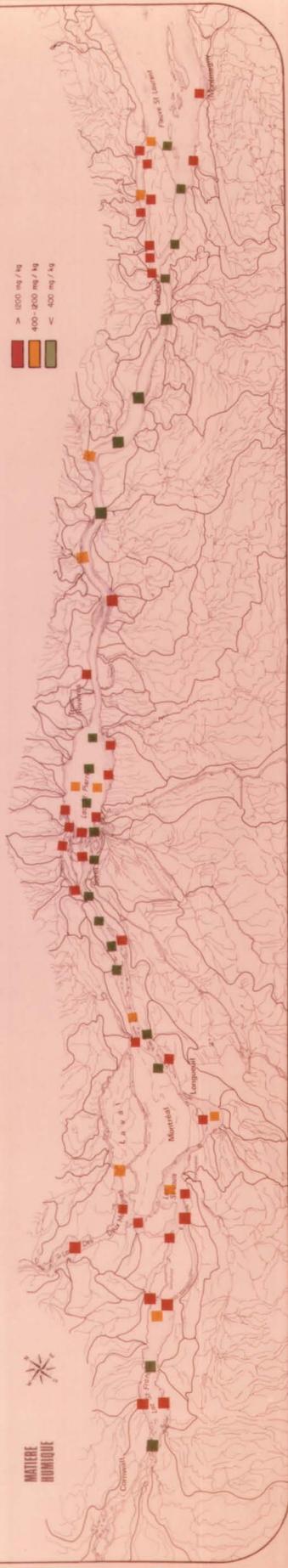
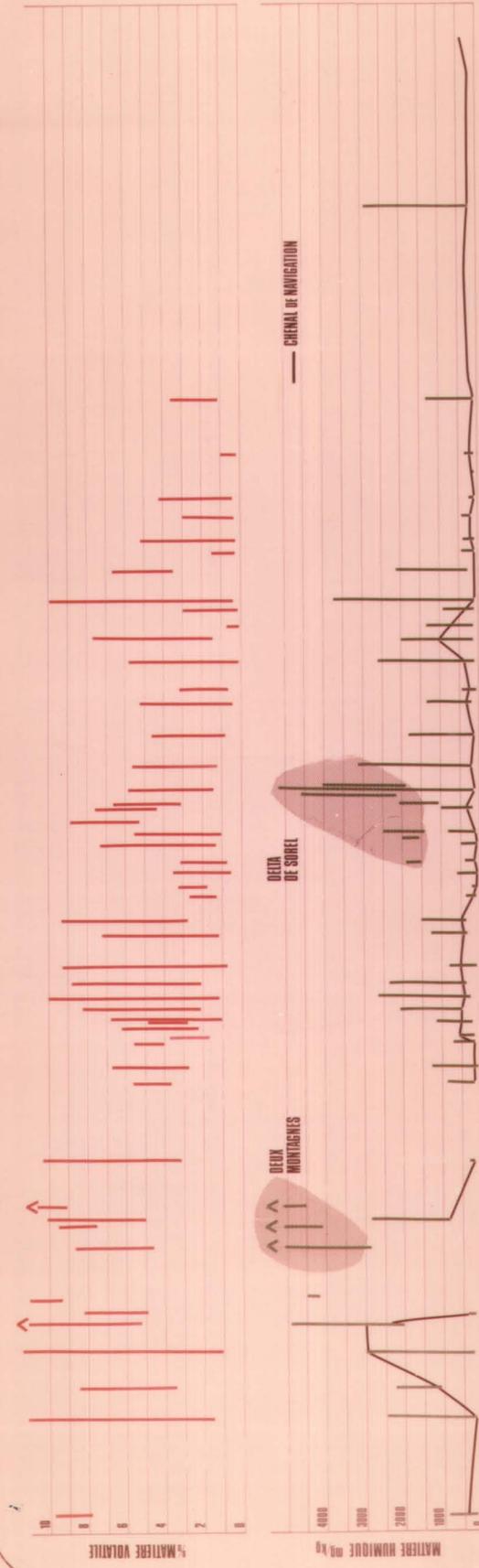


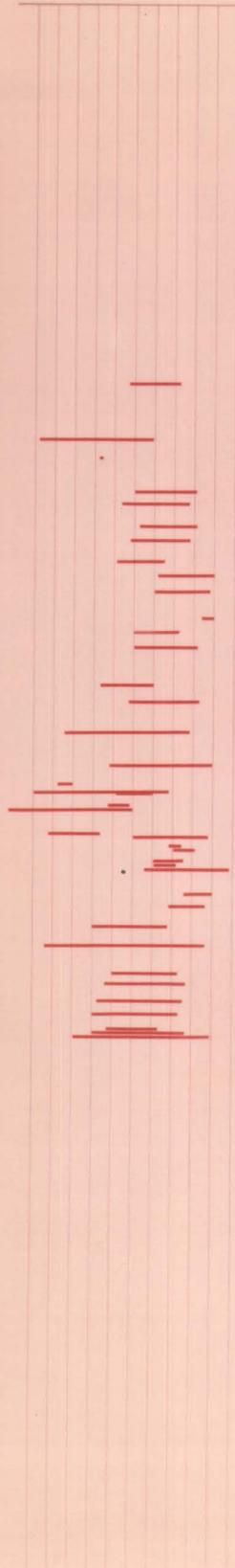
Figure 9: Distribution des détergents.

Les détergents présents partout dans les sédiments du Saint-Laurent sont d'origine récente (30 ans) et proviennent de l'activité humaine; leur caractère anionique leur confère des propriétés d'adsorption à la surface des solides et une fraction importante des L.A.S. et des A.B.S. seront adsorbées sur les solides présents dans l'égout avant leur déversement dans les eaux réceptrices. Ils sont un indice de l'impact des activités humaines sur la qualité des sédiments de fond; ainsi, immédiatement en aval de Valleyfield, de Montréal, de Sorel, de Trois-Rivières et de Québec, on décèle des concentrations élevées (> 10 mg/kg) de détergents. Dans les aires propices à la sédimentation telles que le delta de Sorel et les battures de Gentilly, les détergents associés aux sédiments pourraient provenir d'effluents urbains ou industriels situés immédiatement en amont ou dont le point d'injection est situé beaucoup plus haut en amont.

Figure 10: Capacité d'échange des sédiments et distribution du phosphore.

La capacité d'échange des sédiments, c'est-à-dire le nombre de sites ioniques actifs auxquels peuvent être associés des ions métaboliques, est relativement faible dans le Saint-Laurent en aval de Montréal, exception faite du tronçon "Varennés-Contrecoeur" et des battures de Gentilly où la capacité d'échange peut être considérée comme moyenne. La teneur moyenne en phosphore des sédiments est de l'ordre de 800 mg/kg; on décèle une augmentation de concentration de l'amont vers l'aval dans le lac Saint-François, et des concentrations singulièrement élevées dans le lac des Deux-Montagnes, dans le delta de Sorel et les embouchures des rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François, Nicolet et Batiscan. Le pourcentage de phosphore disponible (phosphore Olsen) est de l'ordre de 2%, et peut atteindre jusqu'à 5% dans le delta de Sorel et dans la région de Portneuf où le renversement de courant provoque une sédimentation intense près des rives.

^{14}P DISPONIBILE/ P TOTAL



LAC DES
DEUX MONTAGNES

DELTA
DE SOBRIE

P TOTAL



CAPACITE D'ECHANGE

- > 20 mg/kg
- 10-20 mg/kg
- < 10 mg/kg

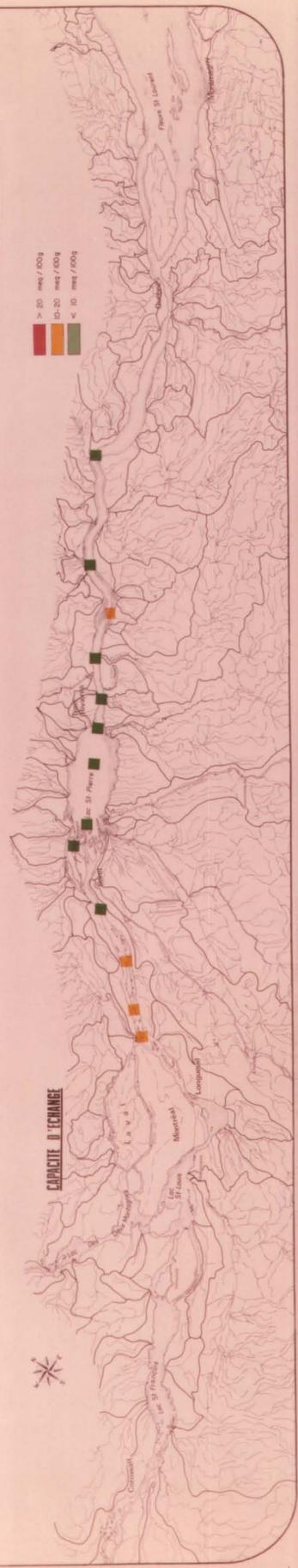
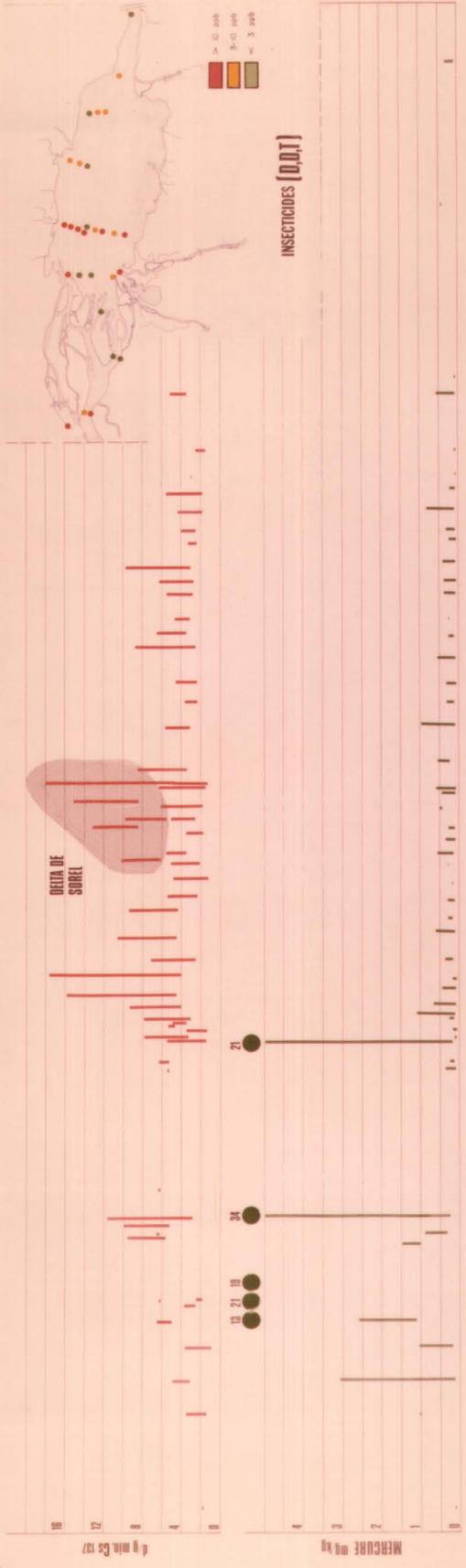


Figure 11: Distribution des substances traces et identification des aires d'accumulation des sédiments.

Dans la région de Montréal, où la teneur en plomb des sédiments a été mesurée, on rencontre généralement des concentrations élevées (> 30 mg/kg) en aval du lac Saint-François, en amont du lac Saint-Louis, en amont du lac des Deux-Montagnes et en aval du bassin de Laprairie. Le mercure est généralement peu abondant dans le tronçon "Varenes-Québec" (< 1 mg/kg); toutefois, on a détecté des concentrations alarmantes dans la baie de Valleyfield, en amont du lac Saint-Louis, à la confluence de la rivière des Prairies et de la rivière des Mille-Iles. Le zinc est l'élément trace le plus abondant dans les sédiments (20-260 mg/kg); les concentrations les plus élevées ont été mesurées dans la baie de Valleyfield, à la confluence des rivières des Prairies et des Mille-Iles ainsi que dans le delta de Sorel et à l'aval de la ville de Québec.

Le césium, dont l'activité isotopique (Cs-137) peut servir d'indicateur des dépôts sédimentologiques jeunes (postérieur à 1954), apparaît à des concentrations élevées dans la rivière Outaouais (à l'amont du lac des Deux-Montagnes), à l'amont du lac Saint-Louis, à la confluence des rivières des Prairies et Mille-Iles, dans la région des îles de Verchères et dans le delta de Sorel. La désintégration du Cs-137 est surtout élevée dans le lac des Deux-Montagnes, dans le Saint-Laurent, en aval de Montréal, et en amont du lac Saint-Pierre; dans ces régions les dépôts sédimentologiques sont susceptibles d'être postérieurs à 1954.

Le DDT, mesuré uniquement dans le lac Saint-Pierre, est plus abondant en amont qu'en aval et diminue progressivement des berges vers le chenal mettant ainsi en évidence l'impact des tributaires à vocation agricole.



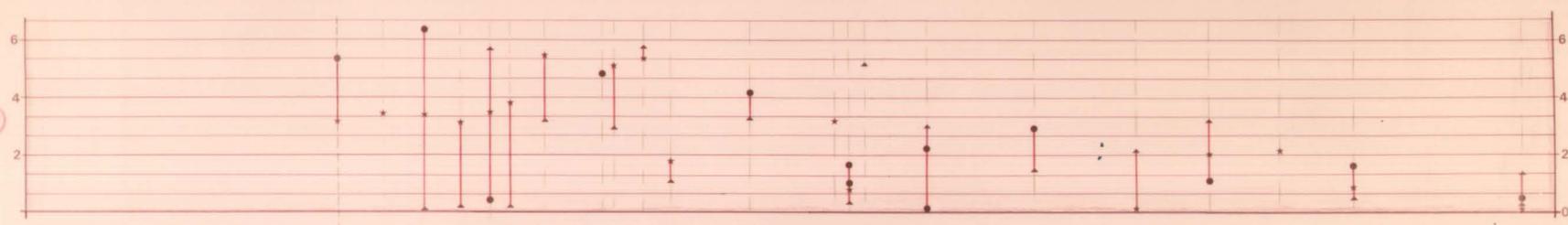
Hg	Pb	Zn	Cd
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
> 30	> 30	> 140	> 75
15-30	10-30	80-140	4.5-75
< 15	< 10	< 80	< 4.5



Figure 12: Caractérisation éco-chimique des sédiments.

La mesure de l'indice de diversité et de l'indice organique des sédiments a permis de les caractériser de façon globale; un indice de diversité élevé et un indice organique faible représentant de façon générale une bonne qualité du sédiment, tandis qu'à l'inverse, un indice de diversité faible associé à un indice organique élevé seront les caractéristiques d'une qualité médiocre. Ainsi, on peut remarquer que les zones biologiquement dégradées se situent dans les zones de dépôt et d'accumulation des polluants, à proximité des développements urbains et industriels (îles de Boucherville, nord du delta de Sorel, rade de Portneuf et entrée du bras nord de l'île d'Orléans). Cependant, dans certaines zones de déposition, on trouve des indices de diversité qui témoignent d'une qualité biologique relativement bonne: sud du lac Saint-Louis, sud des îles de Boucherville et sortie du bras nord de l'île d'Orléans. De façon générale, la caractérisation éco-chimique des sédiments révèle une bonne qualité.

(A)



INDICE DE DIVERSITE (H, SHANNON-WIENER)

(B)



INDICE ORGANIQUE DES SEDIMENTS (OSI: CxN)

LEGENDE

- CHENAL
- * RIVE NORD
- ▲ RIVE SUD
- Qualité bonne
- Qualité intermédiaire
- Qualité dégradée

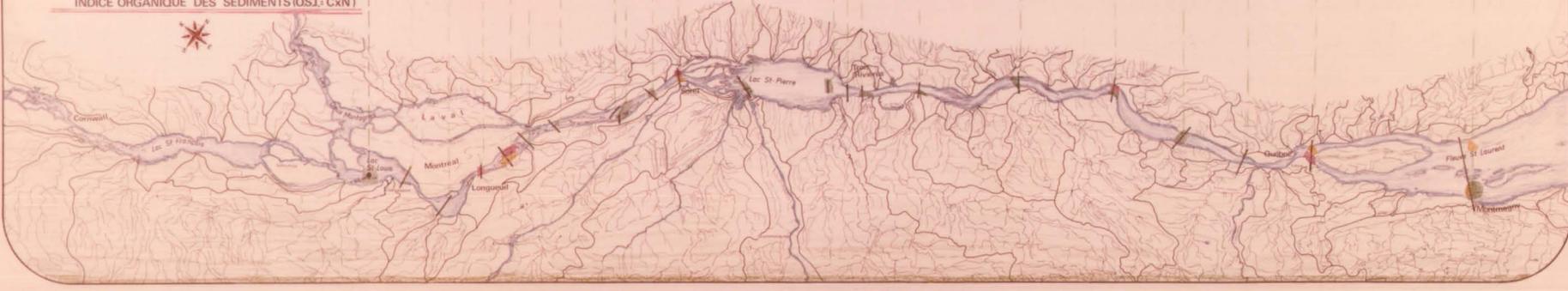


Figure 13: Herbiers et zones photiques du lac Saint-François.

On remarque à l'amont du lac Saint-François que de nombreux herbiers ont été identifiés dans la majorité des baies; de plus, les zones photiques susceptibles de favoriser la croissance d'algues benthiques sont nombreuses et très étendues.

Fig. 13. Herbiers et zones photiques du
LAC ST-FRANÇOIS.

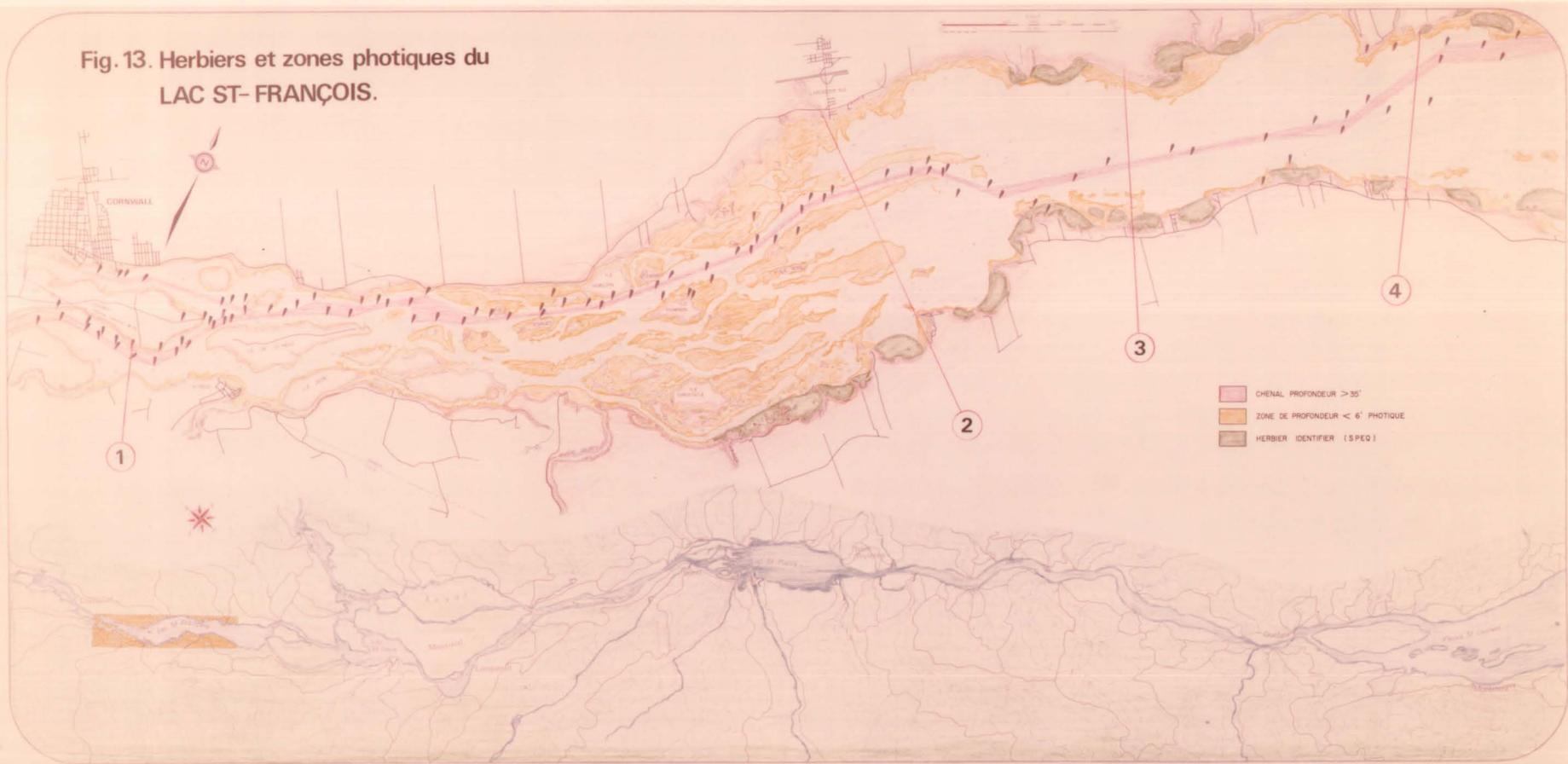


Figure 14: Zones de sédimentation.

Les zones de sédimentation ont été identifiées à partir de paramètres morfo-sédimentologiques et physico-chimiques caractérisant les aires de sédimentation intense. On a pu identifier au moins six régions favorisant particulièrement la formation de dépôt et l'accumulation des polluants:

- la région de Valleyfield à Beauharnois;
- le lac des Deux-Montagnes;
- les îles de Verchères;
- le delta de Sorel et la rive sud du lac Saint-Pierre;
- les battures de Gentilly;
- le bras nord de l'Ile d'Orléans.

Figure 15: Influence de la rive sur les eaux ripariennes.

Cette figure permet de préciser l'importance du nombre de zones de confluence dans la région d'étude: 90% du nombre total des bassins de la rive nord et 83% du nombre des bassins de la rive sud qui ont un accès direct au fleuve ont une superficie inférieure à 500 milles carrés; 75% (rive nord) et 77% (rive sud) d'entre eux ont une superficie inférieure à 100 milles carrés. Bien qu'ils n'occupent qu'une faible proportion de la superficie du bassin versant du Saint-Laurent dans la région d'étude (respectivement 10 et 20% de la superficie totale pour les bassins inférieurs à 500 milles carrés), nous devons reconnaître que leur influence a été négligée jusqu'à maintenant tant au point de vue physique, chimique que biologique.

La figure 15 montre que le nombre de bassins croît beaucoup plus rapidement que la superficie drainée. En abordant le Saint-Laurent comme un macro-système, la résolution qu'il est possible d'atteindre ne permet pas d'évaluer l'apport propre à chaque bassin. Dans ce contexte, à l'intérieur du domaine de superficies où $\frac{dN/dS}{dS_c/dS}$ est très grand et où $N =$ le nombre de bassins, $S =$ la surface du bassin, et S_c - la superficie cumulée, il est indispensable de faire intervenir la problématique des sources diffuses. Ainsi, il serait important de tenter d'évaluer leur rôle dans la dynamique de l'écosystème du Saint-Laurent.

Figure 16: Répartition des apports théoriques en azote et phosphore.

La figure 16 montre, pour les principaux bassins déversant leurs eaux dans le fleuve, les apports théoriques en azote et phosphore et la répartition de leur origine (Population(P), Cultures engraisées (C), Elevage (E)).

Bassin	Azote (en 100 lb/jour)	Répartition %			Phosphore (en 100 lb/jour)	Répartition %		
		P	C	E		P	C	E
<u>Rive Nord</u>								
Presqu'île Vaudreuil-Soulanges	452	7	8	85	98	3	20	77
Versant nord des Milles-Iles	196	20	4	76	42	10	15	75
Ile Jésus	83	82	9	9	15	45	43	12
Ile de Montréal	600	99	0	1	61	96	2	2
Assomption	443	7	10	82	128	3	26	71
Maskinongé	97	4	5	91	25	2	15	83
Du Loup	81	50	5	90	21	2	14	84
Saint-Maurice	113	48	4	48	21	26	15	59
Batiscan	146	4	11	85	36	2	31	67
Sainte-Anne	102	5	12	83	25	2	34	64
Jacques-Cartier	56	11	11	78	14	5	33	62
Montmorency	3	38	2	60	1	19	11	70
<u>Rive Sud</u>								
Versant Sud (St-Régis-Châteauguay)	166	10	10	80	34	5	34	61
Châteauguay	264	9	13	78	66	4	37	59
Versant sud (Caughnawaga-Varennnes)	201	38	13	49	53	14	47	39
Richelieu	883	7	19	74	243	2	41	57
Yamaska	1260	5	15	80	342	2	33	65
Saint-François	949	8	13	79	242	3	33	64
Nicolet	542	4	17	79	149	2	40	58
Bécancour	514	5	15	80	137	2	38	60
Chaudière	722	5	9	86	180	2	25	73
Etchemin	226	4	7	89	58	2	19	79
Du Sud	267	3	7	90	67	1	21	78

Figure 16 - Répartition des apports théoriques en azote et phosphore.

